

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ БЕЗТРАНШЕЙНОГО РЕМОНТУ ТЕПЛОГАЗОВИХ МЕРЕЖ

¹К. А. Поляруш, ²Я. В. Дорошенко, ²С. І. Тихонов, ²А. Р. Бабій

¹ПАТ "Київенерго" СВП "Київські Теплові Мережі" РТМ "Печерськ";
01103, м. Київ, вул. Товарна, 1, тел. (044) 529-88-75, e-mail: pubrel@kievenergo.com.ua

²ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42157,
e-mail: snp@nimg.edu.ua

Обґрунтовано доцільність розроблення рекомендацій з вибору сучасних технологій безтраншейного ремонту трубопроводів теплогазових мереж, мереж водопостачання, водовідведення міст України, доцільність розроблення нормативно-технічної бази, проведення експертиз, наукового опрацювання, підготовки висококваліфікованих працівників, випробування та масштабного впровадження в Україні безтраншейних технологій ремонту трубопроводів міст, що дасть змогу забезпечити їх необхідну надійність і експлуатаційну довговічність.

Розглянуто порядок підготовки трубопроводів теплогазових мереж до безтраншейного ремонту (очищення, контроль якості очищення та геометрії внутрішньої порожнини трубопроводів). Наведено тренди сьогодення з безтраншейного ремонту теплогазових мереж різними матеріалами. Проаналізовано технічні можливості сучасних безтраншейних технологій і встановлено їх придатність для ремонту трубопроводів теплогазових мереж міст України. Класифіковано та здійснено аналіз існуючих в світі методів безтраншейного ремонту теплогазових мереж, включаючи лайнери (методи "труба в трубі", "U-лайн", "Swigeling", протягування полімерної труби з руйнуванням дефектного трубопроводу, "Прімум Лайн", "панчоха"), нанесення цементно-піщаного або цементно-полімерного покриття на внутрішню поверхню дефектного сталевих трубопроводу. Виділено можливості, особливості, діапазон технічних параметрів, переваги та недоліки кожного з них, зроблено висновки про придатність того чи іншого методу для ремонту різних дефектних ділянок трубопроводів теплогазових мереж. Наведено чинники, які треба враховувати під час прийняття рішення про ремонт теплогазових мереж безтраншейними технологіями.

Ключові слова: дефектний сталевий трубопровід, лайнер, полімерна труба, протягування, рукав, цементно-полімерне покриття.

Обоснована целесообразность разработки рекомендаций по выбору современных технологий бестраншейного ремонта трубопроводов теплогазовых сетей, сетей водоснабжения, водоотведения городов Украины, целесообразность разработки нормативно-технической базы, проведение экспертиз, научной проработки, подготовки высококвалифицированных работников, испытания и масштабного внедрения в Украине бестраншейных технологий ремонта трубопроводов городов, что позволит обеспечить их необходимую надежность и эксплуатационную долговечность.

Рассмотрен порядок подготовки трубопроводов теплогазовых сетей к бестраншейному ремонту (очистка, контроль качества очистки и геометрии внутренней полости трубопроводов). Приведены тренды с бестраншейного ремонта теплогазовых сетей различными материалами. Проанализированы технические возможности современных бестраншейных технологий и установлено их пригодность для ремонта трубопроводов теплогазовых сетей городов Украины. Осуществлен анализ и проведена классификация существующих в мире методов бестраншейного ремонта теплогазовых сетей, включая лайнери (методы "труба в трубе", "U-лайн", "Swigeling", протягивания полимерной трубы с разрушением дефектного трубопровода, "Прімум Лайн", "чулок"), нанесения цементно-песчаного или цементно-полимерного покрытия на внутреннюю поверхность дефектного стального трубопровода. Выделены возможности, особенности, диапазон технических параметров, преимущества и недостатки каждого из них, сделаны выводы о пригодности того или иного метода для ремонта различных дефектных участков трубопроводов теплогазовых сетей. Приведены факторы, которые необходимо учитывать при принятии решения о ремонте теплогазовых сетей по бестраншейным технологиям.

Ключевые слова: дефектный стальной трубопровод, лайнер, полимерная труба, протягивание, рукав, цементно-полимерное покрытие.

The article justifies expediency of recommendations development for choosing of modern technologies for trenchless pipeline repair of gas and heat networks, water supply networks, and wastewater disposal systems of Ukrainian cities. The feasibility of development of normative and technical base, carrying-out of examinations, scientific studies, training of highly qualified personnel, testing and large-scale introduction of trenchless pipeline repair technologies in Ukrainian cities will allow to provide them with the necessary operational reliability and durability.

The article also considers the preparation procedure of gas and heat pipeline networks for trenchless repair (cleaning, cleaning quality control, and geometry of the internal pipelines cavity). The modern trends for trenchless repair of gas and heat networks with the help of different materials are shown. Technical capabilities of the modern trenchless technologies are analyzed and their suitability for repair of the gas and heat networks pipelines of Ukrainian cities is determined. The existing methods for trenchless repair of the gas and heat networks, including liners (methods "pipe in pipe", "U-liner", "Swigeling", polymer pipe laying with the defective pipeline destruction,

“PRIMUS Line”, “stocking”), and covering of the internal surface of the defective steel pipeline with cement-sand or cement-polymer coating are classified and analyzed. The possibilities, peculiarities, and range of technical parameters, advantages, and disadvantages of each of them are distinguished and conclusions about suitability of the methods for repairing different defective parts of the gas and heat networks pipelines are made. The factors that should be considered when making a decision on repair of the gas and heat networks with the help of the trenchless technologies are shown.

Key words: defective steel pipeline, liner, polymer pipe, laying, hose, cement-polymer coating

Вступ. З часом усі комунікації міст та населених пунктів старіють і потребують ремонту, реконструкції. Старіння підземних трубопроводних комунікацій призводить до аварій і зменшення пропускної здатності трубопроводів.

Втрати води з мереж теплопостачання можуть бути причиною підняття рівня ґрунтових вод, що призводить до зсуву ґрунтів, руйнування будівель та споруд. Доволі часто відбувається розмивання ґрунту під автодорогами, що призводить до провалювання автомашин у вимиті порожнини (рис. 1, а). Нерідко наслідком аварій мереж теплопостачання є фонтани води в містах (рис. 1, б). Особливо небезпечними є витoki природного газу з газових мереж міст, які можуть призводити до вибухів (рис. 2). Фактично старі комунікації міст є постійною загрозою життю і здоров'ю мешканцям міст – “мінами” час і місце вибуху яких невідомі. В містах, де стан комунікацій незадовільний, доцільним є уникання місць просідання асфальту автодоріг, асфальту, бруківки тротуарів.

