

**Епоян С.М., Сорокіна В.Ю., Ісакієва О.Г., Гайдучок О.Г.**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*(вул. Сумська, 40, м. Харків, 61002, Україна, e-mail: [ykg.knuca@ukr.net](mailto:ykg.knuca@ukr.net); [orcid.org/0000-0003-4551-1309](https://orcid.org/0000-0003-4551-1309),  
[orcid.org/0000-0002-9574-5253](https://orcid.org/0000-0002-9574-5253), [orcid.org/0000-0003-2074-5811](https://orcid.org/0000-0003-2074-5811), [orcid.org/0000-0003-3139-9061](https://orcid.org/0000-0003-3139-9061))*

## **ТЕХНОЛОГІЯ БЕЗТРАНШЕЙНОЇ РЕНОВАЦІЇ ТРУБОПРОВІДІВ ВОДОВІДВЕДЕННЯ МЕТОДОМ СПІРАЛЬНОЇ НАВИВКИ**

В Європейській практиці 95% обсягу відновлювальних робіт ведеться безтраншейним методом. В деяких великих містах Європи відкритий спосіб ремонту і будівництва мережі взагалі заборонений. Тому, в останнє десятиліття безтраншейні технології прокладки і санації старих трубопроводів стали популярними. Ці технології оперативні, не порушують інфраструктуру міст, екологічні та економічні. Проаналізовано закордонний досвід використання спірально-навивального метода санації трубопроводів і рекомендовано до застосування на вітчизняних комунальних підприємствах, як ефективний метод безтраншейного відновлення мереж водовідведення, що поліпшить їх функціональність з урахуванням довговічності, надійності та економічної доцільності. Теоретично обґрунтовано, що метод спірально-навивальної санації SPR (Spiral Pipe Renewal Technology) здійснює реновацію трубопроводів через оглядові колодязі без порушення інфраструктури міста, екології, при збереженні потоку в трубопроводі. На підставі закордонного досвіду доведено підвищення надійності мереж водовідведення за допомогою впровадження технології безтраншейної санації методом спіральної навивки. Ця технологія дозволить відновити старі безнапірні, напірні та тунельні колектори в Україні.

**Ключові слова:** трубопровід водовідведення, безтраншейна технологія, спірально-навивальна санація, тунельні колектори.

**Вступ.** Трубопроводи в місті Харкові, як і в багатьох містах України, прокладені ще в минулому столітті. Зрозуміло, що на теперішній час вони досить зношені і знаходяться в аварійному стані. Відновлення їх стало досить актуальним завданням. Комунальні служби все більше переваги віддають безтраншейному відновленню мереж каналізації, тобто, санації [1-4].

Особливе місце серед розмаїття безтраншейних технологій санації трубопроводів займає метод спіральної навивки SPR, який був розроблений японською фірмою SEKISUI. SEKISUI SPR - це інноваційна, запатентована та відома у всьому світі спірально-навивальна технологія, що використовується для відновлення пошкоджених труб з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Ця технологія базується на принципі намотування суцільної пластикової смуги на вкладиш безпосередньо в пошкоджену трубу [5].

Цей метод, за досвідом експлуатації та думкою фахівців, вважається простим і безпечним методом відновлення зруйнованих трубопроводів. На сьогоднішній день він є одним з кращих для санації колекторів різної форми перетину, глибини закладення і різних конфігурацій мережі. За допомогою спірально-навивального методу, можливо відновлення і вертикальних споруд: колодязів, шахт тунельних колекторів, резервуарів. Спірально-навивальні технології застосовуються для ремонту безнапірних колекторів, напірних трубопроводів до 2 атм., дренажної каналізації, тунельних колекторів, побудованих методом щитової проходки.

**Матеріали і методи досліджень.** Принцип методу спіральної навивки SPR полягає у виготовленні всередині зношеної труби жорсткого та легкого облицювання. Технологія даного виду санації передбачає влаштування всередині існуючого трубопроводу спіральної навитої труби. Вона виготовляється на місці монтажу з довгою полімерної смуги. З'єднання між смугами механічне, за допомогою клямок, які розташовані на кожному краї. Гофроване полотно виготовляється з полівінілхлориду (ПВХ) з армуванням і без, або з поліетилену високої міцності (ПЕВП). Смуга має зовнішні ребра для підвищення міцності труби. Ці труби можуть монтуватися як із цементною заливкою міжтрубного простору на

місці монтажу, так і без неї. При заливці міжтрубного простору ребра виконують роль анкера.

