

УДК 622.691.4

DOI: 10.31471/2304-7399-2022-17(64)-179-189

## СУЧАСНІ МЕТОДИ РЕМОНТУ ТРУБОПРОВОДІВ

**Р. Т. Мартинюк, О. Т. Чернова**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;  
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;  
тел. +38(0342)72-71-38; e-mail: snp@iunq.edu.ua*

*На етапах проведення обслуговування і ремонту трубопровідних систем виникає необхідність застосування безвогневого врізання в діючі трубопроводи, зокрема при необхідності під'єднання камер прийому та пуску очисних поршнів та під час ремонту трубопроводу із повною заміною тіла труби без зупинки транспортування продукту. Також безвогневе врізання ефективно застосовується з метою під'єднання трубопроводів-відводів під час розвитку трубопровідних систем.*

*Одним із прогресивних напрямків удосконалення обслуговування та ремонту трубопроводів є розробка методів врізання, які б забезпечували високу ефективність та екологічність проведення робіт. Однак успішне їх застосування неможливе без теоретичного та експериментального дослідження процесу приварювання патрубків-відводів до діючого трубопроводу.*

**Ключові слова:** *шліфування, наплавлення, дефекти, перекиваючі пристрої, трубопровід, наскрізні вікна, композитний матеріал, зажим.*

### **Актуальність теми**

Газотранспортний комплекс України на даний час знаходиться на етапі формування єдиної газотранспортної системи, яка включає ряд газотранспортних систем і магістральних газопроводів, з'єднаних перемичками, що утворюють за кільцьовану мережу. Створення і розвиток газотранспортної мережі немислимі без приєднання газопроводів-відводів до газотранспортних магістралей. Прогресивними в плані розвитку газотранспортної мережі вважаються методи врізання в діючий газопровід без зупинки перекачування і стравлювання тиску. В такому випадку досягається не тільки значний вигравш у часі проведення технологічної операції, але й економія енергоресурсів і зменшення рівня забруднення атмосфери.

Крім того, старіння магістральних трубопроводів призводить до зростання частоти відновлювальних та профілактичних ремонтів лінійної частини, які доцільно проводити без зупинки перекачування продукту. Локалізація місця проведення ремонту на лінійній частині вимагає застосування спеціальних механічних пристроїв, що рухаються в пото-

ці продукту до місця дефекту і зупиняється стопорним пристроєм, який вірізається в трубопровід під тиском.

З метою проведення реконструкції і розвитку трубопровідних систем, а також для проведення ремонтів лінійної частини без зупинки перекачування продукту виникає необхідність у створенні техніки і технології безвогневого вірізання в діючі трубопроводи під тиском.

Слід зауважити, що процес вірізання в діючий трубопровід під тиском є надзвичайно складним і небезпечним. Для його практичної реалізації необхідно створити не тільки якісне обладнання, але й прогресивну технологію. Тому необхідні наукові дослідження в першу чергу теплових процесів в трубопроводі, викликаних зварювальною дугою, а також термopружності трубопровідної сталі, що обумовлює актуальність проблеми.

Регламентация методів ремонту газопроводів прийнятих у світовій практиці, складена вченими інституту Бателля і Едісонівського зварювального інституту (США) на основі аналізу норм і практики США, Канади, Англії та інших європейських країн. До основних методів ремонту, які застосовуються за межами нашої держави (табл. 1.) відносяться:

- а) шліфування або наплавлення приповерхневих дефектів глибиною від 10 до 12 % від товщини стінки;
- б) механічні зажими для усунення наскрізних дефектів;
- в) сталеві півмуфти і накладки у випадку, коли небезпека аварії невелика;
- г) зміцнюючі муфти типу А і герметичні муфти типу Б;
- д) муфти з високоміцної стрічки композитного матеріалу на основі скловолокна, які намотуються з натягом на місце дефекту труби – метод фірми Clock Spring [1].

