

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра Нафтогазової інженерії і технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: **«Аналіз капітального ремонту ділянки газопроводу»**

Виконав: студент 4 курсу групи
НІТ2022-2 спеціальності 185 –
Нафтогазова інженерія та технології,
освітньої програми «Нафтогазова
інженерія та технології»
Максаков І.О.

Керівник: ст. викл. Худяков І.О.

Рецензент: доц. Орловський В.М

м. Харків – 2026 р.

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова
Факультет: Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури

Кафедра: Нафтогазової інженерії і технологій

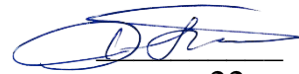
Освітньо-кваліфікаційний рівень: перший (бакалаврський)

Спеціальність 185 – Нафтогазова інженерія та технології

Освітня програма: «Нафтогазова інженерія та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

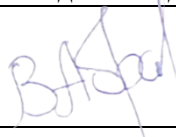
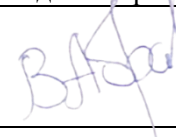


В.о. зав. кафедрою Нафтогазової інженерії і технологій

 доц. Ткаченко Р.Б.
«22» травня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу бакалавра студенту
Максакову Івану Олександровичу

1. Тема роботи: «Аналіз капітального ремонту ділянки газопроводу». керівник роботи: ст. викл. Худяков І.О., затверджені наказом по університету від «22» травня 2026 р. № 440-03.
2. Строк подання студентом закінченої роботи 20 червня 2026 г.
3. Вихідні дані до роботи: технічна характеристика ділянки трубопроводу, спеціальні літературні джерела, методики розрахунків.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік підлягаючих розробці питань): Технологічний розділ, оцінювання технічного стану магістральних газопроводів, проведення земляних робіт, проведення очисних та ізоляційно-укладальних робіт, проведення вогневих робіт, розрахунок режиму зварювання, аргументація щодо вибору основного обладнання для зварювання, технологія виконання складання та зварювання, Контроль якості виконаних робіт, візуально-вимірювальний контроль, проведення радіографічного контролю, охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях, Безпека виробничих процесів, аналіз виробничих небезпек та заходи щодо їх зниження, дослідження шкідливих виробничих факторів та заходи щодо їх усунення, пожежна та вибухова безпека, екологічна безпека, природоохоронні заходи, забезпечення безпеки при надзвичайних ситуаціях.
5. Перелік графічного матеріалу (с точним визначенням обов'язкових креслень):
 - 5.1 Карта-схема розташування магістральних газопроводів Сумської області
 - 5.2 Структурна модель проведення діагностичних робіт на магістральному газопроводі
 - 5.3 Внутрішня діагностика трубопроводу
 - 5.4 Організація підготовчих та земляних робіт при проведенні капітального ремонту магістральних газопроводів
 - 5.5 Врізка ремонтної секції трубопроводу
 - 5.6 Зварювальний апарат інверторного типу
 - 5.8 Оцінювання якості виконання робіт
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях	доц. Абракітов В.Е.		
Нормоконтроль	ст. викл. Худяков І.О.		

Дата видачі завдання 13 травня 2026 г.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Одержання завдання на проектування	13.05.2026	виконано
2.	Аналіз проектних матеріалів і вихідних даних	13.05.2026	виконано
3.	Огляд і аналіз науково-технічної літератури за тематикою роботи	18.05.2026	виконано
4.	Технічне обстеження стану магістральних газопроводів	20.05.2026	виконано
5.	Організація підготовки до проведення робіт	23.05.2026	виконано
6.	Проведення земляних робіт	27.05.2026	виконано
7.	Вибору основного обладнання для зварювання	03.06.2026	виконано
8.	Перевірка якості виконаних робіт	07.06.2026	виконано
9.	Контроль якості методом візуального та вимірювального аналізу	11.06.2026	виконано
10.	Контроль якості методом радіографії	13.06.2026	виконано
11.	Дослідження шкідливих виробничих факторів	16.06.2026	виконано
12.	Виконання графічної частини	01.06-16.06.2026	виконано
13.	Рецензування кваліфікаційної роботи	18.06.2026	виконано
14.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	19.06.2026	виконано
15.	Здача закінченої кваліфікаційної роботи в ЕК	20.06.2026	

Студент



(Максаков І.О.)

(підпис)

Керівник роботи



(Худяков І.О.)

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з пояснювальної записки 68 стор., 5 рис., 5 табл., 17 джерел.

У роботі розглянуто питання діагностики та ремонту магістральних газопроводів із акцентом на організаційно-технологічні рішення, що забезпечують надійну та безпечну експлуатацію трубопровідних систем. Розглянуто основні етапи виконання ремонту магістрального газопроводу та проаналізовано обладнання, необхідне для проведення таких робіт. У зв'язку зі значним зношенням ділянки трубопроводу обґрунтовано потребу у виконанні капітального ремонту.

Проаналізовано основні етапи виконання ремонтних робіт із використанням методу врізки «катушки», який дозволяє забезпечити відновлення працездатності ділянки трубопроводу без тривалого виведення її з експлуатації. Детально описано технологічну послідовність виконання робіт із застосуванням цього методу, а також виконано необхідні розрахунки зварювальних операцій для забезпечення якості з'єднань. Обґрунтовано вибір зварювального обладнання та виконано розрахунок оптимальних режимів зварювання, що гарантують отримання якісних і надійних зварних з'єднань.

Окремо розглянуто комплекс заходів із забезпечення безпечного виконання технологічного процесу та зменшення впливу шкідливих і токсичних факторів на персонал і навколишнє середовище. Наведено рішення з охорони праці, будівельної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях, що дозволяє підвищити рівень безпеки під час виконання ремонтних робіт.

ТЕХНІЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ, ЗАМІНА
ДІЛЯНКИ МЕТОДОМ ВСТАВКИ «КАТУШКИ», РУЧНЕ ДУГОВЕ
ЗВАРЮВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Оцінювання технічного стану магістральних газопроводів	8
Висновки до розділу 1	14
2 ОСНОВНІ ФАЗИ ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТНИХ РОБІТ	16
2.1 Етапи підготовки до виконання роботи	16
2.2 Проведення земляних робіт	17
2.3 Проведення очисних та ізоляційно-укладальних робіт.....	20
2.4 Проведення вогневих робіт	22
2.4.1 Розрахунок режиму зварювання.....	24
2.4.2 Аргументація щодо вибору основного обладнання для зварювання	30
2.4.3 Технологія виконання складання та зварювання.....	33
Висновки до розділу 2	35
3 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИКОНАНИХ РОБІТ.....	37
3.1 Візуально-вимірювальний контроль	37
3.2 Проведення радіографічного контролю.....	38
Висновки до розділу 3	41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	42
4.1 Безпека виробничих процесів.....	42
4.1.1 Аналіз виробничих небезпек та заходи щодо їх зниження.....	43
4.1.2 Дослідження шкідливих виробничих факторів та заходи щодо їх усунення	47
4.1.3 Пожежна та вибухова безпека	54
4.2 Екологічна безпека.....	57
4.2.1 Природоохоронні заходи	59
4.3 Забезпечення безпеки при надзвичайних ситуаціях.....	61
Висновки до розділу 4	62

	6
ВИСНОВОК	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65

ВСТУП

Підтримання газотранспортної системи України на належному технічному рівні та її подальша модернізація є одними з ключових стратегічних напрямів, що забезпечують надійність постачання природного газу та стабільне задоволення потреб внутрішніх споживачів. Магістральний трубопровідний транспорт є однією з ключових складових паливно-енергетичного комплексу, що забезпечує безперебійне постачання природного газу на значні відстані. Тисячі кілометрів магістральних газопроводів перетинають території держав і континентів, забезпечуючи транспортування енергоресурсів до промислових підприємств, комунальних об'єктів та населення. Проектування, будівництво й експлуатація таких систем здійснюються відповідно до жорстких нормативних вимог, будівельних норм і правил, що гарантують їхню безпечну та надійну роботу.

У процесі тривалої експлуатації магістральні газопроводи зазнають впливу значних механічних навантажень, корозійних процесів, температурних коливань та інших негативних чинників, що призводить до поступового погіршення їх технічного стану. Саме тому підтримання належного рівня експлуатаційної надійності є одним із пріоритетних завдань газотранспортної галузі. Надійність магістрального газопроводу визначається його здатністю безперервно виконувати задані функції протягом встановленого терміну експлуатації із збереженням усіх необхідних технічних характеристик у межах нормативних значень.

Для забезпечення безпеки та стабільності функціонування трубопровідних систем виникає потреба у впровадженні сучасних технічних програм діагностики, ремонту та реконструкції газотранспортного господарства. Особливе значення має своєчасне виявлення дефектів трубопроводу, оцінювання технічного стану його елементів та прийняття ефективних рішень щодо усунення пошкоджень.

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Оцінювання технічного стану магістральних газопроводів

Згідно з [1], для кожного газопроводу на основі аналізу технічної документації розробляється індивідуальна програма діагностування.

Індивідуальна програма діагностування може додатково охоплювати: обстеження лінійної частини газопроводів із використанням внутрішньотрубних діагностичних приладів (за умови техніко-економічної доцільності); тепловізійне обстеження окремих елементів; акустико-емісійний контроль потенційно небезпечних ділянок газопроводу (зокрема переходів через залізничні колії, автомобільні дороги, яри та водні перешкоди); інструментальний моніторинг параметрів вібрації на ділянках із підвищеним рівнем вібробезпеки тощо.

Для магістральних газопроводів значної протяжності найбільш ефективним і технологічно доцільним є проведення діагностики із застосуванням внутрішньотрубних інспекційних приладів (ВІП). [2]

Загалом внутрішньотрубна діагностика включає такі етапи:

- пропуск калібрувального скребка для визначення мінімального прохідного перерізу трубопроводу перед використанням профілемера;
- пропуск шаблона-профілемера на ділянках первинного обстеження, що мають підкладні кільця, з метою запобігання заклинюванню та пошкодженню приладу внаслідок їх деформації;
- пропуск профілемера для контролю прохідного перерізу трубопроводу, запобігання застряганню дефектоскопа та визначення глибини вм'ятин;
- пропуск очисних скребоків для видалення з внутрішньої поверхні трубопроводу парафіно-смолистих відкладень, глинистих утворень і сторонніх предметів;
- пропуск дефектоскопа для виявлення пошкоджень і дефектів.

Для виконання внутрішньотрубної діагностики магістральний трубопровід повинен відповідати встановленим вимогам: усі з'єднувальні елементи та запірні арматури на ділянці мають бути рівнопрохідними з самим трубопроводом.

Кожна діагностована ділянка магістрального газопроводу, включаючи лупінги та резервні нитки підводних переходів, повинна бути обладнана камерами запуску, приймання та очищення внутрішньотрубних інспекційних приладів (ВІП) [2].

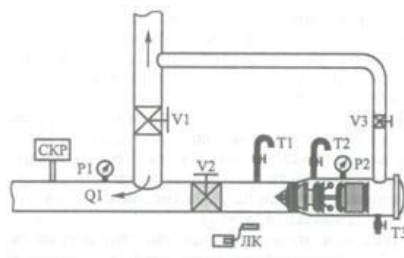


Рисунок 1.1 - Схематичне зображення камери запуску ВІП

Камери запуску та приймання внутрішньотрубних інспекційних приладів (ВІП) є невід'ємними елементами сучасних магістральних газо- та нафтопроводів. За конструктивним виконанням вони є ідентичними. Операції запуску та приймання ВІП здійснюються у встановленій технологічній послідовності.

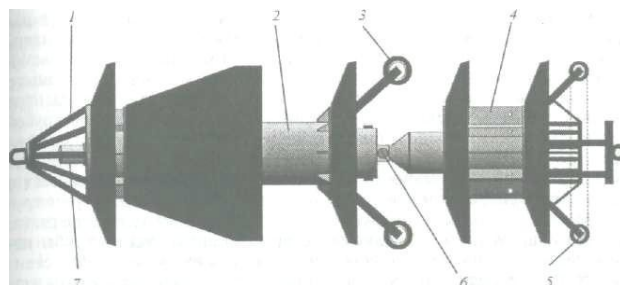


Рисунок 1.2 - Прилад внутрішньотрубної діагностики (профілемер)

1 – бампер; 2 – секція електроніки; 3 – одометр; 4 – вимірвальна секція; 5 – ковзний елемент (слайдер); 6 – датчик повороту; 7 – антена приймально-передавального пристрою.

Профілемер є двосекційним приладом, призначеним для вимірювання внутрішнього прохідного перерізу трубопроводу та радіусів його відводів. Це необхідно для оцінювання можливості безпечного пропуску дефектоскопічних приладів.

Під час контролю виявляються такі дефекти: вм'ятини, гофри, овальність, а також звуження глибиною понад 2 мм із ймовірністю виявлення 0,95.

Основними діагностичними внутрішньотрубними приладами (ВІП) є дефектоскопи. На сьогодні не існує універсального пристрою для внутрішньотрубної діагностики, який би завдяки поєднанню різних методів неруйнівного контролю дозволяв виявляти всі типи дефектів. Тому діагностика трубопроводів виконується поетапно.