Діапазон колекторів, що сануються, може сягати до 5500 мм. Також цей метод може бути використаний для вертикальних споруд (оглядових колодязів, шахт тунельних колекторів, резервуарів). Конструкція пластикового полотна дозволяє проходити ділянки траси з радіусами до 5 діаметрів колектора [6,7]. Робота по санації виконується в наступному порядку:

1. Огляд мережі, очищення ділянки, що ремонтується.
2. Здійснення спіральної навивки.
3. Монтаж елементів кріплення.
4. Заливка міжтрубного простору.

Для виконання санації використовується спеціалізована навивальна машина, яка встановлюється поблизу люка оглядового колодязя або шахти тунелю. Роботи можуть проводитися не тільки з землі, але і всередині колектору. Навивальний агрегат знаходиться стаціонарно або може рухатись по вісі трубопроводу (рис.1) [6-8].

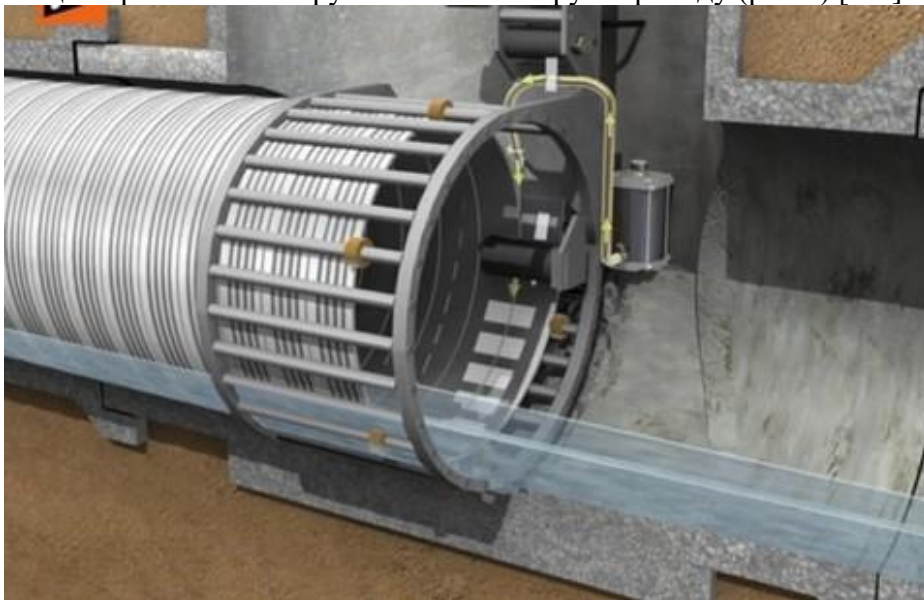


Рис. 1. Спірально-навивальний комплекс

Спірально-навивальний комплекс при відновленні водовідвідного трубопроводу (рис.2) складається з: бобіни з нескінченною стрічкою (1), трубопроводу, який підлягає реновації (2), обсадної труби всередині старої труби (3), саморушійної навивальної машини (4) та пересувного пристрою (5), який безперервно подає клейову смолу.

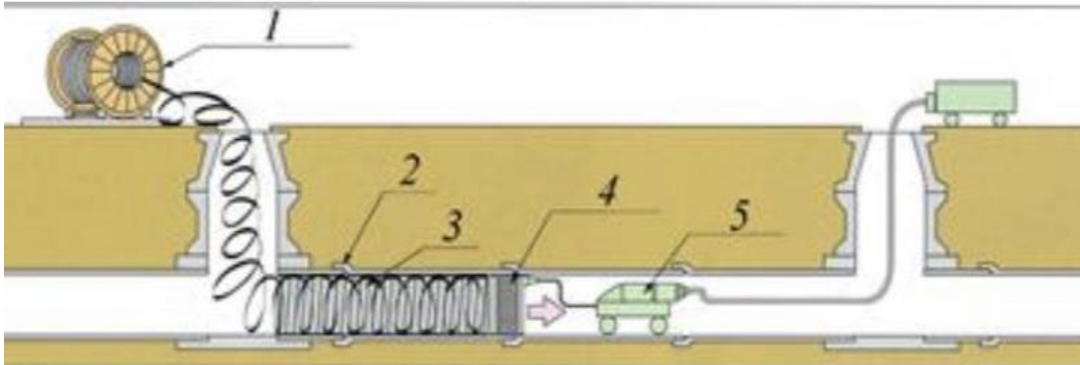


Рис. 2. Схема спірально-навивальної технології при відновленні водовідвідного трубопроводу за допомогою пересувної машини [8]

В пошкодженій трубопроводі розмотується з бобіни і навивається нескінченна полімерна стрічка, утворюючи обсадну трубу. Краї стрічки з'єднуються один з одним клямками, утворюючи суцільну міцну конструкцію. Спирально-навивальний комплекс, переміщаючись вперед по ремонтваній трубі, спирально навиває профіль, утворюючи за собою трубу.