Аналіз технологічних прийомів ремонту наскрізних дефектів газопроводу дозволяє виділити два перспективні методи: ремонт без зупинки транспортування газу і ремонт з відключенням ділянки газопроводу, що ремонтується, від основної нитки. Важливою умовою успішної реалізації цих варіантів є розробка надійних перекиваючих пристроїв, які б дозволили перекинути трубопровід в потрібному перерізі за відносно короткий проміжок часу і витримали б високий тиск, не менший ніж тиск транспортування.

На основі аналізу патентних та літературних матеріалів проведена систематизація існуючих перекиваючих пристроїв.

На рис. 1.1 наведена класифікація перекиваючих пристроїв, яка дозволяє оцінити перспективність і вибрати напрямок подальшої роботи, метою якої є створення обладнання для тимчасового перекидання трубопроводів.

Таблиця 1. Основні методи ремонту, які застосовуються у світовій практиці

Дефекти	Шліфування	Наплавлення	Муфта типу А	Муфта типу Б	Муфта з композитного матеріалу	Механічний зажим	Стальні півмуфти і накладки
Мала площа дефекту, малий діаметр	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Велика площа дефекту, великий діаметр	Ні	Ні	Так	Так	Установка декількох муфт	Установка декількох муфт	Ні
Дефект на плавному згині	Так	Так	Спец-конфігурація	Спец-конфігурація	Так	Так	Так
Дефект на різкому згині	Так	Так	Спец-конфігурація	Спец-конфігурація	Спецкор-фігурація	Ні	Ні
Тіч, одиничний випадок	Ні	Ні	Ні	Спецтех-нологія	Ні	Спецтех-нологія	Ні
Зовнішня корозія	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Поверхневий пітінг, менше 0,8δ	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Глибокий пітінг більше 0,8δ	Ні	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Ні
Внутрішній дефект, включаючи корозію	Ні	Ні	При відповідних умовах	Так	При відповідних умовах	Так	Ні
Вмятина	Ні	Ні	З наповнювачем	Так	З наповнювачем	Так	Ні
Поверхневі тріщини або подряпини, менше 0,4δ	Контроль	Зачистка	Так	Так	-	Так	Так
Глибокі тріщини або подряпини, більше 0,4δ	Ні	Ні	Ні	Так	Ні	Так	Ні
Дефект в поздовжньому шві труби або поблизу нього	Ні	Ні	Ні	Спец-муфта	Ні	Спец-муфта	Ні

Продовження таблиці 1.

Дефекти	Шліфування	Наплавлення	Муфта типу А	Муфта типу Б	Муфта з композитного матеріалу	Механічний захим	Стальні пімуфти і накладки
Стрес-корозія	Контроль	Зачистка	Так	Так	-	Так	Ні
Гофри або вм'ятини	Ні	Ні	Ні	Спец-конфігурація	Ні	Ні	Ні
Дефекти попереднього ремонту	Ні	Зачистка і контроль	Ні	Так	Ні	Так	Ні
Дефекти кільцевих швів	Контроль	Контроль	Ні	Так	Ні	При відповідних умовах	Ні



Рис.1. Класифікація перекриваючих пристроїв

Стационарні перекриваючі пристрої (крани), витримуючи значні тиски, дозволяють локалізувати пошкоджену ділянку певної довжини, зменшуючи кількість газу, який стравлюється, і тривалість аварійно-відновлювальних робіт. Їхньою перевагою є постійна готовність до дії і швидкодія. Однак для максимального скорочення обсягу газу, що стравлюється, і термінів аварійно-відновлювальних робіт, а відповідно і простою трубопроводу, потрібно щоб локалізовані ділянки були мінімальної довжини, що зумовлює необхідність у великій кількості перекриваючих пристроїв такого типу. Враховуючи цю обставину, вартість кранів на практиці досягає значної величини (до 10 % від загальних капіталовкладень). До того ж деякі крани не застосовуються жодного разу за весь термін експлуатації. Таким чином, область застосування пристроїв такого типу обмежена міркуваннями економічного характеру.