На першому етапі за допомогою профілемера «КАЛІПЕР» визначаються параметри внутрішнього прохідного перерізу трубопроводу та виявляються геометричні відхилення, такі як вм'ятини, гофри, овальність, звуження, радіуси відводів та інші аномалії.

На другому етапі ультразвуковий дефектоскоп «Ультраскан WM» застосовується для оцінки втрати товщини стінки труби через корозійні та ерозійні процеси, а також для виявлення неметалевих включень і розшарувань металу.

На третьому етапі магнітний дефектоскоп використовується для виявлення тріщин і тріщиноподібних дефектів у кільцевих перерізах, передусім у зварних швах.

На заключному, четвертому етапі ультразвуковий дефектоскоп «Ультраскан CD» призначений для пошуку поздовжніх тріщин і подібних дефектів уздовж осі трубопроводу [2].

Ультразвуковий дефектоскоп WM (рис. 1.3) призначений для виявлення дефектів стінки труби методом ультразвукової товщинометрії за допомогою ультразвукових датчиків, розташованих радіально в площині поперечного перерізу трубопроводу.

Прилад дозволяє визначати не лише зовнішні та внутрішні втрати металу, а й різні види несплошностей у матеріалі труби, зокрема розшарування, шлакові та інші сторонні включення.

Дефектоскоп WM оснащений системою вимірювання пройденої відстані (одометричні колеса), системою приймання та передачі низькочастотних електромагнітних сигналів, а також програмованою мікропроцесорною системою керування [3].

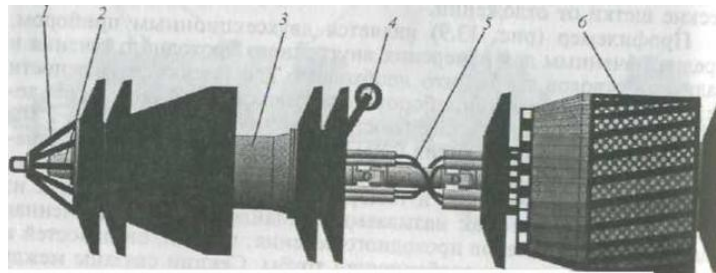


Рисунок 1.3 Прилад ультразвукової внутрішньотрубної діагностики WM 40/48
 1 – амортизувальний елемент (бампер); 2 – антена приймально-передавального модуля; 3 – блок електроніки; 4 – колесо системи вимірювання шляху; 5 – карданний вузол; 6 – модуль кріплення ультразвукових датчиків (240).

Ультразвуковий дефектоскоп CD відрізняється від моделі WM особливостями конструкції ультразвукових датчиків і використовується для виявлення та оцінки тріщин і дефектів, подібних до тріщин, за допомогою датчиків, встановлених під кутом до площини поперечного перерізу трубопроводу.

Завдяки такому кутовому розташуванню датчиків дефектоскоп CD ефективно виявляє тріщини, орієнтовані вздовж осі труби, а також дефекти в поперечних зварних швах, зокрема непровари, раковини та інші порушення тріщинного типу.

Магнітні дефектоскопи MFL застосовуються для контролю трубопроводів методом реєстрації витоку магнітного потоку в металі труби та зварних швах під час руху пристрою разом із потоком транспортованого продукту.

Використання дефектоскопів MFL на ділянках із підкладними кільцями є недоцільним, оскільки вони спотворюють магнітне поле, що унеможлиблює отримання достовірної інформації про наявність дефектів у кільцевих зварних швах.

Крім того, перед застосуванням MFL-дефектоскопів необхідно додатково очищати трубопровід від металевих залишків (таких як фрагменти електродів, напливи зварних швів тощо) шляхом пропуску магнітних очисних скребків типу СКРЗ.

Якщо проведення внутрішньотрубною діагностики за допомогою приладів неможливе (наприклад, через відсутність камер прийому та запуску або інші конструктивні особливості), газо- та нафтопроводи піддаються гідравлічним або пневматичним випробуванням на міцність і герметичність.

Для кожної ділянки газо- або нафтопроводу, що підлягає випробуванням (або для всього трубопроводу загалом), розробляють проєкт виконання робіт, який містить проєкт організації та проведення випробувань. [3]

Випробування газо- і нафтопроводів виконують після того, як внутрішню порожнину труб очистять від відкладень і забруднень, із подальшим промиванням або продуванням. При послідовності діагностування підземних газопроводів є такі етапи:

1. Початкові етапи:

- Аналіз технічної документації
- Розробка програми діагностування без розкриття ґрунту
- Діагностування без розкриття ґрунту

2. Основні перевірки:

- Перевірка на герметичність
- Перевірка роботи електрохімічного захисту (ЕХЗ)
- Перевірка стану ізоляційного покриття
- Виявлення ділянок аномального металу
- Визначення корозійної агресивності середовища

3. Додаткові напрями діагностики:

- Розробка програми вибіркового діагностування
- Діагностування в базовому трубопроводі

4. Блоки оцінки стану (поглиблений аналіз):

- Визначення стану внутрішньої поверхні трубопроводу
- Контроль пошкоджень трубопроводу
- Оцінка властивостей (характеру) матеріалу труби
- Визначення характеру корозійного середовища
- Визначення фізико-хімічного складу металу
- Оцінка агресивності середовища

5. Завершальний етап:

- Визначення технічного стану
- Розрахунок залишкового ресурсу
- Видача висновку

Проводяться такі заходи:

- перевірка стану ізоляційного покриття;
- виявлення ділянок газопроводу з аномаліями металу труб за допомогою приладів, які дистанційно визначають місця пошкоджень труб (корозійних або інших дефектів), а також зони місцевого підвищення напружень на ділянках газопроводів;

– визначення корозійної активності ґрунту та наявності блукаючих струмів на ділянках із найбільш несприятливими умовами за цим показником.

За результатами діагностики без розкриття ґрунту оформлюється акт, після чого виконується шурфове обстеження газопроводу в контрольному (базовому) шурфі, який облаштовується ще під час будівництва.

Для проведення шурфового діагностування необхідно виконати такі роботи:

- оцінити товщину та стан ізоляційного покриття (його розташування, типи та розміри наскрізних пошкоджень, наявність або відсутність тріщин), а також перевірити механічну міцність, адгезію ізоляції до металу труби та значення перехідного електричного опору;

– визначити параметри корозійних пошкоджень труби, наявність вм'ятин, подряпин та інших дефектів, а також за потреби провести контроль зовнішнього діаметра і товщини стінки при виявленні корозії;

– у разі потрапляння в межі шурфа або фіксації відхилень від вимог нормативної документації встановити типи та розміри дефектів у зварних швах;

– оцінити корозійну активність ґрунту та наявність блукаючих струмів;

– визначити фактичні значення тимчасового опору $\sigma_{тф}$ і межі текучості $\sigma_{тф}$ (для стінки товщиною до 5 мм), а також при товщині понад 5 мм — ударну в'язкість КСГ металу та параметри напружено-деформованого стану в кільцевому перерізі [3].

Висновки до розділу 1

У першому розділі було розглянуто основні методи оцінювання технічного стану магістральних газопроводів, що є важливою складовою забезпечення їхньої надійної та безпечної експлуатації. Встановлено, що ефективність діагностування значною мірою залежить від комплексного підходу, який передбачає аналіз технічної документації, розроблення індивідуальної програми обстеження та застосування сучасних засобів неруйнівного контролю.

Найбільш результативним методом контролю протяжних ділянок магістральних газопроводів є внутрішньотрубна діагностика із застосуванням спеціалізованих інспекційних приладів. Використання профілемерів, ультразвукових та магнітних дефектоскопів дає можливість своєчасно виявляти геометричні деформації, корозійні пошкодження, тріщини, розшарування металу та інші дефекти, що можуть негативно впливати на працездатність трубопроводу.

У випадках неможливості застосування внутрішньотрубною діагностики ефективною альтернативою є проведення гідравлічних або пневматичних випробувань, а також виконання шурфового обстеження з детальним аналізом стану металу, ізоляційного покриття та зварних з'єднань.

Своєчасне проведення комплексної діагностики магістральних газопроводів дозволяє об'єктивно оцінити їх технічний стан, визначити залишковий ресурс експлуатації, своєчасно виявити потенційно небезпечні дефекти та прийняти обґрунтовані рішення щодо подальшої безпечної експлуатації або ремонту трубопроводу.

2 ОСНОВНІ ФАЗИ ПРОВЕДЕННЯ РЕМОНТНИХ РОБІТ

2.1 Етапи підготовки до виконання роботи

Послідовність виконання підготовчих робіт під час капітального ремонту газопроводів включає:

- встановлення положення осі траси та глибини прокладання газопроводу;
- визначення ділянок перетину газопроводу з іншими інженерними мережами;
- проведення планувальних робіт на трасі;
- демонтаж наявних об'єктів лінійної частини, що розташовані в межах зони ремонту та перешкоджають виконанню робіт;
- організацію технологічних проїздів, тимчасових під'їзних доріг, а також облаштування переїздів для автотранспорту через діючі газопроводи [2].

Підготовчі роботи на ділянці газопроводу, що підлягає ремонту, розпочинаються після належного оформлення документів, передбачених чинним земельним законодавством, які підтверджують право користування земельними ділянками на період проведення капітального ремонту лінійної частини магістральних газопроводів. Це також стосується земель, необхідних для облаштування тимчасових проїздів, а у випадку розміщення нових наземних споруд (кранові вузли, КВП тощо) — і на період їх подальшої експлуатації [1].

Ширина смуги відведення земель визначається відповідно до чинних нормативних вимог та заздалегідь погоджується замовником із землекористувачами й лісогосподарськими організаціями.

Дані про глибину залягання газопроводу наносяться на вішки, що розміщуються вздовж осі трубопроводу з інтервалом 50 м, а на ділянках із незначною глибиною прокладання та складним мікрорельєфом — через 25 м. Із таким самим кроком позначаються осі паралельних газопроводів у зоні

виконання ремонтних робіт. На поворотах траси, у місцях перетину комунікацій і на межах ручної розробки ґрунту вішки встановлюють через кожні 5 м.

Планувальні роботи на ділянці ремонту виконуються лише після отримання письмового дозволу від замовника та уточнення фактичної глибини прокладання газопроводу.

До складу планувальних робіт входять зрізання валиків, виступів і нерівностей, підсипання занижених місць, а також підготовка смуги для руху ремонтної техніки.

У процесі підготовчих робіт за допомогою вішок позначаються всі точки перетину з підземними інженерними мережами (трубопроводи, силові кабелі, лінії зв'язку тощо). Технічні умови виконання цих перетинів обов'язково погоджуються з організаціями, що здійснюють їх експлуатацію.

Пересування автомобільної та гусеничної техніки через діючі газопроводи й інші комунікації дозволяється виключно у спеціально підготовлених місцях — тимчасових переїздах. Розташування та конструкція таких переїздів визначаються проектом виконання робіт або відповідними технологічними картами.

Для облаштування переїздів перевагу надають сухим ділянкам траси, де газопровід або інші комунікації прокладені на нормативній глибині та не мають вигинів у горизонтальній площині [3].

2.2 Проведення земляних робіт

Залежно від технічного стану магістрального газопроводу, характеристик ґрунтів і обраної технології ремонту, земляні роботи виконуються у такій послідовності:

- зняття родючого шару ґрунту;
- видалення мінерального шару над трубопроводом;
- розкриття ділянки газопроводу, що ремонтується;
- засипання раніше розробленої траншеї;
- розробка нової траншеї;

- зворотне засипання відремонтованого газопроводу з підбиванням і ущільненням ґрунту під трубою;
- відновлення родючого шару ґрунту (проведення рекультивації);
- улаштування водовідвідних каналів і стоків;
- спорудження захисних дамб;
- розробка околотрубних траншей для заглиблення трубопроводу та розробка кар'єрів [4].

Виконання земляних робіт при ремонті газопроводів здійснюється відповідно до вимог проєкту виконання робіт (ППР).

Розкриття ділянок перетину газопроводу з діючими підземними комунікаціями, що перебувають у віданні сторонніх організацій (трубопроводи, кабелі тощо), здійснюється за обов'язкової присутності представників цих організацій.

У разі перетину траси газопроводу з діючими підземними мережами розробка ґрунту механізованим способом допускається не ближче ніж за 2 м від бічної стінки та не менше ніж за 1 м над верхньою частиною комунікацій (труб, кабелів тощо). Решта ґрунту розробляється вручну з дотриманням заходів, що унеможливають пошкодження цих мереж.

Під час виконання розкривних робіт із застосуванням екскаватора для захисту тіла труби використовуються спеціальні захисні пристрої та конструкції.

Мінімально допустима відстань від поверхні трубопроводу при механізованій розробці ґрунту становить:

- 0,2 м — під час робіт на відключеній ділянці (за відсутності захисних конструкцій);
- 0,5 м — під час виконання робіт на діючому трубопроводі.