Другим негативним моментом є щорічні великі матеріальні втрати, які з року в рік збільшуються через аварійний стан підземних інженерних комунікацій. За офіційними статистичними даними витoki та не зафіксовані втрати води з систем теплопостачання складають близько 15-20 % від усієї подачі води в рік, а в ряді міст втрати сягають 30-40 %.

З іншої сторони, практика експлуатації сталевих мереж теплопостачання підтверджує їх ненадійність, що вимагає дострокової заміни дефектних ділянок трубопроводів уже через 10-15 років експлуатації (особливо діаметром до 300 мм). Аварійність металевих трубопроводів перевищує аварійність трубопроводів із полімерних матеріалів в 8-10 разів. Станом на сьогодні в більшості країн світу з розвинутою економікою більше 80 % трубопроводів, які вводяться в експлуатацію після спорудження чи ремонту виготовлені із полімерних матеріалів. Причому загальновідомо, що міцнісні властивості сталевих труб, наприклад, в системах теплопостачання, водопостачання використовуються тільки на 2...4%, що є наслідком монополізму чорної металургії.

Традиційні траншейні технології ремонту теплогазових мереж є надзвичайно ресурсомісткими і пов'язані з виконанням великих обсягів земляних робіт, кріпленням стінок траншей, котлованів, перекриванням доріг, руйнуванням дорожнього полотна та зеленої зони, порушенням інфраструктури, благоустрою міст, що вимагає збільшення витрат на відновлювальні роботи, ускладнює дорожній рух, спричинює соціальний дискомфорт. В щільно забудованих

місцях, центрах міст, як правило, траншейна технологія ремонту теплогазових мереж є взагалі неприйнятною.



а)



б)

а) провалювання автомашин у вимиту порожнину; б) фонтан води

Рисунок 1 – Наслідки аварій мереж теплопостачання



Рисунок 2 – Наслідки аварії мережі газопостачання

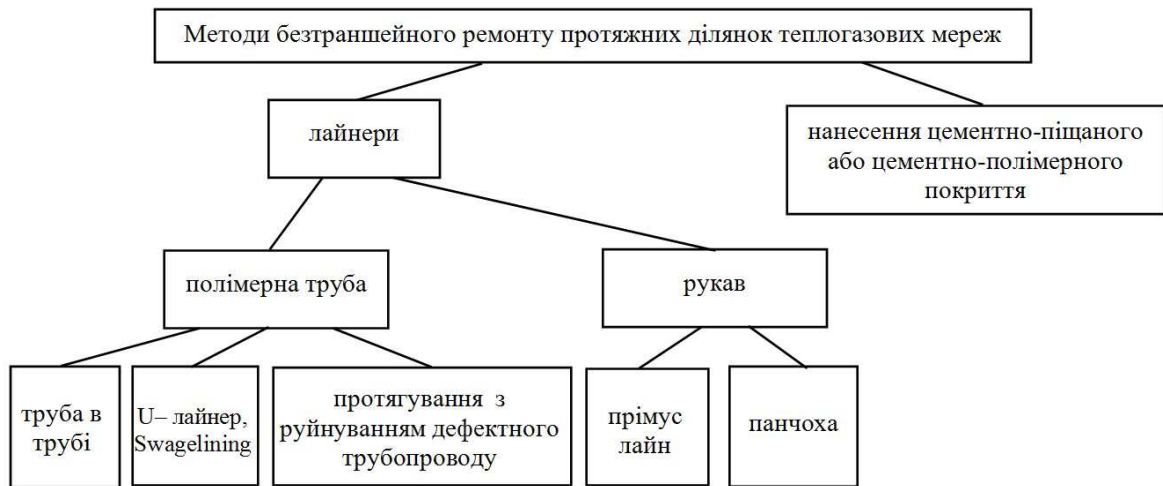


Рисунок 3 – Методи безтраншейного ремонту протяжних ділянок теплогазових мереж

Саме тому безтраншейні технології ремонту трубопроводів з протягуванням нової труби чи рукава виготовлених із полімерних матеріалів у дефектний металевий трубопровід, коли земляні роботи зведено до мінімуму або взагалі відсутні є найефективнішим та найрентабельнішим рішенням проблеми відновлення теплогазових мереж.

За даними статистики в таких країнах, як Великобританія, Німеччина, Скандинавські країни, США 95 % усього обсягу робіт з ремонту підземних комунікацій виконується безтраншейними технологіями. В багатьох великих містах Америки та Західної Європи прокладати та реконструювати інженерні комунікації відкритим способом заборонено.

На сьогодні безтраншейними технологіями ремонту теплогазових мереж займаються багато зарубіжних науковців, фірм. Одними з найактуальніших праць, присвячених безтраншейним технологіям є [1-8].

За даними ДК Газ України та провідних експертів енергетичних програм аналітичного Центра Розумкова Українські теплогазові мережі безнадійно застаріли і їх знос перевищує 75 %. Їхній стан близький до критичного, про що свідчить збільшення кількості вибухів побутового газу в різних містах України, розривів теплових мереж. На кожні 100 км сталевих трубопроводів за один рік в середньому відбувається 55 аварій, причому з кожним роком стан погіршується. До того ж в Україні практично не розробляються і не впроваджуються безтраншейні технології ремонту теплогазових мереж міст та населених пунктів. Ці, а також цілий ряд інших чинників обумовлюють особливу актуальність розроблення та масштабного впровадження безтраншейних технологій реконструкції теплогазових мереж України. Як зазначено у низці досліджень зарубіжних учених, XXI століття стане сторіччям заміни всіх інженерних комунікацій, побудованих у XX столітті.

Масовість, висока вартість та жорсткі вимоги, які висуваються до ремонту та реконструкції теплогазових мереж, вимагають вирішення складних науково-технічних задач, ви-

вчення та впровадження передових досягнень сучасної науки і техніки. Для розроблення і впровадження ефективних, економічних безтраншейних технологій ремонту теплогазових мереж міст України треба вивчати передовий світовий досвід, виділити найефективніші технології, встановити їх можливості, переваги та недоліки, розробити рекомендації з вибору сучасних технологій ремонту трубопроводів теплогазових мереж, мереж водопостачання, водовідведення міст України.