Мобільні перекриваючі пристрої дозволяють локалізувати пошкоджену ділянку газопроводу будь-якої довжини в безпосередній близькості від місця аварії, що дозволяє максимально скоротити обсяг газу, який стравлюється, і час простою газопроводу.

Перекриваючі пристрої, які монтуються ззовні трубопроводу, можуть бути застосовані на трубопроводах будь-якої конструкції у випадку розривів та інших пошкоджень. Вони доставляються до місця аварії і після розкопування трубопроводу монтуються по обидві сторони від пошкодженої ділянки. Недоліком даних пристроїв є те, що перекриваючі пристрої низького тиску встановлюються після зупинки перекачування, а перекриваючі пристрої високого тиску дозволяють усунути пошкодження без зупинки транспортування але вимагають будівництво лупінга або байпаса що вимагає значних капіталовкладень.

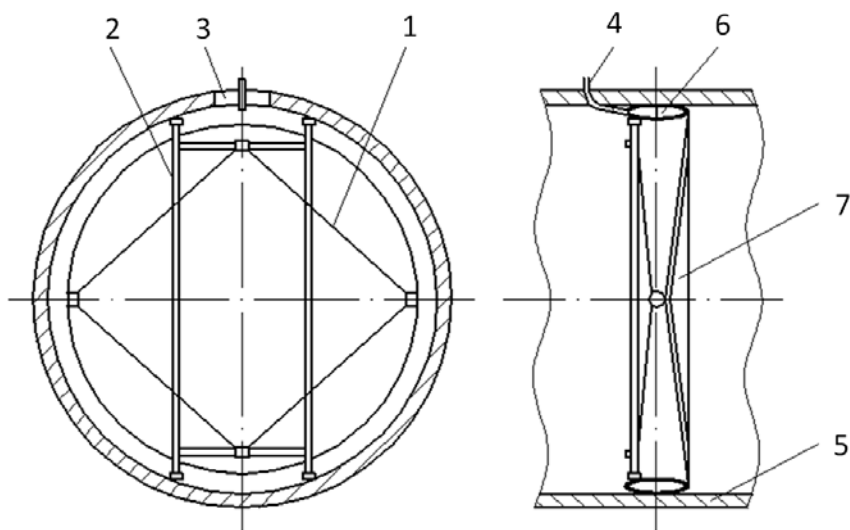
Перекриваючі пристрої «поточного» типу монтуються в середині трубопроводу, переміщуються до місця аварії трубопроводом в потоці перекачуваного продукту і зупиняються в місці перекриття по сигналу на час ремонту. Такі пристрої поділяються на пристрої, які локалізують тіч в газопроводі, перекриваючи порожнину трубопроводу повністю та зупиняють транспортування газу, або частково, перепускаючи потік крізь корпус і дозволяють проведення ремонтних робіт без зупинки перекачування та пристрої які локалізують дефектну ділянку і дозволяють вирізати котушку без стравлювання газу з газопроводу.

Розглянемо конструкції перекриваючих пристроїв, їх специфічні особливості застосування, а також найбільш оригінальні технічні рішення, які можуть скласти основу під час розроблення пристроїв для перекриття порожнини у випадку ремонту наскрізних дефектів трубопроводу.

У праці [2] описано конструкцію пристрою для перекриття трубопроводу при ремонті (рис. 2), який містить пружну еластичну тороїдальну камеру 6, виконану з плоскою перегородкою 7 і жорстким каркасом 2. Каркас і камера обладнані вушками, крізь які проходить трос.

Еластична тороїдальна камера 6, яка наповнюється стиснутим газом, забезпечує герметичність установки пристрою в трубопроводі 5 і стійкість проти зсуву за рахунок щільного прилягання поверхні камери до стінки трубопроводу 5. Перегородка в середній частині камери, як і сама камера, виконані з еластичного газонепроникного матеріалу. Жорсткий каркас 2 застосовують для розміщення пристрою перпендикулярно осі трубопроводу 5 і створення додаткового опору зсуву шляхом установки його в розпір.