Роботи з розкриття газопроводу в траншеї виконуються поетапно.

На першому етапі здійснюється розкриття трубопроводу з одночасною розробкою бічних траншей, які закладаються нижче нижньої твірної труби на глибину, що дорівнює діаметру ремонтovanого газопроводу.

На другому етапі виконується вибірка ґрунту під трубопроводом на глибину, достатню для проходу ремонтної техніки. При цьому мінімальна глибина становить: для газопроводів діаметром до 820 мм — не менше 0,65 м; для діаметрів 1020–1420 мм — не менше 0,8 м.

Під час виконання ремонту на бермі траншеї розкриття здійснюється до нижньої твірної труби з подальшим підніманням газопроводу на берму, видаленням старого ізоляційного покриття та розміщенням трубопроводу на інвентарних опорах.

Мінімальна ширина смуги, з якої знімається родючий шар ґрунту, становить ширину траншеї по верху плюс 0,5 м з обох боків, максимальна — межі смуги відведення.

Родючий шар ґрунту знімається та переміщується у тимчасовий відвал.

Зняття родючого шару доцільно виконувати на повну товщину, за можливості за один прохід або пошарово у кілька етапів. Змішування родючого шару з мінеральним ґрунтом не допускається.

Поперечні профілі та розміри траншей у ґрунтах різної щільності та вологості встановлюються проектом виконання робіт (ППР) з урахуванням обраної технології (зокрема, при укладанні нового відрізка газопроводу в спільну траншею з різною фактичною глибиною існуючого трубопроводу), діаметра ремонтної ділянки, а також габаритів використовуваної техніки та обладнання.

[4]

У водонасичених ґрунтах ремонтні роботи, включаючи розкриття газопроводу, виконуються із застосуванням методів зниження рівня ґрунтових вод. Вийнятий із траншеї ґрунт розміщується у відвал з одного боку траншеї, тоді як протилежний бік залишається вільним для руху ремонтної колони.

З метою запобігання обвалу ґрунту, вийнятого з траншеї, а також осипанню її стінок, відвал розміщують з урахуванням стану ґрунту та погодних умов, але не ближче ніж 0,5 м від краю траншеї.

До початку засипання відремонтованого та укладеного в траншею газопроводу виконують відновлення систем електрохімічного захисту шляхом приварювання катодних виводів.

Засипання траншеї проводять після укладання ділянки газопроводу у строки, визначені технологічними вимогами до нанесення ізоляційних покриттів. При виконанні засипки необхідно забезпечити збереження труб і ізоляції, а також щільне прилягання трубопроводу до дна траншеї.

У скельних, щебенистих, сухих грудкуватих та мерзлих ґрунтах газопроводи укладають на підсіпку з м'якого ґрунту (піску) товщиною не менше 10 см над виступами нерівностей дна траншеї. Після цього трубопровід присипають таким самим м'яким ґрунтом шаром до 20 см над верхньою твірною труби.

Засипання траншеї мінеральним ґрунтом виконується бульдозером (або траншеєзасипачем) з одного чи обох боків. У окремих випадках для засипки використовується одноківшевий екскаватор.

Після природного або штучного ущільнення ґрунту здійснюється технічна рекультивація, яка передбачає відновлення родючого шару на порушеній території.

Після завершення технічної рекультивації виконується біологічна рекультивація, що включає комплекс агротехнічних заходів відповідно до проектних рішень.

2.3 Проведення очисних та ізоляційно-укладальних робіт

Під час виконання робіт у траншеї підйом газопроводу не проводиться: його утримання з дотриманням просторового положення, а також функціонування очисної машини забезпечуються за допомогою вантажопідіймальної техніки та/або пересувних опор.

При роботах на бермі траншеї здійснюється підйом ділянки газопроводу, встановлення на нього очисного обладнання, видалення старого ізоляційного покриття та подальше укладання трубопроводу на берму.

З метою зменшення рівня напружень у металі труб суворо дотримуються технологічних параметрів (висота підйому, відстань між трубоукладальниками тощо), які контролюються в процесі виконання робіт. Ці параметри попередньо розраховуються та зазначаються у проєкті виконання робіт і технологічних картах. При цьому розрахункові напруження не повинні перевищувати 0,5 від нормативної межі текучості металу труб. Підйом і укладання газопроводу виконуються рівномірно, без ривків та різких коливань.

У випадку тривалих перерв у роботах (зазвичай понад дві години, залежно від характеристик ґрунту) трубопровід розміщують на інвентарних опорах. Очищення від старого ізоляційного покриття та продуктів корозії здійснюється механізованим способом: із застосуванням спеціальних різальних інструментів, металевих щіток, термоабразивних або термомеханічних пристроїв, а також струменя води під високим тиском. У місцях, де механізоване очищення неможливе, ці роботи виконуються вручну з використанням скребків, щіток та інших допоміжних засобів. [4]

Під час зняття старого ізоляційного покриття необхідно уникати будь-яких пошкоджень поверхні труб, зокрема подряпин, рисок, задирів або вм'ятин. Нове ізоляційне покриття наносять лише після проведення відбракування труб, а також ремонту чи заміни пошкоджених ділянок. Ізоляційні роботи можуть виконуватися як безпосередньо на трасі, так і в стаціонарних умовах.

У трасових умовах процес нанесення ізоляції передбачає виконання таких операцій:

- завершальне очищення поверхні газопроводу;
- за потреби — видалення вологи з поверхні;
- за необхідності — підігрів металу труби; – нанесення ґрунтового шару;
- нанесення нового ізоляційного покриття [3].

Для захисту газопроводів і з'єднувальних елементів від корозії застосовуються покриття на основі бітумно-полімерних мастик. Шорсткість зовнішньої поверхні труб повинна відповідати вимогам, установленим технічними умовами на відповідні матеріали. Рівень очищення поверхні перед

нанесенням імпортованих покриттів має відповідати вимогам, визначеним у технічній документації до цих матеріалів.

Після висушування поверхні трубопроводу температура перед нанесенням ізоляції повинна відповідати значенням, зазначеним у технічних умовах для використаних ізоляційних матеріалів.

Під час ремонту газопроводу методом заміни труб використовують нові труби або труби повторного застосування із заводським ізоляційним покриттям.

Нанесення ізоляційних покриттів на підготовлені протяжні ділянки газопроводу виконується механізованим способом. На ділянках зі складною геометрією (вигини малого радіуса, наявність муфт, технологічних виступів тощо), де застосування високопродуктивного обладнання ускладнене або неможливе, доцільно використовувати технології та обладнання для локального ремонту.

Укладання газопроводу в траншею та подальше засипання виконують лише після досягнення ізоляційним покриттям необхідних міцнісних характеристик. При ремонті в траншеї засипання відновленої ділянки здійснюється поетапно: спочатку проводиться підсіпка з ущільненням ґрунту під трубопроводом, після чого виконується остаточне засипання ґрунтом зверху та з боків. Щоб уникнути пошкодження ізоляційного шару, використовувана техніка повинна відповідати вимогам, передбаченим для роботи з трубами, що мають ізоляційне покриття.

2.4 Проведення вогневих робіт

Після завершення підготовчих заходів розпочинають виконання вогневих робіт. Робоча зона має бути попередньо захищена від опадів та впливу вітру.

На початковому етапі проводять різання газопроводу з демонтажем дефектної ділянки, що підлягає заміні.

Після розкриття труби та очищення її від ізоляційного покриття визначають розміри вставної «катушки». Далі виконують точне розмічання ділянки трубопроводу та його різання.

Різання газопроводу здійснюється таким чином: один кінець труби відрізається перпендикулярно до поздовжньої осі, другий — під незначним кутом до площини різку, щоб верхня частина зрізу була довшою за нижню не менше ніж на 50 мм.

Після видалення дефектної вирізаної ділянки кромку другого кінця трубопроводу додатково розмічають і готують до зварювання. Підготовка кромки полягає в їх обробці під фаску, яка виконується різакон або спеціальним обладнанням, після чого поверхню зачищають шліфувальним інструментом до металевого блиску. [3]

Після підготовки кромки труб газопроводу працівники ремонтної бригади проводять точні вимірювання відстані між ними, після чого на основі отриманих даних розпочинають виготовлення вставної «котушки». «Котушка», що підлягає зварюванню, повинна відповідати ремонтній ділянці за механічними властивостями, хімічним складом сталі та товщиною стінок. Для її виготовлення використовують трубу тієї ж марки, що й труба діючого газопроводу.

Вирізання «котушки» здійснюється методом газового різання згідно з попередньо знятими розмірами. У процесі підготовки метал труби ретельно перевіряють на наявність тріщин, подряпин, вм'ятин та інших дефектів. У разі виявлення пошкоджень виконують необхідний ремонт [3].

Для підвищення ефективності зварювально-монтажних робіт центрування газопроводу та вставної «котушки», а також її підготовку до зварювання виконують із застосуванням спеціальних збиральних пристроїв — центраторів. Ланцюговий центратор є шарнірною восьмиреберною конструкцією, що складається з притискних і проміжних ланок, оснащених натискними роликками у вузлах. Запірний ланцюг фіксується за допомогою спеціального гака, який встановлюється на хрестовину-гайку. Під час переміщення хрестовини вздовж різьби гвинта рами забезпечують щільне обтискання кінців труб. Під час складання стикового з'єднання центратор розміщують на кінці труби приблизно на половину його ширини. Після цього підняту «котушку» вводять у вільну частину пристрою та підганяють до торця труби так, щоб по всьому периметру

було досягнуто мінімального зміщення кромки і забезпечено необхідний зазор між торцями.

Для труби з товщиною стінки $S = 16$ мм та діаметром 1420 мм величина технологічного зазору під час зварювання «котушки» повинна становити 2^{+1}_0 мм. Якість підготовки стикового з'єднання до зварювання перевіряється за допомогою спеціального контрольного шаблону.

Після завершення всіх підготовчих операцій виконується фіксація центратора. У разі, якщо на окремих ділянках стику зміщення кромки перевищує допустимі норми, встановлені СНіП, на такі місця накладають посилені прихватки довжиною 75–100 мм, а вирівнювання кромки здійснюють механічним способом. Допустиме зміщення кромки не повинно перевищувати 2 % товщини стінки труби, але не більше 3 мм. Коригування положення кромки шляхом підбивання дозволяється лише у верхній частині стику за умови попереднього нагрівання металу до температури не нижче 300 °С. Після виконання правки прихватки ретельно перевіряють, а при виявленні тріщин — видаляють.

Для зварювання «котушки» застосовується ручне електродугове зварювання на постійному струмі, оскільки воно забезпечує більш стійке горіння дуги порівняно зі зварюванням на змінному струмі. [3]

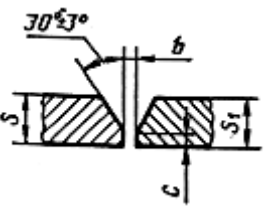
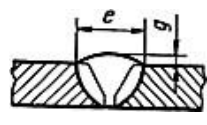
2.4.1 Розрахунок режиму зварювання

Режим зварювання являє собою комплекс основних і додаткових параметрів зварювального процесу, які забезпечують отримання зварних швів заданої форми, розмірів і необхідної якості. При дуговому зварюванні покритими електродами до основних параметрів належать: діаметр електрода, величина зварювального струму, напруга дуги, площа поперечного перерізу шва, що виконується за один прохід, кількість проходів, тип і полярність струму, а також інші технологічні характеристики.

Розрахунок режиму зварювання доцільно розпочинати з визначення геометричних параметрів шва. Геометрію шва та спосіб підготовки кромки обирають відповідно до чинних нормативних вимог. Конструктивні параметри

підготовлених кромок і розміри зварного шва визначають за меншою товщиною з'єднаних деталей. [2]

Таблиця 2.1 - Конструктивні елементи зварного з'єднання

Умовне позначення зварного з'єднання	Конструктивні елементи та розміри		S , мм	b , мм	e , мм	c , мм	g , мм
	Підготовлених кромок зварюваних деталей	Зварного шву					
C17			12	$2^{+1,0}$	18^{+4}	$1,0 \pm 0,5$	$2^{+2,0}_{-1,5}$

Для розрахунку кількості проходів спочатку визначають сумарну площу поперечного перерізу наплавленого металу. Як правило, площу наплавлення обчислюють шляхом додавання площ окремих простих геометричних фігур:

$$F = h^2 \cdot tg\alpha + b \cdot S + 0,76 \cdot g \cdot e = 12^2 \cdot tg20 + 2 \cdot 13 + 0,76 \cdot 3 \cdot 19 = 130 \text{ мм}^2 \quad (2.1)$$

де S , b , e , g , α – габаритні параметри конструктивних елементів зварного з'єднання.

Сумарну площу поперечного перерізу наплавленого та розплавленого металу розраховують за формулою:

$$F = 0,76 \cdot e \cdot (S + g) = 0,76 \cdot 19 \cdot (123 + 2) = 195 \text{ мм}^2 \quad (2.2)$$

Площу поперечного перерізу проплавленого металу визначаємо за формулою:

$$F = F - F = 195 - 130 = 65 \text{ мм}^2 \quad (2.3)$$

Кореневий шов виконують електродами діаметром 3 мм, тоді як заповнювальний і облицювальний шви — електродами діаметром 4 мм.