Виклад основного матеріалу

Здійснивши аналіз існуючих у світі методів безтраншейного ремонту протяжних ділянок теплогазових мереж їх класифіковано таким чином (рис. 3):

- протягування полімерної труби меншого діаметра в дефектний сталевий трубопровід – метод “труба в трубі”;
- протягування полімерної труби в дефектний сталевий трубопровід з розширенням протягнутої труби до її щільного прилягання до внутрішньої стінки дефектного трубопроводу – метод “U-лайнер”, метод “Swagelining”;
- протягування полімерної труби з руйнуванням дефектного трубопроводу;
- протягування синтетичного рукава в дефектний сталевий трубопровід – метод “Прімум Лайн”;
- вивертання синтетичного рукава в дефектний сталевий трубопровід – метод “панчоха”;
- нанесення цементно-піщаного або цементно-полімерного покриття на внутрішню поверхню дефектного сталевого трубопроводу.

Вибір методу безтраншейного ремонту залежить від:

- діаметру трубопроводу, кількості поворотів та їх кутів;
- потрібної швидкості виконання робіт;
- допустимого обсягу земляних і відновлювальних робіт;
- потрібної міцності та несучої здатності трубопроводу;
- кваліфікації персоналу та наявної техніки.

В деяких випадках для виконання поставлених цілей раціональним рішенням є комбінований метод ремонту.

Перед ремонтом трубопроводів теплогазових мереж будь-яким методом треба очистити їх внутрішню порожнину. Після чого контролюють якість очистки та геометрію (виявляють наявність вм'ятин, гофрів, та інших порушень) внутрішньої порожнини трубопроводу самохідними внутрішньотрубними відеокамерами (рис. 4).



Рисунок 4 – Контроль внутрішньої порожнини трубопроводу самохідною відеокамерою

Методом “труба в трубі” ремонтують прямолінійні ділянки трубопроводів теплогазових мереж (рис. 5). Даним методом можна ремонтувати трубопроводи, які мають наскрізні корозійні або інші дефекти стінки труби.



Рисунок 5 – Ремонт трубопроводу методом “труба в трубі” в місті Венеція

Протягувати нову полімерну трубу у дефектний сталевий трубопровід доцільно, якщо:

- дефектний трубопровід не має суцільних розривів;
- профіль та внутрішня геометрія дефектного трубопроводу дає змогу протягнути новий трубопровід у дефектний;
- існує можливість відключення ремонтної ділянки трубопроводу на час виконання ремонтних робіт.

Методом “труба в трубі” дає змогу протягувати в дефектний сталевий трубопровід нові ділянки полімерного трубопроводу довжиною декілька сотень метрів при мінімальному об'ємі земляних робіт.

Зменшення прохідного діаметра труби значно не впливає на пропускну здатність трубопроводу через те, що гідравлічні характеристики полімерних труб значно кращі ніж сталевих.

Переваги методу “труба в трубі”:

- мінімальний об'єм земляних робіт. В більшості випадків виконується протягування з котловану в котлован (колодязя в колодязь, що означає повне виключення земляних робіт);
- роботи можна виконувати в колодязі (камері) будь-якого діаметра (полімерна труба повинна бути намотана на барабан);
- широка сфера застосування;
- довжина ремонтної ділянки трубопроводу може складати до сотень метрів (залежно від діаметра, наявності поворотів, ґрунту, матеріалу ремонтної труби тощо);
- відносна дешевизна;
- мінімальні технічні складнощі;
- відсутність ризику пошкодження інших трубопроводів, які проходять поряд з ремонтованим;
- міцний, довговічний матеріал протягнутого трубопроводу (термін придатності більше 50 років);
- додатковий захист полімерної труби від зовнішніх пошкоджень оскільки вона розміщена в сталевому трубопроводі;
- не потрібно додаткової техніки (компресорів, парогенераторів тощо).

Недоліки методу “труба в трубі”:

- велика матеріаломісткість та трудомісткість;
- незначне збільшення гідравлічних втрат в результаті зменшення діаметру ділянки трубопроводу;
- великий розмір монтажного майданчика у разі протягування полімерних труб не намотаних на барабан.

Метод протягування полімерної труби з руйнуванням дефектного сталевого трубопроводу застосовують тоді, коли треба зберегти або збільшити діаметр ремонтного трубопроводу. Цим методом безтраншейно замінюють старі трубопроводи з сталі, чавуна, бетону, кераміки, азбестоцементу, пластику на нові труби з полімерних та інших матеріалів.

Під час протягування нової полімерної труби старий трубопровід руйнується розширювачем (рис. 6). Керамічні, бетонні, чавунні і азбестоцементні труби роздроблюються на частини і вдавлюються в ґрунт, а труби із сталі або синтетичних матеріалів розрізаються і розвальцюються. Цей метод руйнування передбачає, що зруйнована стара труба вдавлюється в ґрунт. Для протягування таким методом треба прикладати значні тягові зусилля, тому тягові засоби повинні бути відповідної потужності, а тяговий трос доцільно замінити на штангу.

Крім правильного підбору устаткування для протягування треба точно визначити тип ґрунтів в місці виконання робіт. В деяких типах ґрунтів розширювання легко виконувати, а для піску чи щільно ущільненої глини для зменшення тертя може знадобитись бентоніт. В кам'янистому ґрунті збільшення діаметра нового



Рисунок 6 – Розширювач для руйнування дефектного металевго трубопроводу

трубопроводу обмежене. Іншими чинниками, які повинні бути враховані є глибина ґрунтових вод, наявність скельних порід, доступність до місця виконання робіт. Крім того, слід особливо увагу приділити питанню наявності комунікації поряд з ремонтованим трубопроводом, оскільки існує реальна загроза їх пошкодження.

Переваги методу протягування полімерної труби з руйнуванням дефектного сталевго трубопроводу:

- збереження або збільшення діаметра ремонтваного трубопроводу до $1,5 D_3$;
- мінімальний об'єм земляних робіт. В більшості випадків виконується протягування з котловану в котлован;
- роботи можна виконувати в колодязі (камері) будь-якого діаметра (полімерна труба повинна бути намотана на барабан);
- не потрібно додаткової техніки (компресорів, парогенераторів тощо).

Недоліки методу протягування полімерної труби з руйнуванням дефектного сталевго трубопроводу:

- ризик пошкодження інших трубопроводів, які проходять поряд з ремонтованим;
- ризик пошкодження полімерної труби до зруйнованого дефектного трубопроводу;
- велика матеріаломісткість та трудомісткість;
- великий розмір монтажного майданчика у разі протягування полімерних труб не намотаних на барабан.

Методом протягування полімерної труби з розширенням протягнутої труби до її щільного прилягання до внутрішньої стінки дефектного сталевго трубопроводу ремонтують трубопроводи теплогазових мереж. Даний метод можна застосовувати навіть у разі наявності в дефектній трубі тріщин, зруйнованих ділянок або невеликих зміщень зварних з'єднань.