Відома конструкція перекриваючого пристрою, у якій в якості запірного елемента застосовується еластична оболонка. Особливістю цього пристрою є те, що після вирізання отвору в стінці труби туди вводиться еластична камера, яка, при нагнітанні в неї стиснутого повітря, роздувається і перекриває прохідний переріз трубопроводу. З кожної сторони ділянки трубопроводу, яка перекривається, може встановлюватися по два подібних пристрої. У цьому випадку внутрішня пара пристроїв застосовується безпосередньо для перекриття трубопроводу, а зовнішня пара пристроїв з'єднується, після підготовки отвору в стінках трубопроводу, байпасною лінією з метою продовження перекачування газу трубопроводом. Еластична оболонка може заповнюватися речовиною, здатною за певних умов спінюватися, розбухати або тверднути, збільшуючись в обсязі, або заморожуватись при охолодженні.



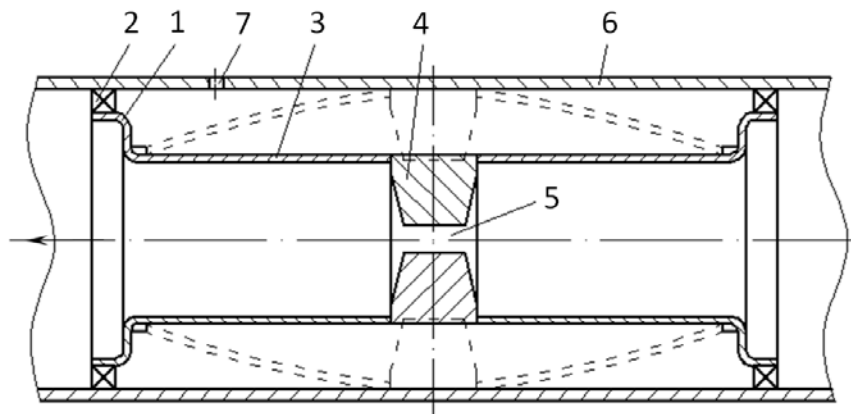
1 – трос; 2 – жорсткий каркас; 3 – монтажний отвір; 4 – шланг;  
5 – трубопровід; 6 – еластична тороїдальна камера; 7 – плоска перегородка.

Рис. 2. Пристрій для перекриття трубопроводу

Загальною ознакою, пристроїв для локалізації місця течі в трубопроводі є те, що вони переміщуються в середині трубопроводу в потоці перекачуваного продукту, зупиняються в місці пошкодження, фіксу-

ються на стінках труби і герметизують пошкодження, зупиняючи витікання газу та дозволяють проведення ремонтних робіт.

Типовим представником таких пристроїв є описаний пристрій для перекриття течі в трубопроводі (рис. 3), в середній частині корпусу якого виконані наскрізні вікна, а запірний орган виконаний у вигляді охоплюючого корпус 1 і закріпленого на його кінцях гнучкого еластичного рукава 3 з рухомими в радіальному напрямку клиноподібними елементами 4, які виступають через вікна у корпусі в порожнину останнього. Під час проходження над місцем течі 7 у кільцевій порожнині між трубопроводом 6 і корпусом 1 з манжетою 2, що сполучається через тіч 7 з атмосферою, відбувається швидке падіння тиску, і гнучкий еластичний рукав 3 під дією тиску у трубопроводі 6 притискається до його стінки, відтягуючи за собою клиноподібні елементи 4. У результаті цього перепад тиску в трубопроводі різко зменшується, і за рахунок тертя манжет 2 до стінки трубопроводу 6 пристрій зупиняється. Після усунення течі 7 і вирівнювання тиску в кільцевій порожнині і порожнині корпусу 1 рукав 3 разом з клиноподібними елементами 4 повертається у вихідне положення, відновлюється перепад тиску, що переміщує пристрій трубопроводом.