Для розрахунку першого проходу застосовуємо таку формулу:

$$F = (6 \dots 8) \cdot d = 6 \cdot 4 = 24 \text{ мм}^2 \quad (2.4)$$

Для розрахунку наступних проходів застосовуються такі формули:

$$F = (8 \dots 13) \cdot d = 13 \cdot 4 = 52 \text{ мм}^2 \quad (2.5)$$

Кількість проходів визначається за формулою:

$$N = F_H - F_1 / F_n + 1 = 130 - 24 / 52 + 1 = 4 \quad (2.6)$$

Приймаємо чотири проходи.

Розрахунок сили зварювального струму при зварюванні покритими електродами виконується залежно від діаметра електрода та допустимої густини струму.

$$L = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \cdot j, \quad (2.7)$$

d_e діаметр електродного стрижня, мм;

j — допустима густина струму, А/мм².

При діаметрі стрижня 3 мм

$$L = 3,14 \cdot 3^2 / 4 = 91 \dots \dots 130 \text{ А}$$

Приймаємо $I_{cv} = 95 \text{ A}$.

При діаметрі стрижня 4 мм

$$L = 3,14 * 4 * 4 / 4 = (10...14,5) 126...182 \text{ A}$$

Приймаємо $I_{cv} = 170 \text{ A}$.

Для орієнтовного розрахунку напруги дуги використовуємо вираз:
для діаметра 3 мм:

$$U_{\partial} = 20 + 0,04 \cdot I_{cv} = 20 + 0,04 \cdot 95 = 26 \text{ B}, \quad (2.8)$$

Приймаємо $U_{\partial} = 26 \text{ B}$ для діаметру 3 мм:

$$U_{\partial} = 20 + 0,04 * 170 = 28 \text{ B},$$

Приймаємо $U_{\partial} = 28 \text{ B}$

Швидкість дугового зварювання покритими електродами зазвичай встановлюється та контролюється непрямим способом — за необхідними розмірами формованого зварного шва і може бути розрахована за формулою:

$$V_{cv} = \alpha_n * I_{cv} / 3600 * \gamma * F_n = 3,5 * 95 / 3600 * 7,8 * 24 * 10^{-2(4.9)} = \\ = 0,26 \text{ см / с} = 8,64 \text{ м / ч}. \quad (2.9)$$

де α_n — коефіцієнт наплавлення, г/А·ч;

F_n — площа поперечного перерізу наплавленого металу за даний прохід, см²;

γ — густина наплавленого металу за даний прохід, г/см³.

Підставляємо значення та отримуємо для і отримуємо для наступних проходів:

$$V_{cv} = A_n * I_{cv} / 3600 * \gamma * F_n = 3,5 * 170 / 3600 * 7,8 * 52 * 10^{-2}$$

$$= 0,22 \text{ см / с} = 7,6 \text{ м / ч.} \quad (2.10)$$

Погонна енергія визначає кількість енергії, що підводиться до одиниці довжини зварного шва:

$$qn = q_{ef} / V_{cv} = I_{cv} * U_{\partial} * \eta_u / V_{cv} = 95 * 28 * 0,8 / 0,26 = 7100 \text{ Дж/с} \quad (2.11)$$

де q_{ef} - ефективна теплова потужність зварювальної дуги, Дж;

I_{cv} - струм зварювальної дуги, А;

U_{∂} - напруга на дузі, В;

η_u - ефективний ККД нагріву виробу дугою, який для дугових методів зварювання знаходиться в межах 0,6...0,9; при зварюванні покритими електродами на постійному струмі — 0,75...0,85;

V_{cv} - швидкість переміщення зварювальної дуги, см/с.

Підставляємо значення у формулу та отримуємо для наступних проходів:

$$qn = 170 * 28 * 0,8 / 0,22 = 15436 \text{ Дж / см}$$

Розраховані параметри зварювання наведемо в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Розраховані параметри зварювання

Номер проходу	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість зварювання, м/год
Кореневий шов	4	8	26	8,7
Заповнювальний шов	5	160	28	7,8
Облицювальний шов	5	160	28	7,8

Технологічну зварюваність доцільно розглянути на прикладі сталі 09Г2С.

Найсуттєвіший вплив на зварюваність сталі має вміст вуглецю. Підвищення його концентрації, а також збільшення частки окремих легувальних елементів, призводить до погіршення зварюваності матеріалу. Саме тому при виготовленні зварних конструкцій найчастіше застосовують конструкційні низьковуглецеві, низьколеговані та леговані сталі. [2]

Зі зростанням вмісту вуглецю підвищується ризик утворення тріщин, а також ускладнюється забезпечення однорідності властивостей у зоні зварного з'єднання.

Орієнтовним показником, що характеризує зварюваність сталі відомого хімічного складу, є еквівалентний вміст вуглецю, який визначають за формулою:

$$Секв = C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15 \quad (2.12)$$

де:

C — вміст вуглецю, %;

Mn — вміст марганцю, %;

Cr — вміст хрому, %;

Mo — вміст молібдену, %;

V — вміст ванадію, %;

Ni — вміст нікелю, %;

Cu — вміст міді, %.

Ця формула використовується для оцінки зварюваності сталі: чим більше значення Секв, тим вища схильність металу до утворення тріщин під час зварювання.

Залежно від значення еквівалентного вмісту вуглецю, а також пов'язаної з ним схильності до загартування й утворення тріщин, сталі за зварюваністю класифікують на чотири групи: добре зварювані, задовільно зварювані, обмежено зварювані та погано зварювані.

До першої групи належать сталі, що відзначаються доброю зварюваністю та забезпечують отримання якісних зварних з'єднань без утворення загартованих структур і тріщин у широкому діапазоні режимів зварювання, різних товщин металу та конструктивних рішень.

Сталі із задовільною зварюваністю за правильного підбору режимів зварювання мають низьку схильність до виникнення холодних тріщин, проте в окремих випадках вимагають попереднього підігріву.

Обмежено зварювані сталі більш схильні до утворення тріщин, а можливість зменшення цієї схильності шляхом коригування режимів зварювання є недостатньою, тому для їх зварювання зазвичай застосовують підігрів. Погано зварювані сталі відзначаються значною схильністю до загартування та тріщиноутворення, тому при їх зварюванні необхідні попередній підігрів, використання спеціальних технологічних прийомів і подальша термічна обробка.

$$C = (0,09 + 1,5/6 + 0,3/5 + 0,3/15 + 0,3/13 + 0,035/2) = 0,46 \%$$

Визначимо розмірний еквівалент вуглецю за формулою:

$$C_{екв} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \quad (2.13)$$

Сталь 09Г2С належить до низьковуглецевих сталей і характеризується доброю зварюваністю, тому може зварюватися без обмежень та без застосування попереднього підігріву. [2]

2.4.2 Аргументація щодо вибору основного обладнання для зварювання

Для реалізації сучасних технологій зварювання магістральних трубопроводів і забезпечення високої якості зварних з'єднань джерела зварювального струму повинні відповідати низці технічних вимог:

- забезпечувати виконання ручного дугового зварювання електродами з різними типами покриття, що використовуються під час будівництва трубопроводів;

- працювати стабільно в усьому діапазоні робочих струмів, у тому числі при мінімальних значеннях від 40 А;

- дозволяти регулювання зовнішніх вольт-амперних характеристик і налаштування струму короткого замикання залежно від типу електродного покриття, шару шва та просторового положення зварювання;

- характеризуватися високими динамічними показниками з часом переходу від короткого замикання до робочого режиму не більше 0,01 с;

- оснащуватися компактними дистанційними регуляторами струму, які дають змогу зварнику змінювати параметри без переривання горіння дуги;

- забезпечувати ефективне дистанційне керування струмом при довжині кабелю до 40 м;

- бути придатними для використання у складі пересувних і самохідних зварювальних агрегатів навіть за умов нестабільної автономної мережі змінного струму;

- підтримувати відхилення струму та напруги в межах не більше $\pm 10\%$ при роботі в багатопостових системах живлення;

- надійно функціонувати в температурному інтервалі від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- забезпечувати номінальний зварювальний струм не менше 250 А при ПВ = 60 %.

З огляду на те, що джерела зварювального струму можуть застосовуватися як у стаціонарних умовах, так і у складі автономних агрегатів живлення, до них висуваються додаткові вимоги щодо стійкості до впливу зовнішніх кліматичних і механічних чинників:

- ступінь захисту — IP23;

- відносна вологість навколишнього середовища — 80 % при температурі $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– стійкість до впливу механічних факторів зовнішнього середовища — група M18

Для ручного дугового зварювання покритими електродами доцільно використовувати зварювальний інвертор Lincoln Electric Invertec V360-PRO.

Інвертор Lincoln Electric Invertec V350-PRO належить до найбільш потужних портативних універсальних джерел зварювального струму у своєму класі. Завдяки високим технічним характеристикам він забезпечує можливість виконання ручного дугового, аргонодугового та напівавтоматичного зварювання. Дана модель характеризується простотою підключення до механізму подачі дроту та оснащена цифровим дисплеєм для зручного керування параметрами роботи. Базова комплектація передбачає наявність функцій регулювання індуктивності та «форсування дуги» (Arc Force), що сприяє стабільному горінню дуги та підвищенню якості зварювання. [3]

Особливості зварювального інвертора Lincoln Electric Invertec V360-PRO:

– забезпечує високу якість зварювання при різних процесах, включаючи ручне дугове зварювання електродами з основним, рутіловим і целюлозним покриттям, напівавтоматичне зварювання та роботу з порошковим дротом;

–оснащений системою автоматичного визначення та підключення обладнання, що дозволяє швидко з'єднувати апарат із механізмом подачі дроту;

– має міцний корпус із роликівим механізмом та напрямними рейками для зручного переміщення;–обладнаний чітким та яскравим цифровим дисплеєм;

– має просту та зручну панель керування з інтуїтивним інтерфейсом;

– відповідає вимогам міжнародних стандартів IEC974-1, ROHS та CE.

Підтримувані процеси зварювання: MMA, TIG, MIG, FCAW, CAG-A.

Технічні характеристики Lincoln Electric Invertec V350-PRO:

Найменування: V350-PRO CE

Каталожний номер: K1728-13

Живлення: 200/220/380/416/440 В, 3 фази, 50–60 Гц

Зварювальний струм / Напруга / ПВ:

– 350 А / 34 В / 60% (3 фази)

- 300 А / 32 В / 100% (3 фази)
- 320 А / 33 В / 60% (1 фаза)
- 275 А / 31 В / 100% (1 фаза)

Діапазон регулювання зварювального струму: 15–426 А

Напруга холостого ходу: 81 В DC

Габаритні розміри (В×Ш×Д), мм: 377 × 337 × 708

Маса: 37 кг Виробник: Lincoln Electric, США

2.4.3 Технологія виконання складання та зварювання

Перед початком складання необхідно виконати візуальний огляд кромки зварюваних елементів. Невеликі дефекти на зовнішній поверхні неізолюваних торців труб або перехідного кільця, такі як подряпини, риски та задири глибиною до 5 % від нормативної товщини стінки (але не більше допустимого мінусового відхилення, встановленого технічними умовами), усуваються шляхом шліфування.

Торці труб із пошкодженнями фасок глибиною понад 5 мм або вм'ятинами понад 3,5 % діаметра труби, а також будь-які вм'ятини з надривами чи різкими деформаціями поверхні, що мають дефекти, не підлягають відновленню і повинні бути вирізані.

Після видалення таких ділянок виконується ультразвуковий контроль (УЗК) прилеглої до торця зони шириною не менше 40 мм по всьому периметру труби з метою виявлення розшарувань. У разі їх виявлення трубу необхідно обрізати на відстані не менше 300 мм від торця з подальшим повторним проведенням УЗК.

Під час складання стиків труб з однаковою нормативною товщиною стінки слід дотримуватися таких вимог: зміщення внутрішніх кромки безшовних труб не повинно перевищувати 2 мм. Локальні внутрішні зміщення допускаються до 3 мм на довжині не більше 100 мм. При цьому величина зовнішнього зміщення не нормується, однак під час виконання облицювального шару зварного шва необхідно забезпечити плавний перехід від наплавленого металу до основного.

Для труб із товщиною стінки до 10 мм допускається зміщення кромки до 40 % від нормативної товщини, але не більше 2 мм. [3]

Забороняється виконувати ударне виправлення кінців труб як без нагрівання, так і з його застосуванням.

Під час складання стиків заводські шви (як поздовжні, так і спіральні) необхідно зміщувати відносно один одного: не менше ніж на 50 мм для труб діаметром до 219 мм, на 75 мм — для діаметра від 219 до 530 мм і на 100 мм — для труб діаметром понад 530 мм. Рекомендується розташовувати поздовжні заводські шви у верхній частині кола труби.