Технологія методу полягає в протягуванні у відновлювальний трубопровід поліетиленової труби, яка має тимчасово зменшений діаметр. Після протягування спеціальним обладнанням відновлюють круглий переріз протягнутої поліетиленової труби. При цьому поліетиленова труба щільно прилягає до внутрішньої поверхні ремонтваного трубопроводу.

Методом протягування полімерної труби в дефектний сталевий трубопровід з розширенням

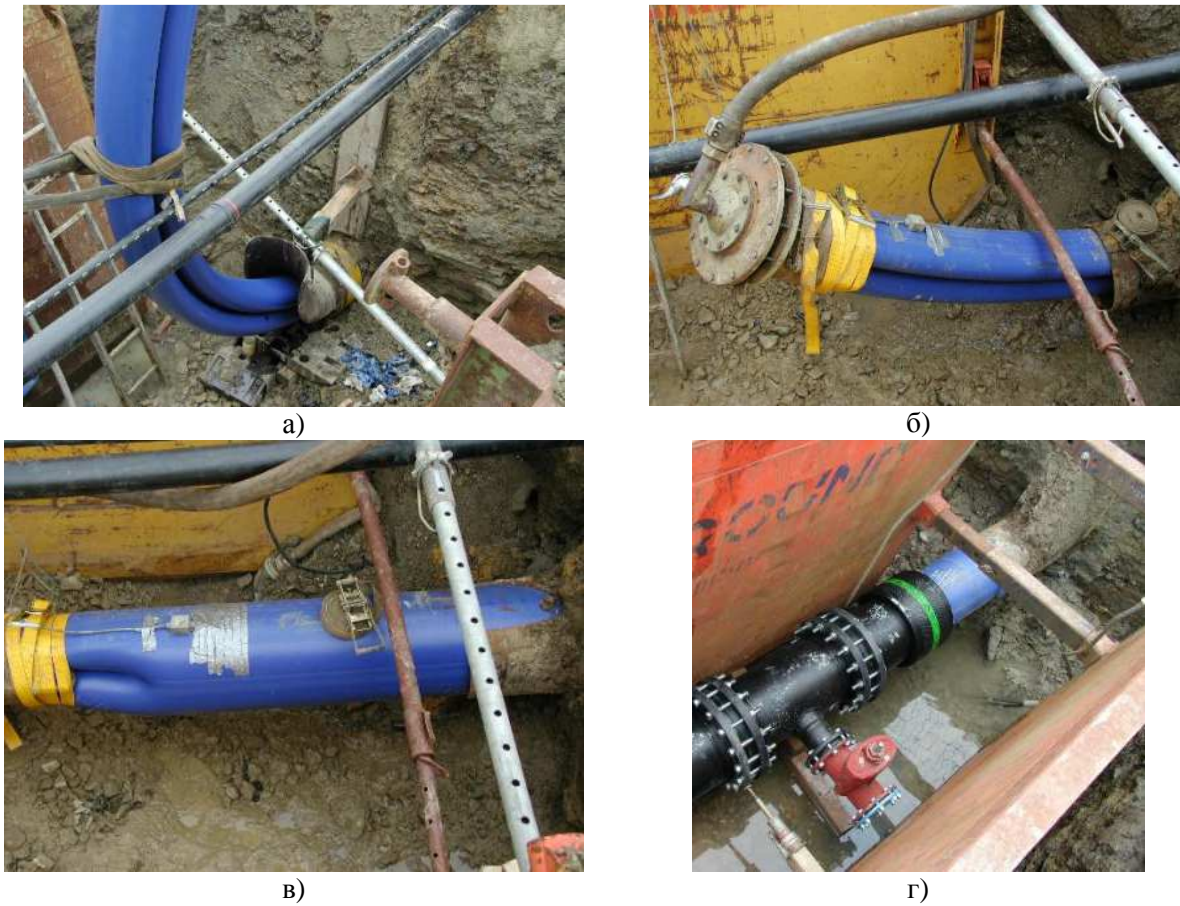
протягнутої труби поділяється на "U-лайнер", "Swagelining".

U-подібні лайнери виготовляють з термопластичної полімерної труби діаметром від 80 до 1200 мм великої міцності попередньо деформованої в нагрітому стані у формі літери "U" і закрученої на барабан. Такі лайнери виготовляють з поліетилену або поліетилену, армованого поліефірним волокном, що дає змогу досягти його щільного прилягання до стінки дефектної труби після розширення. Лайнер протягують у дефектну ділянку трубопроводу (рис. 7, а). Тоді обидва кінці лайнера закривають спеціальними заглушками (рис. 7, б) і трубопровід розширюють до круглої форми тиском пари, яку подають машиною-парогенератором (рис. 7, в). В середину U-подібного лайнера пароповітряна суміш подається від парогенератора під тиском 0,1-0,3 МПа та з температурою 105 °С. Тривалість відновлення форми труби залежить від діаметра та довжини ремонтваного ділянки трубопроводу і може становити від 3 до 5 годин. Після відновлення круглої форми полімерної труби вона повинна бути охолоджена. Для охолодження в неї треба подавати повітря під тиском не вище 0,3 МПа. Час охолодження залежить від діаметру трубопроводу і температури довкілля і може становити від 2 до 6 годин. Після охолодження U-лайнера його за допомогою спеціальних з'єднувачів під'єднують до прилеглих ділянок трубопроводу (рис. 7, г).

Однією із найперспективніших технологій безтраншейного ремонту протяжних ділянок теплогазових мереж U – подібними лайнерами є технологія "Смарт Пайп" однойменної компанії "SmartPipe" (США). Технологія – Смарт Пайп дає змогу витримувати великий тиск (понад 5 МПа) і ремонтувати ділянки теплогазових мереж довжиною понад 16 кілометрів безтраншейним способом. Зменшення внутрішнього діаметру трубопроводу компенсується гладкою внутрішньою поверхнею лайнера.

Оригінальність технології Смарт Пайп полягає у застосуванні волоконно-оптичних давачів, вбудованих в лайнер (рис. 8). Система моніторингу в змозі виявити розрив або витікання продукту з відремонтованої ділянки трубопроводу. Волоконно-оптична система моніторингу призначена для безперервного виявлення загроз або аномалій під час протягування та експлуатації трубопроводу. Ця технологія, яка довела свою ефективність в багатьох європейських проектах, забезпечує можливість безперервного контролю температури та повздовжніх напружень у трьох або більше точках по колу труби. Кожен оптичний сенсор має кілька оптичних волокон. Навіть незначна зміна температури газу в газопроводі може свідчити про наявність мінімального витоку газу через стінку. Технологія Смарт Пайп дає можливість виявляти переломи температури понад 0,01 °С вздовж усієї відремонтованої ділянки [4].