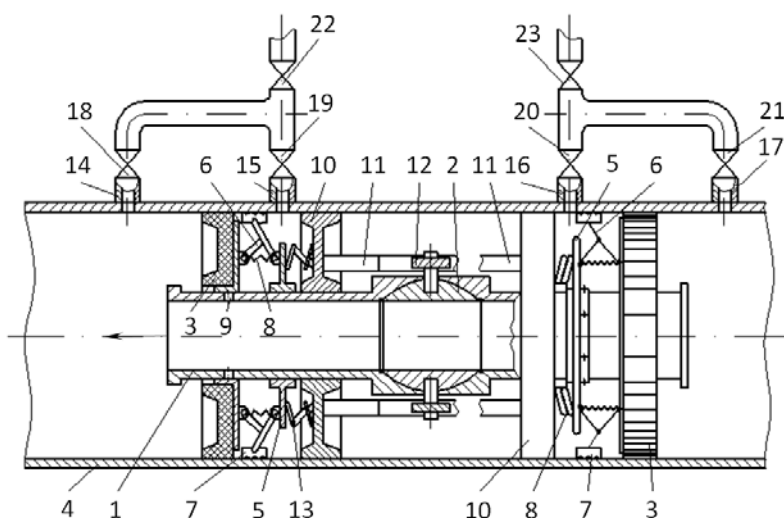
1 – корпус; 2 – ущільнююча манжета; 3 – еластичний рукав; 4 – клиноподібний елемент; 5 – канал; 6 – трубопровід; 7 – тіч.

Рис. 3. Пристрій для перекриття течі в трубопроводі

Пристрій для перекриття трубопроводу (рис. 4) призначений для локалізації наскрізних дефектів газопроводів та нафтопроводів без зупинки транспортування продукту.

Попередньо в трубопровід 4 з двох сторін від місця течі під тиском вривають по два патрубки 14, 15 і 16, 17 з засувками 18, 19 і 20, 21. Кожна пара патрубків з'єднується в єдину свічу з засувками 22 і 23. Патрубки 15 і 16 розміщують таким чином, щоб в момент фіксації при-

строю в трубопроводі 4 вони розміщувались між рухомими манжетами 3 і поршнями 10, при крайньому правому їх положенні.



- 1 – циліндричний корпус; 2 – запірний орган; 3 – манжета; 4 – трубопровід;  
 5 – кільцевий упор; 6 – шарнірний важіль; 7 – фіксатор; 8 – пружина;  
 9 – наскрізні отвори; 10 – поршні; 11 – рейчатий шток; 12 – зубчате колесо;  
 13 – пружини; 14, 15, 16, 17 – патрубки; 18, 19, 20, 21, 22, 23 – засувки.

Рис. 4. Пристрій для перекриття трубопроводу

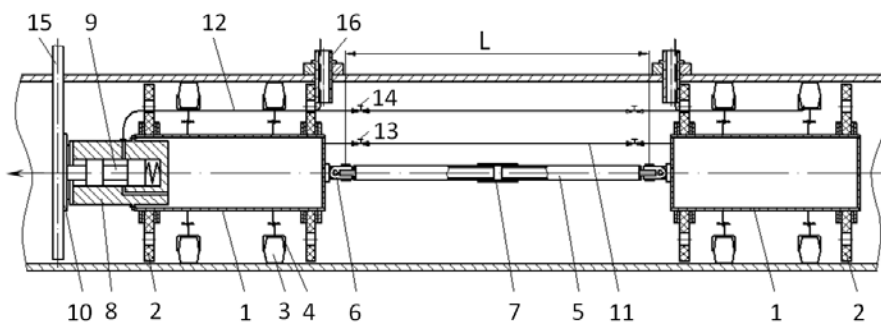
Локалізація наскрізних дефектів здійснюється наступним чином. Пристрій через камеру запуску вводиться в потік продукту, який транспортується і доставляється на місце ремонту. У процесі переміщення пристрою трубопроводом манжети 3 під дією пружини 8 віджаті від упорів 5 в крайнє положення і продукт через отвори 9 поступає в порожнину між манжетами. В момент перетину передньою по ходу манжетою отвору патрубка 15 відкриваються засувки 19, 20, 22 і 23 (засувки 18 і 21 закриті). Оскільки діаметр отворів 9 на порядок менший діаметрів патрунків 15 і 16, то з порожнини між манжетами продукт скидається в атмосферу і тиск у вказаній порожнині різко падає. За рахунок цього манжети під тиском продукту в трубопроводі, долаючи зусилля пружин 8, переміщуються в сторону упори 5, перекриваючи отвори 9. Одночасно фіксатори 7, переміщуючись в радіальному напрямку прилягають до внутрішньої поверхні трубопроводу 4. Після фіксації пристрою і надійної герметизації на ділянці між манжетами, не зупиняючи перекачування (транспортування продукту здійснюється через наскрізний канал корпусу), здійснюється необхідний ремонт. Після завершення ремонту (усунення витoku і заміни дефектної ділянки) закривають засувки 22 і 23 та відкривають засувки 18 і 21, вирівнюючи тиск на манжети, які під зусиллям пружин переміщуються в початкове положення, виводячи фіксатори 7 з зачеплення з трубою. Одночасно закрива-