Під час підготовки до зварювання кореневого шару електродами з основним покриттям кількість прихваток, рівномірно розташованих по периметру стику, визначається залежно від діаметра труб відповідно до технічних вимог. У даному випадку передбачено 4 прихватки, розміщені рівномірно через кожні 90° по колу труби.

Для труб діаметром 273 мм довжина прихваток приймається в межах 40–50 мм. Режими їх виконання повинні відповідати режимам зварювання кореневого шару шва. Схема розташування прихваток наведена на рисунку 2.1.

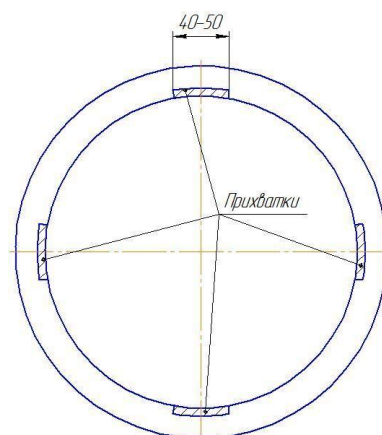


Рисунок 2.1 – Схема розміщення прихваток

Забороняється переміщати або впливати будь-яким способом на зварений стик до повного завершення кореневого шару шва, виконаного електродами з основним покриттям.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було детально розглянуто основні етапи проведення ремонтних робіт на магістральному газопроводі, починаючи від підготовчих заходів і завершуючи виконанням зварювально-монтажних операцій. Встановлено, що ефективність і безпечність капітального ремонту значною мірою залежать від чіткої організації підготовчого етапу, правильного виконання земляних робіт, дотримання технології очищення та ізоляції трубопроводу, а також суворого контролю параметрів під час проведення вогневих робіт.

Підготовчі роботи забезпечують створення необхідних умов для безпечного доступу до ремонтної ділянки та раціональної організації всього виробничого процесу. Проведення земляних робіт відповідно до проєктної документації дозволяє мінімізувати ризик пошкодження суміжних комунікацій і забезпечити належні умови для виконання ремонту.

Розгляд технології очисних та ізоляційно-укладальних робіт показав, що якісна підготовка поверхні трубопроводу та правильне нанесення захисного покриття є визначальними чинниками довговічності відремонтованої ділянки й підвищення її корозійної стійкості.

Особливу увагу приділено виконанню вогневих робіт, зокрема розрахунку режимів ручного дугового зварювання. Проведені розрахунки дозволили визначити оптимальні параметри зварювального процесу, що забезпечують формування якісного зварного з'єднання з необхідними експлуатаційними характеристиками. Встановлено, що використання сталі 09Г2С є технологічно обґрунтованим завдяки її добрій зварюваності та відсутності потреби у попередньому підігріві.

Обґрунтовано вибір зварювального обладнання — Lincoln Electric Invertec V350-PRO, технічні характеристики якого повною мірою відповідають вимогам ремонту магістральних газопроводів та забезпечують стабільність зварювального процесу в польових умовах. Дотримання встановленої технологічної послідовності ремонтних робіт, правильний вибір матеріалів, обладнання та режимів зварювання є основою забезпечення надійності,

герметичності та тривалого ресурсу експлуатації відремонтованої ділянки магістрального газопроводу.

3 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ВИКОНАНИХ РОБІТ

3.1 Візуально-вимірювальний контроль

Усі завершені зварні з'єднання підлягають візуальному контролю. Перед його проведенням зварні шви та прилеглі до них ділянки основного металу шириною не менше 20 мм з обох боків повинні бути ретельно очищені від шлаку, бризок розплавленого металу, окалини та інших забруднень.

Візуальний огляд здійснюється неозброєним оком або з використанням лупи з 4–7-кратним збільшенням для детального вивчення ділянок, де необхідно уточнити характер виявлених дефектів. За необхідності застосовується переносне джерело світла.

До недопустимих дефектів виявлених під час візуального контролю зварних з'єднань, належать:

- тріщини будь-якого типу та напрямку;
- непровари (несплавлення) між основним металом і зварним швом, а також між окремими валиками;
- напливи (натіки) та бризки металу;
- незаповнені кратери;
- свищі;
- пропали;
- скупчення та включення пор.

Дефекти, виявлені під час візуально-вимірювального контролю, які можуть бути усунені без подальшого заварювання вибірок, повинні бути виправлені до проведення контролю іншими методами.

Контроль здійснюється зварником після попереднього очищення поверхні. Результати перевірки вважаються прийнятними за відсутності тріщин, незаварених прожогів і кратерів, скупчень та поверхневих пор (включень), що перевищують допустимі значення, а також інших дефектів, які можуть свідчити про порушення режиму заварювання або неякісні зварювальні матеріали. [3]

У випадку виявлення недопустимих дефектів рішення щодо продовження зварювальних робіт або способу їх усунення приймає керівник зварювальних робіт.

3.2 Проведення радіографічного контролю

Радіографічна дефектоскопія — це метод неруйнівного контролю зварних з'єднань, який базується на використанні іонізуючого випромінювання (рентгенівських або гамма-променів) для виявлення внутрішніх дефектів металу.

Під час проведення радіографічного контролю випромінювання проходить через зварне з'єднання та фіксується на спеціальному детекторі або плівці. Різниця в поглинанні променів дозволяє виявити внутрішні дефекти, такі як пори, тріщини, непровари, шлакові включення та інші неоднорідності структури шва. Цей метод забезпечує високу точність контролю якості зварних з'єднань і широко застосовується при будівництві та ремонті відповідальних трубопровідних конструкцій.

Загальні вимоги до методу радіографічного контролю зварних з'єднань із застосуванням рентгенівських установок, джерел іонізуючого випромінювання (іридій-192, цезій-137, селен-75, тулій-170, кобальт-60) та радіографічної плівки визначаються чинними нормативно-технічними документами.

Під час радіографічного контролю використовують радіографічні плівки таких марок: РТ-5, РТ-4М, РТ-2, РТ-3, РНТМ-1, РТ-1, РТ-СШ.

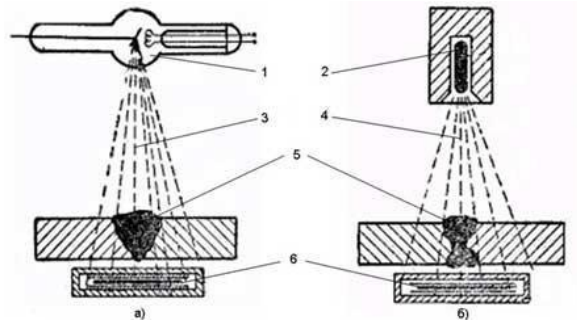


Рисунок 3.1 – Просвічування зварного шва рентгенівськими променями (а) та гамма-променями (б)

1 – трубка рентгенівського випромінювання; 2 – контейнер із радіоактивною речовиною, розміщений у захисному свинцевому корпусі; 3 – потік рентгенівського випромінювання; 4 – потік гамма-випромінювання; 5 – зварне з'єднання; 6 – касета з рентгенографічною плівкою.

Допускається застосування імпортованих радіографічних плівок, призначених для проведення дефектоскопічного контролю металоконструкцій.

Для виконання просвічування використовуються:

- рентгенівські апарати безперервної дії;
- імпульсні рентгенівські установки;
- гамма-дефектоскопічне обладнання.

Дозволяється також використання апаратури та обладнання інших типів, зокрема іноземного виробництва, за умови забезпечення необхідних параметрів просвічування та отримання радіографічних знімків встановленої якості.

У разі, якщо нерівності шва, бризки розплавленого металу або інші поверхневі дефекти можуть перешкоджати виявленню внутрішніх дефектів зварного з'єднання чи пошкодити радіографічну плівку, поверхню з'єднання необхідно зачистити механічним способом. В інших випадках додаткова підготовка поверхні зварного шва не потрібна.

Зварні шви, які підлягають контролю, поділяють на окремі ділянки, довжина яких визначається розмірами застосовуваної радіографічної плівки (касет), після чого виконують їх маркування незмивною фарбою.

На кожній ділянці зварного шва, що підлягає радіографічному контролю, встановлюють еталони чутливості, імітатори (за потреби) та свинцеві маркувальні знаки. Для визначення рівня чутливості радіографічного контролю застосовують дротяні, канавкові та пластинчасті еталони, геометричні параметри й конструктивні особливості яких регламентуються нормами. Також дозволяється використання дротяних і канавкових еталонів чутливості.

Для позначення радіографічних знімків необхідно застосовувати маркувальні знаки у вигляді цифр, літер латинського алфавіту, а також додаткових символів (стрілок, тире тощо), переважно комплектів № 1, 2, 5 і 6. Ці знаки повинні бути виготовлені з матеріалу, що забезпечує отримання чіткого та контрастного зображення на радіографічних знімках. Відбиток маркувальних знаків на знімку має бути добре помітним, розбірливим і не повинен накладатися на зображення зварного шва.

У разі виконання зварювання стику кількома зварниками, які не мають спільного бригадного клейма, з метою спрощення маркування доцільно застосовувати умовне позначення у вигляді, наприклад, однієї літери, що ідентифікує склад зварювальної бригади. Використання такого шифру повинно бути офіційно оформлене протоколом, підписаним начальником дільниці та старшим дефектоскопістом. У випадку зміни складу зварників відповідне умовне позначення підлягає заміні на нове.

Під час повторного радіографічного контролю, який проводиться після усунення дефектів зварного з'єднання, до маркування радіограм наприкінці групи маркувальних знаків додають порядкове позначення повторної перевірки — «П1» або «П2».

Після проявлення знімків допускається нанесення маркування простим олівцем із зазначенням таких даних:

- номер плівки;
- шифр (клеймо) зварника або зварювальної бригади;
- шифр дефектоскопіста [3].

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було розглянуто основні методи контролю якості виконаних зварювальних робіт під час ремонту магістральних газопроводів, а саме візуально-вимірювальний та радіографічний контроль. Встановлено, що візуально-вимірювальний контроль є початковим і обов'язковим етапом оцінювання якості зварних з'єднань, який дає змогу своєчасно виявити поверхневі дефекти, порушення геометричних параметрів шва та інші відхилення від нормативних вимог.

Радіографічний контроль, у свою чергу, забезпечує виявлення внутрішніх дефектів зварних з'єднань, таких як непровари, пористість, тріщини, шлакові включення та інші несплошності, що можуть суттєво знизити надійність і довговічність трубопроводу. Застосування сучасних рентгенівських і гамма-дефектоскопічних установок, а також дотримання встановлених вимог щодо підготовки поверхні, маркування та оцінювання радіограм забезпечує високу точність контролю. Комплексне використання візуально-вимірювального та радіографічного контролю є необхідною умовою забезпечення належної якості зварних з'єднань.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цій роботі розглядається виконання капітального ремонту магістрального газопроводу. Основним місцем проведення ремонтних робіт є відкрита виробнича ділянка на відкритому повітрі. Виконання робіт передбачається у денний час доби.

4.1 Безпека виробничих процесів

У таблиці 4.1 наведено основні складові виробничого процесу, що є джерелами формування небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Таблиця 4.1 – Основні елементи виробничого процесу, що формують небезпечні та шкідливі фактори під час виконання ремонтних робіт на магістральному газопроводі [14].

Етапи виконання робіт	Найменування запроєктованих робіт і параметрів виробництва		
Полевий етап	Ремонтні роботи на магістральному газопроводі	Небезпечні фактори	Шкідливі фактори
		1. Рухомі машини та механізми виробничого обладнання (у тому числі вантажопідіймальна техніка). 2. Електрична дуга та розбризкування металу під час зварювання. 3. Підвищена вибухо- та пожежонебезпека. 4. Ураження електричним струмом. 5. Небезпека контакту з тваринами, комахами та плазунами.	1. Підвищений рівень шуму. 2. Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони. 3. Відхилення параметрів мікроклімату від нормативних значень.

Бригада лінійно-експлуатаційної служби (ЛЕС), що виконує ремонтні роботи на магістральному газопроводі, під час виїзду на вогневі роботи повинна бути повністю забезпечена спецодягом та засобами технічної безпеки відповідно до вимог «Правил безпеки під час виконання вогневих робіт на магістральних газопроводах».

До виконання робіт допускаються особи, які мають відповідну спеціальну освіту, пройшли медичний огляд, інструктаж з охорони праці та перевірку знань. Фахівці, що є безпосередніми керівниками або виконавцями робіт, зобов'язані проводити перевірку знань правил безпеки.

Перед початком виконання робіт результати перевірки мають бути внесені до «Журналу інструктажу на робочому місці».

Усі працівники бригади повинні знати та вміти самостійно надавати першу домедичну допомогу постраждалим. Бригада повинна бути забезпечена аптечкою першої медичної допомоги. Медичні засоби мають своєчасно поповнюватися у міру використання, а також з урахуванням термінів їх придатності.

4.1.1 Аналіз виробничих небезпек та заходи щодо їх зниження

Під час експлуатації будівельних машин і механізмів необхідно керуватися вимогами нормативних документів, а також інструкціями заводів-виробників.