Найважливішими особливостями технології Смарт Пайп, які роблять її унікальною є:



а) протягування U-лайнера у дефектний сталевий трубопровід;
 б) U-лайнера підготовлений до розширювання; в) розширений U-лайнера;
 г) U-лайнера під'єднаний до прилеглої ділянки трубопроводу

Рисунок 7 – Безтраншейний ремонт трубопроводу U-лайнера



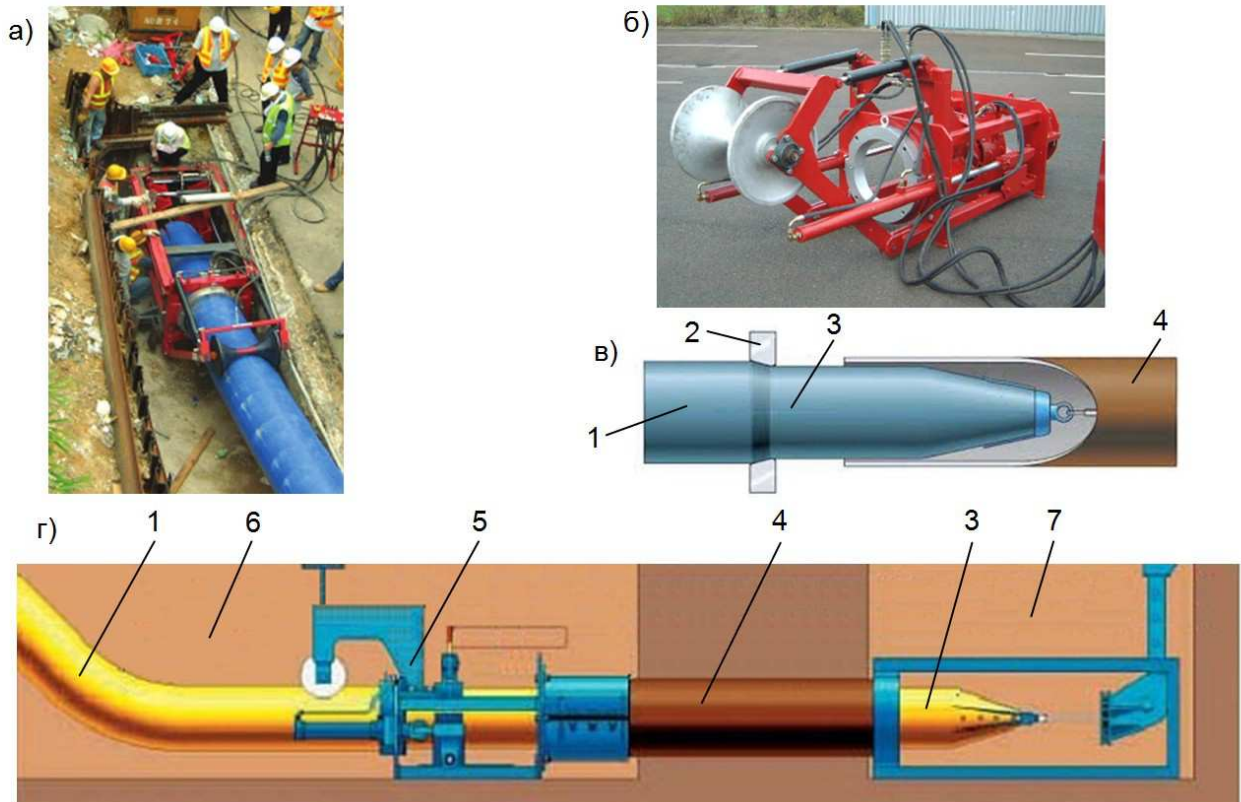
Рисунок 8 – Смарт Пайп

- портативна (мобільна) виробнича лінія, яка може бути встановлена на монтажному майданчику для одночасного виготовлення і прокладання лайнера в дефектний трубопровід;

- сучасні надміцні неткані матеріали, що дає змогу витримувати високі тиски.

Технологія “Swagelining” призначена для ремонту трубопроводів теплогазових мереж діаметром від 100 мм до 1000 мм довжиною до

300 м (рис. 9, а). Вона полягає в протягуванні полімерної труби через спеціальну стискаючу матрицю (рис. 9, б), яка зменшує її зовнішній діаметр (рис. 9, в). Після чого полімерну трубу з зменшеним діаметром протягують в дефектний сталевий трубопровід (рис. 9, г). Тоді полімерну трубу розширюють до її щільного прилягання до внутрішньої стінки дефектного сталевого трубопроводу. Тимчасове термомеханічне



а) робочий котлован; б) стискаюча матриця; в) стиснення полімерної труби; г) загальна схема;
 1 – полімерна труба до стиснення; 2 – стискаюча матриця; 3 – стиснута полімерна труба;
 4 – дефектний сталевий трубопровід; 5 – пристрій для стиснення полімерного трубопроводу;
 6 – робочий котлован; 7 – приймальний котлован

Рисунок 9 – Безтраншейний ремонт трубопроводу технологією Swagelining

стиснення труби не призводить до порушення властивостей труб з термопластів зберігати ефект пам'яті початкової форми. Протягом короткого часу вони розправляються і щільно прилягають до внутрішньої стінки старого трубопроводу.

Переваги методу протягування полімерної труби з розширенням протягнутої труби до її щільного прилягання до внутрішньої стінки дефектного сталевих трубопроводу:

- виготовлення труб з поперечним перерізом на 30-40 % менше потрібного, що полегшує і пришвидшує їх транспортування і протягування "U-лайнер", протягування "Swagelining";

- велика міцність відремонтованого трубопроводу та захист від зовнішніх пошкоджень (сталевий трубопровід є каркасом для полімерної труби, яка щільно прилягає до нього);

- міцний, довговічний матеріал протягуваного трубопроводу (термін придатності більше 50 років);

- незначне зменшення внутрішнього діаметра ремонтного трубопроводу (зовнішній діаметр протягнутої полімерної труби після розширення відповідає внутрішньому діаметру відновлюваного трубопроводу);

- довжина ремонтного трубопроводу може досягати 300 м (залежно від діаметра, наявності поворотів, ґрунту, матеріалу ремонтної труби тощо);

- широка гама внутрішніх діаметрів полімерної труби, що досягається підбором діаметра стискаючої матриці;

- можливість застосування у разі наявності в дефектному трубопроводі зруйнованих ділянок або невеликих зміщень зварних з'єднань;

- прокладена всередині ремонтного трубопроводу полімерна труба запобігає подальшій корозії металевих труб;