ються засувки 18, 19, 20 та 21 і пристрій в потоці транспортованого продукту переміщується до камери прийому. У разі необхідності прискорення доставки пристрою на місце ремонту, пристрій виконують з запірним органом 2, який має поршневі приводи. В цьому випадку поршні 10 приводу з допомогою пружин 13 з'єднуються з упорами 5. Пристрій вводять в трубопровід з відкритим запірним органом 2. Однак під тиском продукту, який поступає через отвори 9, поршні 10, долаючи зусилля пружин 13, переміщуються назустріч один одному, забезпечуючи закриття запірного органу. В момент фіксації пристрою на місці ремонту і різкого падіння тиску в порожнині між манжетами 3 і поршнями 10, пружини 13 відводять поршні 10 в сторону упорів, забезпечуючи відкриття запірного органу 2 і можливість проведення ремонту без відключення дефектної ділянки. В цьому випадку довжина ділянки, яка підлягає заміні, повинна бути обмежена відстанями між поршнями 10.

З метою проведення планових ремонтних робіт запропоновано пристрій для перекриття дефектної ділянки діючого трубопроводу (рис. 5), який дозволяє локалізувати дефектну ділянку трубопроводу і провести її заміну без стравлювання газу з газопроводу [3]. Локалізація дефектної ділянки здійснюється в наступному порядку. Попередньо визначається довжина дефектної ділянки  $L$ , яка підлягає заміні. Визначають потрібну довжину роз'ємної тяги 5, місце установа фіксатора 15 та пустотілих трубок 16.

Пристрій вводять в трубопровід 17 через камеру запуску. У потоці перекачуваного середовища пристрій транспортують до дефектної ділянки. В момент удару упори 10 в фіксатор 15 пристрій зупиняється, клапан 8 відкривається і робоче середовище з циліндрів 1 надходить у порожнини ущільнень 3, притискає їх до стінки трубопроводу 17 і герметично перекриває його.



1 – циліндричний корпус; 2 – направляючий диск; 3 – розжимний кільцевий ущільнювач; 4 – ступиця; 5 – тяга; 6 – шарнір; 7 – муфта; 8 – підпружинений клапан; 9 – шток; 10 – упор; 11, 12 – гнучкі трубопроводи; 13, 14 – крани; 15 – фіксатор; 16 – трубка; 17 – трубопровід.

Рис. 5. Пристрій для перекриття дефектної ділянки діючого трубопроводу

Через трубки 16 викачують транспортоване середовище, яке знаходиться у відсіченій частині трубопроводу і після її дегазації видаляють дефектну ділянку L, шляхом вирізання по кінцях і вздовж твірної. Тоді від'єднують тягу 5 від циліндрів 1 і демонтують ділянку гнучких трубопроводів 12 між запірними кранами 13 і 14. Кінці трубопроводів 12 з запірними кранами 13 і 14 через трубки 16 виводять назовні. Трубки 16 одночасно є упорами направляючих дисків 2 і виключають після знімання тяги 5 зміщення циліндрів 1 під тиском середовища, що знаходиться в трубопроводі 17. На місце вирізаної дефектної ділянки L установлюють трубу, яку за допомогою зварювання стикують з кінцями трубопроводу 17. Після випробування нової ділянки тиск в ущільнювачах 3 скидають шляхом відкривання запірних кранів 14, які знову вводяться в трубопровід 17.