Керівники організацій, що виконують будівельно-монтажні роботи із застосуванням будівельної техніки, зобов'язані призначати інженерно-технічних працівників, відповідальних за безпечне виконання цих робіт. До таких посад призначаються особи, які пройшли перевірку знань правил і інструкцій з безпечної експлуатації відповідних машин і механізмів.

Особи, відповідальні за технічний стан будівельних машин і механізмів, зобов'язані забезпечувати їх своєчасне технічне обслуговування та ремонт відповідно до вимог експлуатаційної документації заводу-виробника.

Перед початком виконання робіт із використанням машин і механізмів керівник робіт повинен визначити схему їх переміщення та місця встановлення, передбачити способи занулення або заземлення машин з електроприводом,

установити порядок взаємодії та систему сигналізації між машиністом (оператором) і працівником-сигнальником, який обслуговує техніку. За потреби також визначається місце розташування сигнальника та забезпечується належне освітлення робочої зони.

У зоні роботи машин і механізмів мають бути створені умови для достатнього огляду робочого простору та безпечного маневрування техніки. Якщо машиніст або оператор не має повного візуального контролю робочої зони чи не бачить сигнальника, який подає команди, між ними необхідно організувати двосторонній радіо- або телефонний зв'язок. Передача сигналів через проміжних сигнальників не допускається.

Значення сигналів, що подаються під час роботи або переміщення машин, механізмів чи обладнання, повинні бути завчасно доведені до відома всіх працівників, які беруть участь у виконанні робіт. У межах робочої зони необхідно встановлювати знаки безпеки та попереджувальні написи. Забороняється залишати обладнання або техніку з увімкненим двигуном без нагляду.

Стропування вантажів слід виконувати із застосуванням інвентарних стропів або спеціальних вантажозахоплювальних пристроїв, виготовлених відповідно до затвердженої проєктної документації. Обрані способи стропування мають забезпечувати надійну фіксацію вантажу та унеможливити його падіння або зміщення під час переміщення.

Розміщення та укладання вантажів на транспортні засоби повинно гарантувати їх стійке положення, а також забезпечувати безпечність транспортного засобу під час навантаження, перевезення та розвантаження.

Під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт забороняється здійснювати стропування вантажу, що перебуває у нестійкому положенні, а також переміщувати чи поправляти стропувальні пристрої на вже піднятому вантажі.

Такелажне оснащення (прядив'яні канати, сталеві троси, стропи, ланцюги) та вантажопідіймальні механізми (талі, лебідки, крани), які використовуються

під час експлуатації та ремонту, повинні проходити обов'язкову перевірку і мати клейма або бирки із зазначенням допустимого навантаження, дати проведеного та наступного випробування [15].

Під час навантаження та розвантаження труб необхідно передбачати заходи, що унеможливають їх самовільне скочування зі штабелів або транспортних засобів.

До виробничих небезпек відносяться електрична дуга та металеві іскри під час зварювання. До виконання зварювальних робіт на газопроводах і газонебезпечному обладнанні допускаються лише зварники, які пройшли спеціальне курсове навчання, перевірку знань (атестацію) та отримали посвідчення на право виконання зварювальних робіт відповідним способом, у визначених просторових положеннях і для типів металу, що відповідають умовам майбутнього зварювання.

Зварники та їхні помічники зобов'язані виконувати роботи із застосуванням необхідних засобів індивідуального захисту. Зокрема, вони повинні бути забезпечені спеціальним одягом, спецвзуттям, а також користуватися захисними щитками або зварювальними масками.

Під час виконання стельового зварювання зварник додатково повинен використовувати азбестові або брезентові нарукавники для захисту рук від впливу бризок розплавленого металу та термічних опіків.

Під час зварювання кольорових металів і сплавів, до складу яких входять цинк, мідь або свинець, зварник зобов'язаний додатково використовувати відповідний засіб захисту органів дихання — протигаз. Газорізальники повинні виконувати роботи лише в захисних окулярах, оснащених спеціальними світлофільтрами. Очищення зварних швів від шлаку та грата необхідно проводити виключно в захисних окулярах для запобігання травмуванню очей.

Для подачі струму до електродотримача слід використовувати тільки гнучкі ізольовані кабелі, надійно захищені від механічних пошкоджень. Використання проводів із пошкодженою або порушеною ізоляцією суворо забороняється.

Зварювальне обладнання та допоміжні пристрої необхідно розміщувати на відстані не менше 20 м від місця виконання вогневих робіт. Після завершення робіт або у разі тимчасової перерви електрозварювальний апарат обов'язково має бути вимкнений від джерела живлення.

Основними джерелами небезпеки ураження електричним струмом під час виконання ремонтних робіт є електричні кабелі, зварювальне обладнання та інші допоміжні електротехнічні пристрої, що працюють від електромережі.

Електричний удар являє собою вплив електричного струму на живі тканини організму, що супроводжується мимовільним скороченням м'язів. Проходячи через тіло людини, електричний струм чинить комплексну дію, зокрема термічну, електролітичну та біологічну, що може призвести до важких травм або становити загрозу для життя.

Безпечне виконання робіт забезпечується впровадженням комплексу організаційно-технічних заходів, серед яких:

- встановлення захисних огорожень у місцях розташування струмопровідних елементів;
- надійна ізоляція струмопровідних частин та постійний контроль її технічного стану. Відповідно до вимог ПУЕ, опір ізоляції повинен становити не менше 0,5–10 Ом·м;
- застосування захисного заземлення електрообладнання;
- використання знаків безпеки та попереджувальних плакатів у зонах підвищеної електробезпеки [16].

До складу ремонтної бригади обов'язково входить електрик. До роботи з електрообладнанням допускаються лише працівники, які пройшли спеціальну професійну підготовку та мають відповідну групу допуску з електробезпеки згідно з чинним переліком професій і посад працівників служби ЛЕС, для яких передбачено відповідний рівень кваліфікації з електробезпеки. Увесь персонал бригади перед початком робіт проходить обов'язковий інструктаж з питань електробезпеки.

Усі металеві корпуси зварювальних апаратів повинні бути надійно заземлені, що забезпечує захист працівників від ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції. Електропроводка, яка використовується під час виконання робіт, має бути справною та мати цілісну ізоляцію без механічних пошкоджень.

Штепсельні розетки, вилки та інші елементи електричних з'єднань повинні перебувати в технічно справному стані. Біля кожної розетки обов'язково має бути нанесене чітке маркування із зазначенням величини робочої напруги для запобігання помилковому підключенню обладнання [16].

4.1.2 Дослідження шкідливих виробничих факторів та заходи щодо їх усунення

Джерелами підвищеного шуму під час виконання ремонтних робіт є транспортні засоби та виробниче обладнання, зокрема крани-трубоукладачі, екскаватори, шліфувальні машини та інші механізми. З метою захисту працівників від шкідливого впливу шуму вони повинні використовувати індивідуальні засоби захисту органів слуху, зокрема захисні навушники або протишумові вкладиші.

Підвищений рівень шуму негативно впливає на умови праці та загальний стан працівників. Його тривалий вплив ускладнює сприйняття мовної інформації, знижує концентрацію уваги, підвищує рівень втомлюваності та може спричиняти стійкі патологічні зміни органів слуху, аж до часткової або повної втрати слухової чутливості. Тому дотримання нормативних вимог щодо шумового захисту є важливою складовою забезпечення безпечних умов праці.

У разі перевищення гранично допустимих рівнів шуму працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту органів слуху, такими як протишумні навушники, шоломи або спеціальні протишумові вкладиші.

Засоби індивідуального захисту органів слуху необхідно підбирати з урахуванням частотного спектра шуму на робочому місці. Працівники, які використовують такі засоби захисту, повинні бути обов'язково проінструктовані

щодо правил їх правильного застосування, а також способів перевірки їх справності.

Під час виконання електрозварювальних і газополумєневих робіт рівень шуму не повинен перевищувати значень, встановлених чинними нормативними документами.

Ступінь шкідливості та небезпечності умов праці при впливі віброакустичних факторів визначається з урахуванням їхніх часових характеристик (постійний або непостійний шум, вібрація тощо). Клас умов праці при дії виробничого шуму встановлюється на основі гігієнічної оцінки, враховуючи тяжкість і напруженість трудового процесу. Гранично допустимі рівні шуму на робочих місцях визначаються з урахуванням цих показників.

Для встановлення допустимого рівня шуму для конкретного робочого місця необхідно провести кількісну оцінку тяжкості та напруженості праці працівника.

Відповідно до [13], нормативне регулювання шумового навантаження здійснюється згідно з вимогами ДБН В.1.1-31:2013, у якому встановлено допустимі рівні шуму для різних функціональних зон виробничих об'єктів.

Таблиця 4.1 - Гранично-допустимі рівні звукового тиску

Характеристика виробничого середовища:		Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц						Рівень звуку та еквівалентний рівень звукового тиску, дБА		
Постійне робоче місце	На території виробничого майданчика	68	183	251	505	1001	2005	4004	8004	82
	У виробничому приміщенні	97	91	85	87	81	76	72	75	

Оцінювання умов праці при впливі постійного шуму здійснюється за результатами вимірювання рівня звуку в дБА за шкалою «А» шумоміра при часовій характеристиці «повільно». Постійним вважається шум, рівень якого

протягом робочої зміни змінюється не більше ніж на 5 дБА при вимірюванні в режимі «повільно».

Оцінювання умов праці при впливі непостійного шуму виконується за результатами вимірювання еквівалентного рівня звуку за зміну (за допомогою інтегруючого шумоміра) або шляхом розрахунку.

Непостійний шум — це шум, рівень звуку якого протягом робочого дня (зміни) змінюється у часі більш ніж на 5 дБА при вимірюванні за часовою характеристикою шумоміра «повільно».

У разі впливу на працівника протягом зміни шумів різного характеру (постійного та непостійного — коливного, переривчастого, імпульсного), а також різних спектральних характеристик (зокрема тонального) у різних поєднаннях, здійснюють вимірювання або розрахунок еквівалентного рівня звуку.

Для забезпечення порівнянності отриманих результатів еквівалентні рівні імпульсного та тонального шуму, визначені під час вимірювань або розрахунків, необхідно підвищити на 5 дБА. Після цього отримані значення допускається порівнювати з гранично допустимими рівнями без застосування додаткових знижувальних поправок.

Для вимірювання рівня шуму використовують шумоміри. Вимірювання шуму на робочих місцях проводиться під час роботи ввімкненого обладнання та діючих механізмів. Такі вимірювання здійснюються періодично службою охорони праці та полягають у визначенні рівня звукового тиску на різних частотах з подальшим порівнянням отриманих результатів із встановленими нормативними значеннями.

У процесі трудової діяльності електрозварник зазнає впливу комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів фізичної та хімічної природи. До них належать інфрачервоне випромінювання, зварювальний аерозоль, іскри та бризки розплавленого металу і шлаку. Саме ці чинники можуть спричинити професійні захворювання та виробничі травми.

Інші шкідливі фактори, такі як гази, шум, електромагнітні поля та утворення аероіонів, мають менший вплив і, як правило, не є основною причиною розвитку професійних захворювань.

Спектр випромінювання зварювальної дуги охоплює інфрачервону (3430–760 нм), видиму (760–400 нм) та ультрафіолетову (400–180 нм) частини. При цьому частка інфрачервоного випромінювання становить приблизно 30–70 % загальної енергії дуги. Саме інфрачервоні промені можуть спричиняти професійне захворювання — катаракту.

Видиме світло зварювальної дуги є надзвичайно яскравим і нестерпним для тривалого спостереження, тому необхідність використання світлофільтрів є обов'язковою та загальновизнаною серед зварників.

Найбільш небезпечним з точки зору охорони праці є ультрафіолетове випромінювання. Навіть короточасний вплив ультрафіолетових променів на незахищені очі може призвести до опіку рогівки та розвитку електроофтальмії.

Зварювальний аерозоль являє собою сукупність найдрібніших частинок, що утворюються внаслідок конденсації парів розплавленого металу, шлаку та покриття електродів. Його склад безпосередньо залежить від матеріалів, які використовуються під час зварювання, а також від складу металу, що зварюється.

Через надзвичайно малий розмір частинок (іноді менше 1 мкм) зварювальний аерозоль легко проникає у глибокі відділи легень — альвеоли. Частина цих частинок затримується у легеневій тканині, що може призводити до розвитку професійного захворювання — пневмоконіозу зварника, а інша частина потрапляє в кровоносну систему.

Щоб запобігти шкідливому впливу виробничих факторів, характерних для електрозварювання, необхідно уникати опромінення очей і відкритих ділянок шкіри зварювальною дугою, захищати їх від потрапляння іскор, бризок металу та шлаку, а також запобігати вдиханню зварювального аерозолю.

Працівники, які виконують газополуменеві та електрозварювальні роботи, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до

чинних Правил забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

Вибір конкретних видів засобів індивідуального захисту здійснюється залежно від характеру виконуваних робіт, а також від застосовуваних матеріалів і речовин. Засоби захисту, що видаються працівникам індивідуально, повинні постійно знаходитися при них під час виконання робіт або на їх робочому місці.