- мінімальний об'єм земляних робіт. В більшості випадків виконується протягування з котловану в котлован (колодязя в колодязь, що означає повне виключення земляних робіт);

- роботи можна виконувати в колодязі (камері) будь-якого діаметра (полімерна труба повинна бути намотана на барабан);

- мінімальні технічні складнощі;

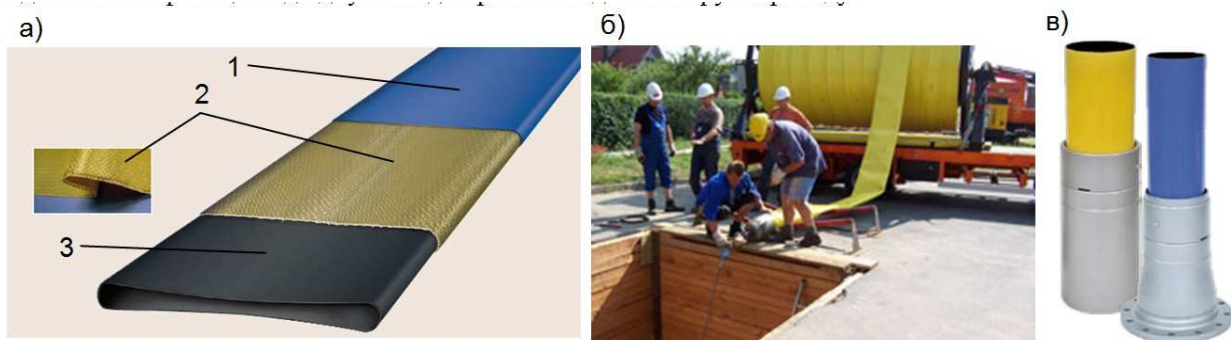
- відсутність ризику пошкодження інших трубопроводів, які проходять поряд з ремонтним.

Недоліки методу протягування полімерної труби з розширенням протягнутої труби до її щільного прилягання до внутрішньої стінки дефектного сталевих трубопроводу:

- велика матеріаломісткість та трудомісткість;

- потрібна додаткова техніка (компресори, парогенератори тощо);

- великий розмір монтажного майданчика у разі протягування полімерних труб не намотаних на барабан.



а) структура рукава; б) підготовка до протягування рукава; в) з'єднувачі;
 1 – стійкий до стирання поліетилен; 2 – волокно кевлар (1 або 2 шари безшовної армованої тканини); 3 – термопластичний синтетичний матеріал

Рисунок 10 – Безтраншейний ремонт трубопроводу рукавом Прімум Лайн

Метод “Прімум Лайн” однойменної компанії “Primus Line” (Німеччина) – полягає в протягуванні в дефектний сталевий трубопровід діаметром від 150 до 500 мм випробуваного на практиці рукава Прімум Лайн, який витримує високий тиск (рис. 10, а). Внутрішнє покриття рукава Прімум Лайн є термопластичним синтетичним матеріалом, який має малу гідрравлічну шорсткість. Зовнішнє покриття складається із стійкого до зношування поліетилену. Між зовнішнім і внутрішнім покриттям містяться один або два шари тканини з арамідних ниток (кевлару). Кевлар має найбільшу серед усіх волокон міцність на розрив. Найкраще співвідношення міцності і ваги кевлару означає, що всюди, де вага має вирішальну роль, елементи з кевлару забезпечують необхідну міцність і водночас, у багато разів легші за елементи з інших матеріалів.

Рукав Прімум Лайн протягують в очищений, обстежений трубопровід (рис. 10, б). Біля робочого котловану розміщують барабан з рукавом Прімум Лайн, а біля приймального – тяговий засіб. Після протягування рукав Прімум Лайн, який на кінцях має спеціальні з'єднувачі (рис. 10, в), зварюванням або з допомогою фланців під'єднується до прилеглих ділянок трубопроводу.

Переваги методу “Прімум Лайн”:

- незначне зменшення внутрішнього діаметра ремонтного трубопроводу (рукав Прімум Лайн щільно прилягає до внутрішньої стінки дефектного трубопроводу і має малу товщину стінки);

- висока міцність (витримує тиск до 2,5 МПа) і стійкість рукава до абразивного зношування;

- рукав “Прімум Лайн” є гнучким, що дає змогу ремонтувати протяжні ділянки довжиною до 1 км, які містять криві повороту до 30°;

- гладкість внутрішньої поверхні рукава, що зменшує опір потоку;

- відремontований трубопровід методом “Прімум Лайн” має гарантійний термін 50 років;

- мінімальний об'єм земляних робіт. В більшості випадків виконується протягування з

котловану в котлован (колодязя в колодязь, що означає повне виключення земляних робіт);

- мінімальні технічні складнощі;
- відсутність ризику пошкодження інших трубопроводів, які проходять поряд з ремонтним;

- широка сфера застосування;
- не потрібно додаткової техніки (компресорів, парогенераторів тощо);

- незначні терміни виконання робіт і швидке відновлення перекачування;

- невеликі розміри ремонтного майданчика.

Недоліки методу “Прімум Лайн”:

- відсутність виробників рукава “Прімум Лайн” в Україні;
- необхідність якісного очищення внутрішньої порожнини дефектного трубопроводу.

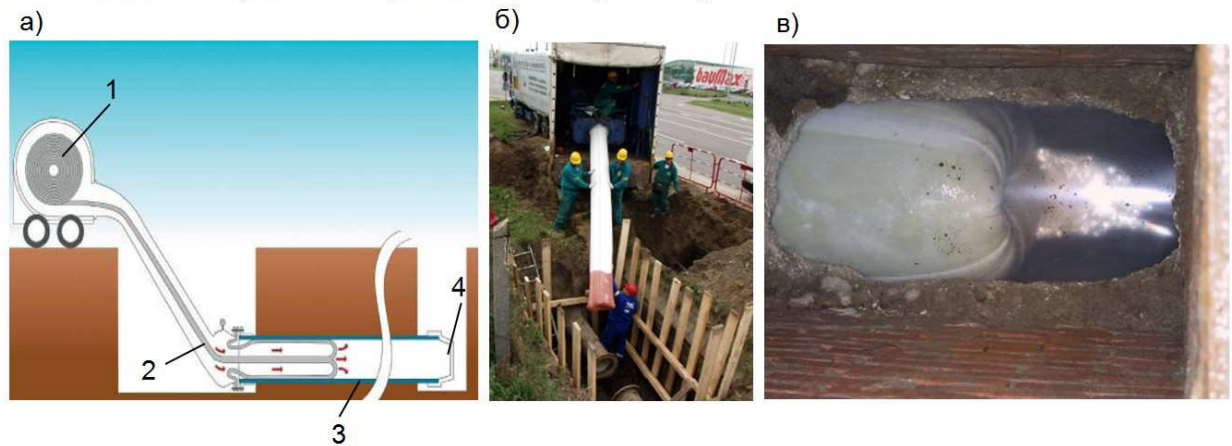
Методом “панчохи” (метод “фенікс”) (рис. 11, а) ремонтують трубопроводи теплогазових мереж діаметром більше 100 мм. Він є ефективним для ремонту ділянок трубопроводів, які містять такі кути повороту, що неможливо протягувати новий поліетиленовий трубопровід. Крім того, методом “панчохи” можна ремонтувати труби не круглого перерізу, наприклад овального або іншого. Такі трубопроводи можуть бути відновлені тому, що матеріал, який застосовується для ремонту трубопроводів методом “панчохи” відрізняється гнучкістю.