З трубопроводу 17 витягають трубки 16 і фіксатор 15 та заварюють раніше вирізані для них «вікна». Після відновлення перекачування продукту частини пристрою переміщуються в потоці середовища, що транспортується.

Довжина дефектної ділянки, яку може локалізувати пристрій, є невеликою, оскільки довжина тяг 5 обмежується радіусом повороту криволінійних ділянок трубопроводу.

Аналіз існуючих методів і пристроїв для ремонту трубопроводів без зупинки перекачки показує, що в кожному випадку для проведення локалізації ділянки трубопроводу з метою проведення ремонтних робіт без зупинки транспортування продукту виникає необхідність вривання в діючий трубопровід під тиском.

**Висновок.** На даний час розроблено велику кількість способів приєднання газопроводу-відводу до діючої магістралі. Однак жоден з них не можна вважати абсолютно досконалим і надійним. Найбільш прогресивними слід вважати безвогнєві методи вривання в діючий трубопровід під тиском, які не вимагають стравлювання газу з діючої магістралі в атмосферу, забезпечуючи економічність та екологічну чистоту способу. Однак вривання в трубопровід під тиском є потенційно небезпечним процесом, тому вимагає досконалості технічних і технологічних рішень. У зв'язку із сказаним, розробка техніки і технології вривання газопроводів-відводів в магістраль під тиском є актуальною науково-технічною задачею, яка вимагає проведення наукових досліджень поведінки металу трубопроводів, що знаходяться під тиском, при дії високотемпературних полів, створюваних зварювальною дугою, та захисту середовища від можливих проявів вибухонебезпеки.

### *Література*

1. Мазель А. Г. Муфтование локальных поврежденных трубопроводов [Текст] / А. Г. Мазель, Л. А. Гобарев, Е. В. Лопатин, К. М. Нагорнов,

- А. И. Рыбаков, Ю. Т. Кенегесов, В. А. Шишко // Газовая промышленность. – 1997. – № 3. – С. 20-23.
2. Капитальный ремонт магистральных трубопроводов [Текст] / [В. Л. Березин, К. Е. Ращепкин, Л. Г. Телегин и др.]. – М. : Недра, 1978. – 346 с.
3. а.с. 998811 СССР, МКИ F 16 L 55/18. Устройство для перекрытия дефектного участка действующего трубопровода [Текст] / А. Д. Бальзак, И. Н. Некрич, Л. В. Пристай, Г. Л. Литвинов, Г. В. Луков (СССР). – № 2774996 / 29; заявл. 05.06.79; опубл. 23.02.83, Бюл. № 7.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 06.10.2022 р.*

## MODERN METHODS OF REPAIR OF PIPELINES

**R. T. Martyniuk, O. T. Chernova**

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;  
76019, Ivano-Frankivsk, Carpatska st., 15;  
ph. +380 (0342) 72 71 38; e-mail: snp@nunq.edu.ua*

*At the stages of maintenance and repair of pipeline systems, there is a need to use flameless cutting in existing pipelines, in particular: when it is necessary to connect intake chambers and start cleaning pistons, and during pipeline repair with a complete replacement of the pipe body without stopping the transportation of the product. Also, fireless cutting is effectively used to connect branch pipelines during the development of pipeline systems.*

*One of the progressive directions of improving the maintenance and repair of pipelines is the development of cutting methods that would ensure high efficiency and environmental friendliness of the work. However, their successful application is impossible without a theoretical and experimental study of the process of welding the branch pipe to the operating pipeline.*

**Key words:** *grinding, surfacing, defects, overlapping joints, pipeline, through windows, composite material, clamp.*