Підбір засобів індивідуального захисту визначається рівнем забруднення повітря робочої зони та поверхонь виробів токсичними речовинами, інтенсивністю шуму і вібрації, ступенем електробезпеки, мікрокліматичними умовами на робочому місці, а також специфікою виконуваних операцій.

Засоби індивідуального захисту органів дихання застосовуються у випадках, коли вентиляційні системи не забезпечують необхідного рівня чистоти повітря у робочій зоні.

Вибір засобів індивідуального захисту обличчя та органів зору повинен здійснюватися з урахуванням методів, режимів і виду виконуваних робіт, інтенсивності випромінювання, а також індивідуальних особливостей зору працівника.

Для захисту очей від випромінювання, іскор, бризок розплавленого металу та пилу необхідно використовувати захисні окуляри типів ЗП і ЗН. Підбір захисних окулярів здійснюється відповідно до вимог чинних нормативних документів. Також допускається застосування світлофільтрів.

Під час ручного та механізованого газового різання, ручного зварювання, газової строжки, виплавлення дефектів металу та нагрівання виробів газозварники і газорізальники повинні бути забезпечені закритими захисними окулярами зі склом типу ТС-2 та світлофільтрами ступеня затемнення: ГС-3 — при використанні пальників з витратою ацетилену до 750 л/год, ГС-7 — до 2500 л/год і ГС-12 — понад 2500 л/год.

Допоміжним працівникам, які працюють безпосередньо зі зварником, різальником або виконавцем наплавлення (ПН), рекомендується

використовувати захисні окуляри зі склом марки СС-14 із світлофільтрами типу П-1800.

Для захисту обличчя під час зварювання, різання, загартування, зачищення, нагрівання та наплавлення працівники повинні бути забезпечені захисними щитками. Для газополумневих операцій і наплавлення рекомендується застосовувати такі типи щитків:

- НФ — щиток з наголовним кріпленням, корпус якого є світлофільтруючим;
- КФ — щиток, що кріпиться на каску, також зі світлофільтруючим корпусом;
- РФ — щиток з ручкою та світлофільтруючим корпусом.

Спеціальний одяг повинен бути безпечним, зручним, не обмежувати рухів працівника та не викликати дискомфорту. Він має надійно захищати від іскор і бризок розплавленого металу, нагрітих елементів, вологи, виробничих забруднень і механічних пошкоджень, а також відповідати санітарно-гігієнічним вимогам та умовам праці.

Під час виконання зварювальних, наплавлювальних і різальних робіт, а також при температурі навколишнього середовища понад 50 °С спецодяг повинен забезпечувати ефективний теплозахист працівника.

Для захисту рук під час зварювання, наплавлення, наплавного ремонту (ПН) та різання працівники повинні забезпечуватися рукавицями, рукавицями з крагами або захисними рукавичками, виготовленими з іскростійких матеріалів із низькою електропровідністю.

Забороняється використовувати рукавиці та спеціальний одяг із синтетичних матеріалів (лавсан, капрон тощо), оскільки вони не забезпечують необхідного рівня захисту. Такі матеріали руйнуються під дією випромінювання зварювальної дуги, можуть займатися від іскор і бризок розплавленого металу, а також плавитися при контакті з нагрітими поверхнями.

Для захисту ніг від опіків, спричинених бризками розплавленого металу, механічних ушкоджень, переохолодження під час роботи на відкритому повітрі

в зимовий період, перегрівання під час зварювання підігрітих виробів, а також від ураження електричним струмом (особливо при роботі в замкнених просторах, резервуарах і відсіках) працівники повинні бути забезпечені спеціальним захисним взуттям. Використання спецвзуття з відкритою шнурівкою або з металевими цвяхами не допускається. [14]

Природний газ є безбарвним, значно легшим за повітря та малотоксичним за умови, що не містить шкідливих домішок понад допустимі норми. Якщо газ очищений відповідно до встановлених вимог, його властивості майже не відрізняються від властивостей метану.

Домішки важких вуглеводнів змінюють фізико-хімічні характеристики природного газу: підвищують його густину, знижують температуру займання (нижню концентраційну межу вибуховості), а отже — зменшують допустимий вміст газу в повітрі робочої зони. При значному вмісті таких домішок газ може набувати запаху, подібного до бензину, а також знижується мінімальна енергія його займання.

За підвищеної концентрації природного газу в повітрі зменшується вміст кисню, унаслідок чого суміш починає проявляти токсичний і задушливий ефект уже при нижчих концентраціях газу.

Перед початком та під час виконання вогневих робіт, у разі можливого виділення скраплених вуглеводневих газів (далі — СВГ), у приміщеннях, а також у зоні радіусом 20 м від продувних свічок і робочого місця, необхідно проводити контроль повітряного середовища на вміст СВГ не рідше ніж кожні 30 хвилин.

Об'ємна частка газу в повітрі не повинна перевищувати 20 % нижньої концентраційної межі поширення полум'я. Для парів пропану нижня концентраційна межа становить 2,1 %, для парів нормального бутану — 1,5 %.

Відбір проб повітря слід здійснювати в місцях із найгіршими умовами вентиляції, де накопичення газів є найбільш імовірним.

У разі виявлення у повітрі парів СВГ, незалежно від їх концентрації, вогневі роботи повинні бути негайно припинені. Ремонтні роботи дозволяється відновлювати лише після усунення витоків газу та підтвердження шляхом

аналізу відсутності небезпечних концентрацій газу в повітрі робочої зони. Якщо концентрація газу в повітрі робочої зони перевищує гранично допустиме значення 300 мг/м^3 , роботи з ліквідації та усунення витоків повинні виконуватися із застосуванням шлангових протигазів. Усунення витоків газу на працюючому технологічному обладнанні здійснюється з обов'язковим дотриманням підвищених заходів безпеки та використанням відповідних засобів індивідуального захисту.

При несприятливих метеорологічних умовах на робочому місці усім членам бригади видається спеціальний одяг, що відповідає сезонним умовам праці.

У літній період працівникам надається бавовняний костюм безвітряного типу з водовідштовхувальним покриттям, протиенцефалітний костюм, а також кирзові чоботи. У зимовий період використовується утеплена куртка, зимовий костюм із пристібною теплоізоляційною підкладкою, що забезпечує захист від низьких температур та несприятливих погодних умов.

На будівельних майданчиках і робочих ділянках необхідно передбачати загальне рівномірне освітлення. При цьому рівень освітленості повинен становити не менше 2 лк незалежно від типу джерел світла, за винятком автомобільних доріг. Під час підйому або переміщення вантажів освітленість робочої зони повинна бути не нижчою за 5 лк при виконанні робіт вручну та не менше 10 лк при використанні машин і механізмів.

4.1.3 Пожежна та вибухова безпека

Пожежна профілактика охоплює комплекс заходів, спрямованих на запобігання виникненню пожеж і вибухів. Вона реалізується за допомогою різних рішень, зокрема технологічних, будівельних та організаційно-технічних.

Забезпечення пожежної профілактики є ключовим елементом системи пожежо- та вибухобезпеки об'єктів, тому питанням захисту від пожеж і вибухів приділяється першочергова увага.

Під час виникнення пожежі на людину можуть впливати такі небезпечні фактори:

- висока температура повітря та нагрітих поверхонь;
- відкрите полум'я та іскри;
- зниження концентрації кисню в повітрі;
- вибухові явища;
- токсичні продукти горіння та задимлення.

Основними причинами виникнення пожеж на виробництві є порушення технологічного режиму роботи обладнання, несправність електрообладнання, самозаймання різних матеріалів та інші фактори. Імовірність виникнення пожежі або вибуху протягом року не повинна перевищувати 10^{-6} (однієї мільйонної). Для запобігання пожежам і вибухам необхідно виключити утворення горючого та вибухонебезпечного середовища, а також запобігти появі в ньому джерел займання. За рівнем пожежної небезпеки технологічний процес відноситься до категорії А. Відповідальність за забезпечення пожежної безпеки під час будівництва магістрального газопроводу покладається на керівника вогневих робіт. Відповідний наказ доводиться до відома всіх працівників, залучених до виконання вогневих робіт, і вони ознайомлюються з ним під підпис.

Забезпечення пожежної безпеки під час виконання вогневих робіт покладається на особу, призначену відповідним наказом відповідальною за їх проведення. Якщо роботи одночасно здійснюються на кількох ділянках, окремим наказом визначається відповідальна особа, яка контролює виконання комплексу заходів із забезпечення пожежної безпеки на всіх робочих місцях.

Працівники, які залучаються до виконання вогневих робіт, зобов'язані щорічно проходити спеціальне навчання з питань пожежно-технічного мінімуму з подальшою перевіркою знань у формі складання іспиту. Це є обов'язковою умовою допуску персоналу до виконання робіт підвищеної пожежної небезпеки.

Огляд місця виконання робіт та погодження наряду-допуску на проведення вогневих робіт здійснюють:

- інженери з пожежної безпеки, цивільного захисту та надзвичайних ситуацій;
- командири підрозділів відомчої пожежної охорони;

– особи, відповідальні за забезпечення пожежної безпеки філії (у разі відсутності у штаті інженерів з пожежної безпеки, цивільного захисту та НС або командирів підрозділів відомчої пожежної охорони).

За відсутності належним чином оформленого наряду-допуску або у випадку порушення встановлених вимог пожежної безпеки виконання робіт має бути негайно припинене до повного усунення виявлених порушень. Місця виконання вогневих робіт необхідно забезпечувати достатньою кількістю первинних засобів пожежогасіння, зокрема вогнегасниками, лопатами та ємностями з водою.

У разі проведення вогневих робіт одночасно на двох і більше ділянках магістрального газопроводу обов'язковим є залучення пожежної техніки — пожежного автомобіля або мотопомпи. У межах небезпечної зони категорично забороняється паління, розведення багать та використання відкритого вогню.

Спеціалізоване обладнання і транспортні засоби, оснащені двигунами внутрішнього згоряння, повинні бути укомплектовані справними іскрогасниками, а їх електрообладнання та системи живлення мають перебувати у технічно справному стані [17].

Зварники та їхні помічники за необхідності можуть використовувати теплозахисні костюми з відбивальним покриттям. Усі працівники, безпосередньо залучені до виконання вогневих робіт, повинні бути забезпечені сертифікованим спеціальним одягом із термостійких матеріалів, що відповідає вимогам охорони праці та пожежної безпеки.

Зберігання та транспортування газових балонів дозволяється здійснювати лише за наявності захисних ковпаків, надійно нагвинчених на горловини балонів. Під час їх перевезення необхідно запобігати поштовхам, ударам та механічним пошкодженням. До місця виконання зварювальних робіт балони слід доставляти за допомогою спеціально призначених візків, нош або саней. Під час зберігання, транспортування та експлуатації газові балони повинні бути захищені від прямого сонячного випромінювання та впливу інших джерел тепла.

Після завершення вогневих робіт використані вогнегасники підлягають обов'язковому перезарядженню, пожежні автомобілі та мотопомпи — технічному обслуговуванню, а протипожежний інвентар — профілактичному догляду, який включає заточування, фарбування та інші необхідні роботи.

Кожен випадок пожежі, що виник унаслідок недотримання вимог пожежної безпеки під час проведення вогневих робіт, повинен бути детально розслідуваний спеціально створеною комісією з обов'язковим оформленням відповідного акта. За результатами розслідування розробляються додаткові профілактичні заходи, спрямовані на недопущення подібних ситуацій у майбутньому. За необхідності до чинних нормативних документів та інструкцій вносяться відповідні зміни й доповнення.

4.2 Екологічна безпека

Усі природоохоронні заходи під час будівництва магістрального газопроводу виконуються відповідно до затвердженої робочої проєктної документації. У процесі виконання будівельно-монтажних робіт необхідно неухильно дотримуватися вимог щодо охорони навколишнього природного середовища, забезпечення його екологічної рівноваги та недопущення порушення встановлених законодавством норм землекористування.

Будівельна організація, яка здійснює монтажні роботи, несе відповідальність за дотримання проєктних рішень у сфері захисту довкілля, а також за виконання чинних нормативно-правових актів з охорони природи.

Тимчасові автомобільні дороги та під'їзні шляхи повинні облаштовуватися з урахуванням вимог щодо збереження родючого шару ґрунту та недопущення пошкодження деревно-чагарникової рослинності.

Під час прокладання тимчасових доріг втрати рослинного шару мають бути мінімальними. Не рекомендується вирубування низькорослих чагарників уздовж смуги відведення, оскільки вони сприяють зміцненню ґрунту та виконують функцію природного фільтра поблизу водних об'єктів.

Найпростішим способом розчищення траси в умовах рідколісся є притискання рослинності до поверхні майбутньої дороги без її повного видалення. Ширина смуги відведення земельних ділянок на період будівництва та ремонту магістральних трубопроводів визначається проектною документацією відповідно до чинних норм землевідведення для магістральних трубопроводних систем.