Метод “панчохи” був розроблений в Японії для захисту трубопровідних систем від землетрусів, а до досконалості був доведений в Європі. На відміну від методу “труба в трубі”, коли старий трубопровід є каркасом, ця технологія передбачає подальше функціонування відремontованого трубопроводу, як робочого.

Кожен виробник виготовляє рукави з різних матеріалів, але в загальному вони є синтетичним полотном з поліефірних і нейлонових ниток товщиною – від 3 до 50 мм.

Перед реконструюванням трубопроводу методом “панчохи” треба якісно підготувати внутрішню поверхню старої труби (очистити до твердого (без корозії) металу і висушити).

Спочатку вимірюють і відрізають необхідну довжину рукава. Змащують його внутрішню



а) загальна схема; б) прошивування рукава з автомашини; в) прошивування рукава в дефектний трубопровід; 1 – барабан з рукавом; 2 – рукав; 3 – дефектний трубопровід; 4 – заглушка

Рисунок 11 – Безтраншейний ремонт трубопроводу методом “панчохи”

поверхню двокомпонентним епоксидним клеєм за допомогою катка і змотують один кінець, а інший затискають в прикріпленому до трубопроводу або установленому на автомашині фланці (рис. 11, б). Тоді рукав тиском повітря, яке подають від компресора, вивертають внутрішньою стороною на зовні, як панчохи, прошивуючи таким чином в дефектний трубопровід (рис. 11, в). Після вивертання сторона рукава просякнута епоксидним клеєм приклеюється до внутрішньої сторони труби. Для розладжування гофр та прискорення полімеризації епоксидного клею в рукав парогенератором нагнітають пар. В місцях бокових відводів вирізають отвори дистанційно керованим роботом.

В тих місцях, де зварні з'єднання зміщені або повністю відсутні рукав створює плавний перехід.

Метод “панчохи” менш складний та трудомісткий, ніж метод протягування, але потребує більших витрат через велику вартість застосовуваних матеріалів і необхідність спеціального обладнання. Внутрішня поверхня рукава є гладкою, що забезпечує максимальну швидкість потоку і зменшує виникнення осаду.

Переваги методу “панчохи”:

- м'який синтетичний рукав може проходити кути повороту трубопроводів до 45°;
- незначне зменшення внутрішнього діаметра ремонтovanого трубопроводу (рукав щільно приклеюється до внутрішньої стінки дефектного трубопроводу і має малу товщину стінки);
- висока стійкість рукава до абразивного зношування;
- гладкість внутрішньої поверхні рукава, що зменшує опір потоку;
- можливість ремонту труб не круглого перерізу;
- мінімальний об'єм земляних робіт. В більшості випадків виконується протягування з котловану в котлован (колодязя в колодязь, що означає повне виключення земляних робіт);
- віддаль між котлованами (колодязями) може складати до 500 м;

- відсутність ризику пошкодження інших трубопроводів, які проходять поряд з ремонтovanим;

- широка сфера застосування;
- велика швидкість виконання робіт;
- невеликі розміри ремонтного майданчика. Недоліки методу “панчохи”:
- відносна висока вартість матеріалів;
- потрібна додаткова техніка (компресори, парогенератори тощо);
- недостатня міцність матеріалу рукава;
- необхідність якісного очищення внутрішньої порожнини дефектного трубопроводу і повного її висушування;
- можливе нещільне прилягання рукава до внутрішньої стінки дефектного трубопроводу (особливо на кутах повороту, де можливе утворення гофрів), що суттєво впливає на міцність трубопроводу.

Методом нанесення цементно-піщаного або цементно-полімерного покриття на внутрішню поверхню дефектного сталевго трубопроводу ремонтують трубопроводи теплових мереж діаметром більше 300 мм. Цементно-піщані та цементно-полімерні покриття є надійним засобом ліквідації різного роду дефектів на внутрішній поверхні трубопроводу, а також мають добрі антикорозійні властивості.

Цементно-піщане або цементно-полімерне покриття наноситься методом центрифугування або відцентрового розпилення пневматичною або електричною металюною головою облицювального агрегату. Товщина покриття може становити від 3 до 16 мм залежно від діаметру ремонтovanого трубопроводу та наявних дефектів в трубопроводі. До складу цементно-полімерного покриття, окрім смоли, входять волокнисті добавки на основі скла, які захищають трубопровід від корозії і абразивного зношування, гарантуючи водонепроникність стінок.

Облицювальний агрегат протягують всередині ремонтovanого трубопроводу. Одночасно з нанесенням пневматичною або електричною металюною головою облицювального агрегату

покриття розправляється розгладжувальними лопатками (рис. 12). Така операція може бути виконана кілька разів до досягнення необхідної товщини захисного покриття.



Рисунок 12 – Нанесення цементно-піщаного покриття на внутрішню поверхню дефектного сталевго трубопроводу облицювальним агрегатом

Після закінчення виконання робіт трубопровід набуває багатшарової конструкції, внутрішня поверхня якого виконана з гладкого тонкостінного бетону. Контроль за процесом нанесення цементно-піщаного покриття полягає у вимірюванні товщини захисного шару і перевірки якості шліфування.

Переваги методу нанесенням цементно-піщаного та цементно-полімерного покриття:

- відносна простота виконання і низьку вартість ремонтних робіт, що становить близько 30% вартості нового будівництва;

- покриття зберігає свої властивості протягом тривалого терміну експлуатації – близько 50 років;

- довжина ремонтної ділянки залежить від діаметру і конфігурації трубопроводу і може досягати 240 м;

- запобігання корозії внутрішньої поверхні трубопроводів;

- запобігання мінеральних відкладень і біологічних обростань;

- тонка і гладка поверхня облицювання знижує гідравлічний опір і втрати напору в трубопроводі при незначному зменшенні внутрішнього діаметра;

- відсутність ризику пошкодження інших трубопроводів, які проходять поряд з ремонтними;

- усунення витоків за рахунок герметизування нещільностей;

- мінімальний розмір ремонтного майданчика;

- мінімальний об'єм земляних робіт. В більшості випадків роботи виконуються з котловану в котлован (колодязя в колодязь, що означає повне виключення земляних робіт);

- збереження якості питної та високоякісної технологічної води.