В результаті цього процесу отримана труба залишається позаду між матеріалом профілю SPR і ремонтваною трубою. Спирально-навивальну машину, що сама рухається, можна розібрати, щоб пройти в існуючі каналізаційні люки. Вона являє собою щось на зразок ланцюга, якщо видалити напрямні рами, то її можна опустити в ремонтвану трубу незалежно від форми каналізаційного люка (рис.3). Швидкість подачі профілю в навивальну машину 5-10 м/хв.



Рис. 3. Відновлення трубопроводу напівеліптичної (шатрової) форми методом спіральної навивки

Для ремонту колекторів спирально-навивальним методом використовують 4 модифікації: SPR, SPR PE, SPR EX, SPR ST. Ці модифікації застосовуються в залежності від діаметру існуючої труби, поперечного перерізу, глибини закладення трубопроводу, властивостей ґрунту, вимог до трубопроводу і відрізняються матеріалом профілю, заповненням міжтрубного простору або без нього [5,8].

Модифікації SPR призначена для труб великого діаметра до 5500 мм (включаючи, але не обмежуючи) і вертикальних конструкцій за допомогою стрічки з ПВХ зі сталевим ущільненням. Коли труба готова, в простір між новою і старою трубами вводиться спеціальна суміш для статичної стійкості.

Модифікація SPR PE призначена для круглих труб з цегли, бетону, каменю, склопластику діаметром 900-3000 мм. Сталеve ущільнення профілю надає навитій трубі високу стійкість. В технології використовується профіль з сталі та ущільненого поліетилену високої міцності.

Модифікація SPR EX використовується при відновленні старих труб з цегли, бетону, каменю діаметром 150-1800 мм. Особливістю даної модифікації є те, що після ремонту обсадна труба щільно прилягає до старої. Ця модифікація спеціально розроблена для

сейсмічних зон, регіонів з просідаючими ґрунтами, місць звалищ, місць вироблення корисних копалин і т.д. Нова труба має максимальну щільність і стійкість до навантажень.

Модифікація SPR ST дозволяє відновлювати трубопроводи з традиційних матеріалів діаметром 450-2500 мм. Використовується при цьому ПВХ профіль додатково зі сталевим профілем. Завдяки цьому обсадна труба набуває максимальної стійкості при мінімальній втраті діаметра.

В ході роботи агрегату, виконується його перемикання без порушень цілісності «нової труби». Залежно від умов на об'єкті використовується одна з двох технологій навивки: метод проштовхуючої або саморушійної гідравлічної машини. В результаті санації цим методом труба являє собою самонесучу водонепроникну конструкцію, що володіє значною кільцевою жорсткістю.

Даний метод має ряд переваг в порівнянні з відкритим прокладанням трубопроводу і іншими методами санації [9,10]. Одна з головних переваг спіраль-но-навивальної технології - це виконання робіт по навивці полімерної стрічки при частковому наповненні трубопроводу (30-40%) і швидкості течії води до 5 м/с. А так, як у багатьох містах відсутні дублюючі колектори, то цей аспект є дуже суттєвим. Крім можливості проводити роботи без обвідної лінії, без відключення трубопроводу з експлуатації, цей метод санації має ще ряд важливих переваг:

- немає необхідності виконувати земляні роботи з розкриття стартових і прийомних котлованів, все обладнання і матеріали подаються через люки, тим самим не порушується благоустрій міста;

- з огляду на зниження коефіцієнта шорсткості, збільшуються гідравлічні показники, пропускна здатність збільшується на 25-35%;

- відсутність стиків і з'єднань в трубопроводі;

- можливість транзитного проходження існуючих колодязів із загальною довжиною санацій з стартовою камери до 500 м;

- можливість проходжень криволінійних ділянок і кутових поворотів до 60 градусів;

- санація будь-яких поперечних форм колекторів на будь-якій глибині;

- швидкість робіт. У день у середньому сануються 40-50 м;

- збільшення опорів динамічних, вібраційних навантажень за рахунок тампонажного розчину на основі цементу;

- збільшення кільцевої жорсткості. Після санації спіраль-но-навивальним методом трубопровід набуває нової збільшеної жорсткості, яка складається із залишкової кільцевої жорсткості старого трубопроводу і кільцевої жорсткості нового;

- проведення робіт в будь-який час року з мінімальною кількістю робочих;

- в ході роботи агрегату виконується його переключення без порушення цілісності труби;

- завдяки компактності обладнання, під час роботи можна використовувати невеликий за розмірами будівельний майданчик. Також можливе виконання робіт "з коліс";

- низька собівартість логістики та зберігання;

- довговічність, гарантійний термін більше 50 років.