Виконання будівельно-монтажних робіт, пересування техніки й механізмів, а також складування та зберігання матеріалів у місцях, не передбачених проектом виконання робіт, категорично забороняється. Заходи, спрямовані на запобігання ерозійним процесам, утворенню ярів, а також протиобвальним і протизсувним явищам, повинні реалізовуватися виключно відповідно до затверджених проектних рішень.

Під час вибору методів і засобів механізації для виконання робіт необхідно забезпечувати мінімальний рівень утворення відходів у процесі виробництва. Це може досягатися шляхом перероблення деревних залишків у технологічну щепу, багаторазового використання води під час очищення внутрішньої порожнини трубопроводу та проведення його гідравлічних випробувань, а також застосування інших ресурсозберігаючих технологій.

Родючий шар ґрунту на ділянках, відведених під траншеї та котловани, до початку основних земляних робіт необхідно знімати та складувати у відвали для подальшого відновлення земель у процесі рекультивації.

Під час виконання зазначених робіт слід неухильно дотримуватися вимог проекту рекультивації земель, а також чинних нормативних документів, що регламентують порядок відновлення земельних ресурсів, порушених унаслідок будівництва магістральних трубопроводів та інших інженерних робіт.

Зняття, транспортування, зберігання й подальше нанесення родючого шару ґрунту повинні здійснюватися із застосуванням технологій, які запобігають погіршенню його якісних характеристик і виключають втрати ґрунту під час переміщення та складування. Використання родючого шару ґрунту для

облаштування підсіпок, перемичок та інших тимчасових земляних споруд, що застосовуються у будівельних цілях, забороняється.

Скидання у річки, озера та інші водні об'єкти води, витісненої з трубопроводу, допускається лише після її попереднього очищення відповідно до встановлених екологічних вимог.

Після завершення основного комплексу будівельних робіт підрядна організація зобов'язана відновити водовідвідні канали, дренажні системи, снігозатримувальні споруди та автомобільні дороги, розташовані в межах смуги відведення або такі, що її перетинають. Крім того, необхідно привести рельєф місцевості до проєктного стану або максимально відновити його природний вигляд [13].

4.2.1 Природоохоронні заходи

Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та скорочення витрат, пов'язаних із компенсацією екологічних збитків під час проведення ремонтних робіт на магістральному газопроводі, необхідно передбачити виконання таких заходів:

1. Використання спеціальних ємностей для збору відпрацьованих паливно-мастильних матеріалів, побутових і виробничих відходів.
2. Оснащення пересувних резервуарів пристроями, що унеможливають розлив паливно-мастильних матеріалів під час транспортування та заправлення техніки.
3. Неухильне дотримання встановлених вимог щодо виконання робіт у межах водоохоронних зон.
4. Проведення заходів з озеленення та благоустрою територій водоохоронного призначення.
5. Своєчасне збирання, вивезення та утилізація виробничих і побутових відходів у місцях роботи ремонтної бригади.
6. Дотримання правил пожежної безпеки, особливо в безсніжний період, коли існує підвищена небезпека виникнення загорянь.

Таблиця 4.2 – Негативний вплив гідрогеоecологічних робіт на навколишнє середовище та заходи щодо його мінімізації

Компоненти довкілля та природно-ресурсний потенціал	Шкідливі екологічні чинники	Природоохоронні заходи щодо їх мінімізації
Земельні ресурси	<p>1. Пошкодження та часткове знищення ґрунтового покриву, сільськогосподарських земель та інших територій.</p> <p>2. Засмічення поверхні ґрунту промисловими відходами, сміттям і сторонніми матеріалами.</p> <p>3. Порушення природного рельєфу місцевості, підвищення ризику розвитку ерозійних процесів і знищення рослинності.</p>	<p>1. На період проведення запланованих робіт передбачається тимчасове відведення земель із подальшою рекультивацією.</p> <p>2. Застосовуються технології та транспортні засоби, що знижують негативний вплив на довкілля.</p> <p>3. Не допускається виконання робіт, які спричиняють руйнування чи порушення цілісності родючого шару ґрунту.</p>
Лісові ресурси	<p>Шкідливі впливи:</p> <p>1. Порушення, забруднення та деградація ґрунтового покриву лісових територій.</p> <p>2. Підвищена ймовірність виникнення та поширення лісових пожеж.</p>	<p>Природоохоронні заходи:</p> <p>1. У водоохоронних зонах забороняється вирубування лісових насаджень.</p> <p>2. Не допускається розпалювання вогню поблизу лісових масивів.</p>
Вода та водні ресурси	<p>Негативний вплив:</p> <p>1. Забруднення водних об'єктів сміттям та відходами.</p>	<p>Природоохоронні заходи:</p> <p>1. У межах водоохоронних зон забороняється складування деревини, відходів виробництва та сміття, а також стоянка, заправка паливом, миття й ремонт тракторної та всюдихідної техніки, а також виконання земляних робіт.</p>
Тваринний світ	<p>Негативний вплив:</p> <p>1. Порушення природних місць існування тварин і риб, їхній переляк, а також випадкове знищення представників фауни.</p> <p>2. Незаконне полювання та рибальство (браконьєрство).</p>	<p>Природоохоронні заходи:</p> <p>1. Полювання на дичину та рибальство дозволяються лише особам, які мають відповідні дозволи, із суворим дотриманням встановлених термінів і правил.</p> <p>2. Передбачається обмеження кількості перетинів струмків та водотоків транспортними засобами.</p>

4.3 Забезпечення безпеки при надзвичайних ситуаціях

До найбільш імовірних та небезпечних надзвичайних ситуацій належать пожежі й вибухи на виробництві.

Основні заходи передбачають:

- недопущення утворення вибухонебезпечних газоповітряних сумішей на території резервуарних парків та виключення появи джерел займання;
- використання систем аварійного захисту, які запобігають неконтрольованому витоку газу з трубопроводів та обладнання;
- організацію підготовки персоналу щодо запобігання, виявлення, локалізації та ліквідації аварійних ситуацій, витоків газу, а також пожеж і загорянь.

Надзвичайні ситуації (НС) — це стан на певній території, що формується внаслідок аварій, небезпечних природних явищ, катастроф, стихійних лих або інших подій, які можуть спричинити загибель людей, шкоду їхньому здоров'ю чи довкіллю, значні матеріальні втрати та порушення нормальних умов життєдіяльності населення.

Основне завдання під час надзвичайних ситуацій полягає у забезпеченні захисту населення від можливих уражаючих факторів. Воно досягається шляхом розміщення людей у захисних спорудах, організації евакуації з населених пунктів, а також забезпечення засобами індивідуального захисту від зброї масового ураження.

У сучасних умовах система захисту включає комплекс заходів, що передбачає три основні напрями:– укриття населення у захисних спорудах; – розосередження та евакуацію людей;– забезпечення засобами індивідуального захисту.

Радіоактивне забруднення території, водних ресурсів і повітряного середовища виникає внаслідок випадіння радіоактивних речовин із хмари ядерного вибуху. Місцевість вважається зараженою за рівня радіації від 0,5 р/год і вище. Рівень забруднення предметів, техніки та шкірних покривів людини визначається в мілірентгенах на годину.

Характерною особливістю радіоактивного зараження є поступове зниження рівня радіації з часом унаслідок розпаду радіоактивних речовин, що випали після вибуху. Потрапляння радіоактивних речовин в організм людини призводить до опромінення, яке може викликати розвиток променевої хвороби.

На промислових об'єктах будівлі здатні частково захищати персонал від радіаційного впливу у разі забруднення території та повітряного середовища. Максимально допустимий рівень радіоактивного забруднення обладнання становить 200 мР/год. За такої інтенсивності опромінення дозволяється експлуатація обладнання без загрози для здоров'я працівників [11].

Висновки до розділу 4

У розділі «Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях» комплексно розглянуто вимоги до безпечного виконання робіт під час капітального ремонту магістрального газопроводу. Встановлено, що основні виробничі процеси супроводжуються дією значної кількості небезпечних і шкідливих факторів, зокрема механічних, електричних, термічних, хімічних та шумових, які потребують системного контролю та управління ризиками.

Обґрунтовано організаційні та технічні заходи щодо забезпечення безпеки праці, включаючи підготовку персоналу, допуск до робіт, використання засобів індивідуального та колективного захисту, а також дотримання регламентів виконання зварювальних, вантажопідіймальних та електротехнічних робіт. Окрему увагу приділено заходам щодо зниження впливу шуму, вібрації та інших шкідливих факторів виробничого середовища.

Розглянуто питання пожежної та вибухової безпеки, визначено основні причини виникнення аварійних ситуацій та заходи їх попередження, включаючи організацію пожежної профілактики, оснащення об'єктів засобами пожежогасіння та підготовку відповідального персоналу.

Проаналізовано екологічну безпеку будівельно-ремонтних робіт і визначено природоохоронні заходи, спрямовані на мінімізацію негативного

впливу на земельні, водні, лісові ресурси та тваринний світ, а також на забезпечення рекультивації порушених територій.

Визначено основні види надзвичайних ситуацій, принципи захисту населення та персоналу, а також заходи щодо запобігання та ліквідації аварій, включаючи захист від пожеж, вибухів і радіоактивного забруднення.

ВИСНОВОК

У ході виконання кваліфікаційної роботи було комплексно розглянуто питання діагностики та ремонту магістральних газопроводів, а також виконано організаційне обґрунтування основних технологічних рішень.

У результаті дослідження встановлено, що ефективність та безаварійність експлуатації магістральних трубопроводів значною мірою залежать від своєчасного та якісного проведення капітального ремонту. Проаналізовано основні етапи ремонтних робіт із застосуванням методу врізки «катушки», що дозволяє забезпечити надійне відновлення працездатності трубопровідної системи.

Обґрунтовано вибір зварювального обладнання та виконано розрахунок режимів зварювання, що забезпечують необхідну якість зварних з'єднань. Проведено економічну оцінку вартості одного зварного з'єднання при виконанні ручного дугового зварювання, що дає можливість оцінити доцільність застосування даної технології з точки зору витрат.

Здійснено аналіз виробничої та екологічної безпеки під час проведення ремонтних робіт, визначено основні ризики та запропоновано заходи щодо їх мінімізації.

Підвищення ефективності ремонту магістральних газопроводів можливе лише за умови комплексного підходу, який включає оптимізацію технологічних процесів, удосконалення організації виробництва та раціональне використання ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Трубопровідний транспорт газу/ М.П.Ковалко та ін. Київ:-АренаЕКО, - 2002. 600 с.
2. Касперович В.К. Трубопровідний транспорт газу. Івано-Франківськ: Факел, 1999. 198 с.
3. Дорошенко Я. В. Спорудження магістральних. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2010. 563 с.
4. Пилипів Л. Д. Основи нафтогазової справи : навч. посіб. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2012. 312 с.
5. Довідник з нафтогазової справи / за ред. В. С. Бойко, Р. М. Кондрат, Р. С. Яремійчук. Львів, 1996. 620 с.
6. Основи нафтогазової справи / В. С. Білецький та ін. В. Полтава : ПолтНТУ, Київ : ФОП Халіков Р.Х., 2017. 312 с.
7. Попадюк Р. М., Солончак, Я. В. Збір і підготовка нафтопромислової продукції :навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2009. 194 с.
8. Експлуатаційникові газонафтового комплексу: довідник /В. В. Розгонюк та ін. К. : Росток, 1998. 430 с.
9. ДСТУ ENV 25349-2001 Вібрація механічна. Настанови щодо вимірювання та оцінки дії локальної вібрації на людину. Чинний від 2003-01-01. Вид. офіц. Київ : Технічний комітет «Безпека промислової продукції та засоби індивідуального захисту працюючих» (ТК 135), 2001.
10. ДБН В.1.1-31 Захист територій, будинків і споруд від шуму. Чинний від 2014-06-01. Вид. офіц. КИЇВ : ДП «НДІБК», 2013.
11. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі

зведення та експлуатації об'єктів будівництва. Чинний від 2007-12-01. Вид. офіц. Київ : НДІБВ, 2007.

12. ДСТУ 7302:2013 Статична електрика. Терміни та визначення основних понять. Чинний від 2014-01-01. Вид. офіц. Київ : ДІКТЕД, 2013.

13. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ : станом на 12 вер. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 09.06.2026).

14. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Чинний від 1999-12-01. Вид. офіц. Київ : Міністерство охорони здоров'я, 1999.

15. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Чинний від 2001-06-21. Вид. офіц. Київ : Міністерство праці та соціальної політики України, 2001.

16. НАПБ В.01.056-2005/111 Правила будови електроустановок. Протипожежний захист електроустановок. Чинний від 2005-05-11. Вид. офіц. Київ : ДНДПДТІ «Енергоперспектива», 2005.

17. НПАОП 0.00-5.12-01 Інструкція з організації безпечного ведення вогневих робіт на вибухопожежонебезпечних та вибухонебезпечних об'єктах. Чинний від 2001-06-23. Вид. офіц. Київ : Міністерство праці та соціальної політики України, 2001.