На основі своїх мікробіологічних властивостей, високої міцності, опірності механічним навантаженням, цементно-піщане покриття є

ідеальним матеріалом для реконструкції систем водопостачання.

Лабораторні досліди свідчать, що навіть якщо при нанесенні цементного розчину в захисному шарі утворилися тріщини, то з часом вони затягуються при взаємодії вологи, яка є в транспортованому продукті і цементного каменю з карбонатом кальцію.

Недоліки методу нанесенням цементно-піщаного та цементно-полімерного покриття:

- після нанесення покриття трубопровід може бути введений в експлуатацію тільки через 3-5 діб, тобто технологічний цикл процесу є відносно тривалим;

- метод неефективний у місцях зміщення труб у стиках, деформування трубопроводу, розгалуженої мережі трубопроводів (під час нанесення покриття може закупоритись відвід з малим поперечним перерізом);

- незначне збільшення гідравлічних втрат в результаті зменшення діаметру ділянки трубопроводу;

- наявність вздовж траси трубопроводу кутів повороту більше 11° , спусків та підйомів робить неможливим проходження облицювального агрегату. В даному випадку необхідно додаткове розкопування трубопроводу;

- у разі інтенсивної експлуатації трубопроводу можливе механічне (надлишкова проникність покриття, ерозія, поява тріщин (в основному внаслідок недотримання технології приготування і нанесення покриття)) або хімічне (вплив різних кислот, лугів, газів; біологічна корозія з утворенням сірководню) руйнування захисного шару.

Дані чинники треба враховувати під час прийняття рішення про ремонт трубопроводу цим методом, тому що в сукупності може виявитися, що дана технологія може бути недоцільна і, як підсумок, не буде досягнуто кінцевої мети проекту – відновлення міцних показників трубопроводу і гідравлічних характеристик потоку.

Дані фірм виконавців робіт дають змогу оцінити питому вагу реалізації вище вказаних методів безтраншейного ремонту трубопроводів:

- метод “труба в трубі” – 44-55 %;

- метод “U-лайн”, метод “Swagelining” – 15-18 %;

- метод протягування полімерної труби з руйнуванням дефектного сталевго трубопроводу – 8-10 %;

- метод “Прімус Лайн” – 9-11 %;

- метод “панчохи” – 7-9 %;

- метод нанесення цементно-піщаного або цементно-полімерного покриття – 6-8 %.

Після ремонту теплогазових мереж більшістю методами безтраншейного ремонту зменшується внутрішній діаметр ремонтного трубопроводу. Але зменшення внутрішнього діаметра ремонтного трубопроводу, як правило, майже повністю компенсується зменшенням опору потоку, що зумовлене значно меншою шорсткістю полімерного матеріалу порівняно з шорсткістю старих металевих труб. Треба зазначити, що в деяких випадках такими

технологіями ремонту можна збільшити пропускну здатність трубопроводу. Величина зменшення внутрішнього діаметра трубопроводу після ремонту визначається:

- міцністю ремонтного трубопроводу і розмірами його пошкоджень;
- робочим тиском;
- фізико-механічними властивостями ремонтного матеріалу;
- технологією ремонту.

Висновки

Переваги безтраншейних технологій ремонту теплогазових мереж є очевидними і полягають в тому, що капітальні витрати на ремонт знижуються в середньому на 40-50%, а продуктивність робіт збільшується в рази, що дає змогу підвищити темпи виконання робіт. Відсутні значні труднощі з розкопування дефектних трубопроводів (влаштування котловану, колодязя необхідне тільки на одному кінці ремонтної ділянки трубопроводу, там де готують нову полімерну трубу, а в деяких випадках не потрібно взагалі. Так, наприклад, для ремонту гравітаційних трубопроводів можна обійтись без колодязя, застосовуючи труби з замковим або різьовим з'єднанням). Безтраншейні технології є ефективними у місцях щільної міської забудови. Не потрібно багатьох і часто дорогих та довготривалих узгоджень на виконання ремонтних робіт, не треба перекривати дороги, не руйнується дорожнє покриття, благоустрій міст. Характерною особливістю сучасних безтраншейних технологій є високий рівень механізації і мінімальні обсяги ручної роботи.

Література

- 1 Орлов В. А. Восстановление ветхих трубопроводов предварительно сжатыми полимерными трубами [Текст] / В. А. Орлов, К. Е. Хренов, И. О. Богомолова // Вестник МГСУ. – 2014. – № 2. – С. 105 – 113.
- 2 Орлов В. А. Технология Swagelining. Опыт восстановления напорного чугунного трубопровода с использованием бестраншейного метода [Текст] / В. А. Орлов, Е. А. Кашкина // Технологии Мира. – 2011. – № 9. – С. 13 – 14.
- 3 Allouche E. State-of-the-Art Review of No-Dig Technologies for New Installations [Text] / E. Allouche, S. Ariaratnam // Proceedings, Pipeline, ASCE Conference. – Reston. – 2002.
- 4 Catha S. An innovative new technology for trenchless rehabilitation of high pressure gas (liquid) transmission pipelines [Text] / S. Catha, R. Burke, M. Kanninen // Pipeline Technology Conference. – 2008.
- 5 Elzink W. Lining with Plastics Pipes - Experiences from Europe [Text] / W. Elzink, J. Schuurmans // Trenchless Asia, ISTT Conference. – Singapore. – 1995.
- 6 Janflen A. Importance of lateral structural repair of lateral lines simultaneously with main line CIPP rehabilitation [Text] / A. Janflen // NO-DIG Sao Paulo (Brasil). – 2012.
- 7 Kutz G. E. Predicting I/I Reduction for Planning Sewer Rehabilitation [Text] / G. E. Kutz // Trenchless Pipeline Projects: Practical Applications. – New York: ASCE. – 1997. – P. 103-110.
- 8 Zwierzchowska A. Technologie bezwykopowej budowy sieci gazowych, wodociagowych i kanalizacyjnych [Text] / A. Zwierzchowska // Politechnika swietokrzyska. – Kielce, 2006. – 180 p.

Стаття надійшла до редакційної колегії
05.02.16

Рекомендована до друку
професором Грудзом В.Я.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. техн. наук Братахом М.І.
(УкрНДІГаз, м. Харків)