**Результати дослідження.** Застосування спіраль-но-навивальної санації оптимально для каналізаційних колекторів будь-якого перетину, для відновлення тунельних колекторів, побудованих методом щитової проходки [11]. Цей метод санації дозволяє усунути всі види пошкоджень по довжині труб і в місцях їх стикування при повному відновленні структури трубопроводу і поліпшенні показників міцності і довговічності при частковому наповненні мережі. Реновація трубопроводів цим методом вимагає менших фінансових і тимчасових витрат без негативного впливу на навколишнє середовище та інфраструктуру міста.

В Україні все частіше впроваджуються методи безтраншейної реконструкції трубопроводів, що дозволяє знизити кількість пошкоджень та аварій на мережах водовідведення. Але метод спірально-навивальної санації, незважаючи на свою ефективність, що доведена в Європі, США, Японії, Росії, Казахстані та інших країнах, поки, на жаль, не знайшов свого широкого застосування у вітчизняних Водоканалах [6, 8-10, 12-14].

**Обговорення результатів.** Метод спірально-навивальної санації може бути рекомендований як надійний, перспективний, який дозволяє, не осушуючи трубопровід, в умовах інтенсивного руху транспорту, міської забудови, без розриву оновити та підвищити надійність мереж водовідведення.

**Висновки.** На підставі теоретичного аналізу методу спірально-навивальної санації було виявлено ряд переваг, які вигідно відрізняють цей безтраншейний спосіб відновлення трубопроводів водовідведення.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Гончаренко Д.Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения: монография. Харьков: Консум, 2008. 400 с.
2. Гончаренко Д.Ф., Убийвовк А.В., Бондаренко Д.А., Булгаков Ю.В. Оценка несущей способности крепи канализационного тоннельного коллектора и выбор методов его восстановления. Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. Вип. 1 (79). с. 66-71.
3. Гончаренко Д.Ф., Вевелер Х., Алейникова А.И. Эксплуатация, ремонт и восстановление трубопроводов водоснабжения. Харьков: Раритеты Украины, 2015. 280 с.
4. Каржинерова Т.И. Восстановление канализационных сетей безтраншейным методом как наиболее рациональный вариант ремонта канализационных трубопроводов. Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2018. Т. 91, №1. с. 108-114.
5. Инновационная технология восстановления. URL: [http://truboprovod.ru/innovation\\_technology](http://truboprovod.ru/innovation_technology)
6. Примин О., Отставнов А., Тен А. Инновационные технологии безтраншейного ремонта канализационных трубопроводов. URL: <http://gkhprofi.ru/article-12-2016/>
7. Паспорт технологии SPR. Метод спиральной навивки. URL: [http://www.b2b23.ru/download/documents/SPR\\_pasport\\_tehnologii.pdf](http://www.b2b23.ru/download/documents/SPR_pasport_tehnologii.pdf)
8. Орлов В. А., Орлов Е. В. Строительство, реконструкция и ремонт водопроводных и водоотводящих сетей безтраншейными методами: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2015. 221 с.
9. Санація канализационных коллекторов методом спиральной навивки. URL: <https://tehnomet.pro/tehnologii/swp-system-sl.html>
10. Dong Huang, Xiuhong Liu, Songzhu Jiang, Hongchen Wang, Junyan Wang & Yuankai Zhang Current state and future perspectives of sewer networks in urban China. Frontiers of Environmental Science & Engineering 12, 2018. Article number 2.

REFERENCES:

1. Goncharenko D.F. Eksploataciya, remont i vostanovlenie setej vodootvedeniya: monografiya. Kharkiv: Konsum, 2008. 400 p.
2. Goncharenko D.F., Ubijovk A.V., Bondarenko D.A., Bulgakov YU.V. Ocenka nesushchej sposobnosti krepki kanalizacionnogo tonnel'nogo kollektora i vybor metodov ego vosstanovleniya. Scientific Bulletin of Civil Engineering. Kharkiv: KhNUBA, KhOTV ABU, 2015. Nr. 1 (79). P. 66- 71.
3. Goncharenko D.F., Veveler H., Alejnikova A.I. Eksploataciya, remont i vostanovlenie truboprovodov vodosnabzheniya. Kharkiv: Raritety Ukrainy, 2015. 280 p.
4. Karzhinerova T. Recovery of sanitation networks the trendship method as the most rational opportunity for repairing channels. Scientific Bulletin of Civil Engineering. Kharkiv: KhNUBA KhOTV ABU, 2018. Vol. 91, №1. P. 108-114.
5. Innovative recovery technology. URL: [http://truboprovod.ru/innovation\\_technology](http://truboprovod.ru/innovation_technology)
6. Primin O., Otstavnov A., Ten A. Innovacionnye tekhnologii bestranshejnogo remonta kanalizacionnyh truboprovodov URL: <http://gkhprofi.ru/article-12-2016/>
7. SPR technology passport. Spiral winding method. URL: [http://www.b2b23.ru/download/documents/SPR\\_pasport\\_tehnologii.pdf](http://www.b2b23.ru/download/documents/SPR_pasport_tehnologii.pdf)
8. Orlov V. A., Orlov E. V. Stroitel'stvo, rekonstrukciya i remont vodoprovodnyh i vodootvodnyashchih setej bestranshejnymi metodami: uchebnoe posobie. Moscow: INFRA-M, 2015. 221 p.
9. Rehabilitation of sewers by spiral winding. URL: <https://tehnomet.pro/tehnologii/swp-system-sl.html>
10. Dong Huang, Xiuhong Liu, Songzhu Jiang, Hongchen Wang, Junyan Wang & Yuankai Zhang Current state and future perspectives of sewer networks in urban China. Frontiers of Environmental Science & Engineering 12, 2018. Article number 2. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11783-018-1023-1>

- URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11783-018-1023-1>
11. Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В., Бондаренко Д.А., Гармаш А.А. Эффективный метод ремонта и восстановления канализационных тоннелей. Промислове будівництво та інженерні споруди, 2016. №3. С.33-36.
  12. Combeer G., Melville S. Spiral wound pipe rehabilitation developments for the middle-eastern and asian markets. 31st ISTT International No-Dig Downunder, 1 September 2013 - 4 September 2013. URL: <https://www.scopus.com/inward/>
  13. Toshiyuki Deguchi, Hamao Yamashiro, Hiroshi Sugahara SPR method: rehabilitation technologies to revive decrepit pipelines. ISARC 2006. P. 315- 320.
  14. Ишмуратов Р.Р. Опыт применения бестраншейной спирально-навивочной технологии восстановления трубопроводов. URL: <http://robt.ru/uchebnye-i-nauchnye-stat-i/stati/89-opyt-primeneniya-bestranshejnoj-spiral-no-navivochnoj-tehnologii>
  11. Goncharenko D.F., Starkova O.V., Bondarenko D.A., Garmash A.A. Effektivnyj metod remonta i vosstanovleniya kanalizacionnyh tonnelej. Industrial construction and engineering structures, 2016. №3. P.33-36.
  12. Combeer G., Melville S. Spiral wound pipe rehabilitation developments for the middle-eastern and asian markets. 31st ISTT International No-Dig Downunder, 1 September 2013 - 4 September 2013. URL: <https://www.scopus.com/inward/>
  13. Toshiyuki Deguchi, Hamao Yamashiro, Hiroshi Sugahara SPR method: rehabilitation technologies to revive decrepit pipelines. ISARC 2006. P. 315- 320.
  14. Ishmuratov R.R. Experience of using trenchless spiral-wound technology for pipeline rehabilitation URL: <http://robt.ru/uchebnye-i-nauchnye-stat-i/stati/89-opyt-primeneniya-bestranshejnoj-spiral-no-navivochnoj-tehnologii>

**Ероян С., Сорокіна В., Ісакієва О., Хайдучок О. TECHNOLOGY OF TRENCHLESS RENOVATION FOR DRAINAGE PIPELINES BY SPIRAL-WOUND.** In European practice, 95% of the volume of restoration work is carried out by the trenchless method. In some large cities in Europe, open methods of repair and construction for network are generally forbidden. Therefore, in the last decade, trenchless technologies for laying and rehabilitating old pipelines have become popular. These technologies do not violate the infrastructure of cities, environmental and economic. The foreign experience of using the spiral-winding method for pipeline rehabilitation is analyzed and recommended for use at domestic utilities as an effective method. It is theoretically substantiated that the method of spiral-remediation rehabilitation SPR (Spiral Pipe Renewal Technology) carries out the renovation of pipelines through inspection. Based on foreign experience this technology can help to restore all types of pipelines in Ukraine. **Keywords:** drainage pipeline, trenchless technology, spiral-wound method, tunnel collectors.