

ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД

УДК 628.24

DOI 10.31649/2311-1429-2025-2-142-148

К. В. Соколенко

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ
МЕРЕЖ ЗОВНІШНЬОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Дала

Проведено аналіз технічного стану систем водовідведення в Україні який засвідчує, що значна частина каналізаційних колекторів перебуває у критичному або аварійному стані, що становить загрозу стабільній роботі інженерної інфраструктури та потребує негайних технічних рішень. Зношеність залізобетонних трубопроводів, їхня нестійкість до біогенної корозії та механічних впливів, а також значні обсяги інфільтрації в мережах зумовлюють підвищене навантаження на мережі водовідведення, збільшення експлуатаційних витрат і високий ризик аварій.

Результати дослідження показують, що безтраншейні методи реконструкції, зокрема технологія «труба в трубі» із застосуванням полімерних трубопроводів, є одним з найефективніших напрямків технічного переоснащення мереж водовідведення який дозволяє не лише подовжити строк служби систем, але й суттєво покращити їх гідравлічні характеристики.

Гідравлічні розрахунки підтвердили, що при однакових умовах експлуатації полімерні труби забезпечують збільшення швидкості руху стічних вод та витрати в середньому на 40-45% у порівнянні з залізобетонними аналогами однакового діаметра. Це пояснюється низьким коефіцієнтом шорсткості внутрішньої поверхні поліетилену, завдяки чому навіть при частковому зменшенні живого перерізу пропускна здатність системи не тільки зберігається, а часто й зростає.

Для напірних каналізаційних мереж додатково встановлено значний потенціал енергозбереження. Зменшення витрат напору по довжині трубопроводу при використанні полімерних труб дозволяє знизити загальні енергетичні витрати каналізаційно-насосних станцій, що робить реконструкцію полімерними матеріалами економічно виправданою навіть у короткостроковій перспективі.

Загалом проведене дослідження підтверджує, що безтраншейна санація з використанням полімерних трубопроводів повинна розглядатися як пріоритетний шлях модернізації систем водовідведення.

Ключові слова: безтраншейна санація, Каналізаційні колектори, реконструкція каналізаційних мереж, полімерні трубопроводи, пропускна здатність трубопроводів, енергозбереження в системах водовідведення, метод «труба в трубі».

Вступ

Загальнонаціональний стан водопровідно-каналізаційного господарства в Україні характеризується надзвичайно високим ступенем зношеності.

Проблема зношеності та аварійності систем централізованого водовідведення є однією з найгостріших загроз для соціального та економічного благополуччя міст в Україні та світі. Інвестиції в основні фонди галузі недостатні, що має наслідком збільшення мереж, що знаходяться у критичному стані, каналізаційна інфраструктура країни функціонує в аварійному режимі – за офіційними даними, більше 40% каналізаційних мереж перебувають у незадовільному та аварійному стані ([1], [2] – с. 68). Зношеність основних фондів водоканалів у середньому сягає 70% [3].

Ситуація в окремих містах та регіонах є показовою. Наприклад, у Києві частка ветхих та аварійних мереж становить майже 30% (822,55 км) [4], а в Житомирі 71% мереж є аварійними, у Житомирській області 41,4% мереж є ветхими та аварійними [5]. У Харківській області станом на 2023 рік частка ветхих та аварійних мереж водовідведення сягає 63,2% ([2] – с. 320).

Загалом по Україні у 2023 році загальна протяжність ветхих та аварійних мереж централізованого водовідведення становила 14628 тис. км (41,5%). Незважаючи на необхідність термінової заміни цих мереж, протягом 2023 року було замінено лише 0,7% від потреби ([2] – с. 329). Це свідчить про те, що комунальні служби змушені переважно «латати дірки», а не проводити планомірну реконструкцію, що у довгостроковій перспективі загрожує колапсом у сфері водовідведення.

Основна маса існуючих каналізаційних колекторів, побудована у 50-80-х роках минулого століття, виконана із залізобетонних конструкцій. Ці конструкції вичерпали свій амортизаційний ресурс і є нестійкими до хімічних та механічних впливів. Головною причиною руйнування з/б труб є біогенна (газова) корозія, спричинена сірководнем, що виділяється зі стоків, внаслідок чого бетон стає крихким, а сталева арматура іржавіє. Неналежний стан труб, своєю чергою, призводить до витоків, та спричиняє

проникнення ґрунтових вод (інфільтрацію) у магістральні колектори, перевантажуючи каналізаційні насосні станції (КНС) та очисні споруди [6]; обвали кладки та ґрунтового масиву, що призводить до закупорювання колекторів та виходу стічних вод на поверхню, а також знижує живий переріз трубопроводу [7-9].

Можна навести характерні приклади (рис. 1):

- руйнування цегляного каналізаційного колектору діаметром 1200 мм побудованого в 1943 році в м. Харків, що призвело колектор до аварійного стану [11].
- пошкодження самопливного залізобетонного колектора діаметром 2000 мм у місті Суми де верхнє склепіння каналізаційної труби та залізобетонні конструкції діючих камер зруйнувалися [10].

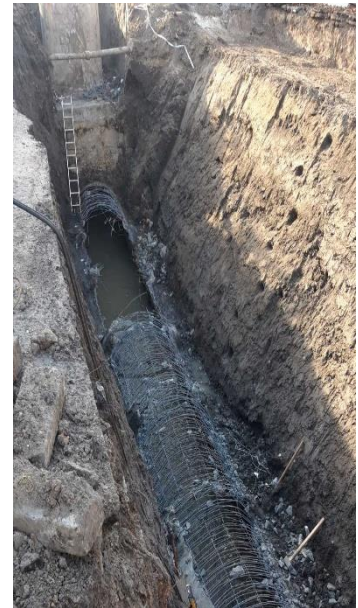


Рисунок 1 – Руйнування колектору каналізації в містах Харків та Суми

Через ведення бойових дій галузь зазнала суттєвих пошкоджень та втрат. За оцінкою Світового банку (станом на лютий 2023 р.), загальні збитки, завдані галузі у 11 областях, становили більше 2,2 млрд доларів США, а потреба у відновленні оцінювалася більше ніж у 7 млрд доларів США [2 – с. 69].

Таким чином, для усунення проблеми та забезпечення безаварійної роботи каналізаційних мереж, зважаючи на дефіцит фінансування та критичну зношеність існуючих колекторів, виникає гостра необхідність у застосуванні ефективних методів реконструкції, та впровадження вискоєфективних технологій.

Основна частина

Існуючі дослідження розглядають два основні підходи до відновлення трубопроводів: відкритий та безтраншейний (санація) [7, 12 – с. 13]. Відкритий спосіб є доцільним для колекторів неглибокого залягання за відсутності необхідності проводити ці роботи в межах пішохідних та транспортних доріг. У сучасній інженерній практиці дедалі частіше застосовується безтраншейна технологія, до яких відносяться нанесення суцільного покриття цементно-піщаного розчину, заливка смол, установлення вставних труб, технологія встановлення армованих полімерних рукавів [13].

Безтраншейні методи є найбільш прогресивним та економічно ефективними методами відновлення колекторів, оскільки вона дозволяє мінімізувати негативний вплив на життєдіяльність міст та транспортних систем, часто навіть без зупинки роботи відновлюваних об'єктів.

Ключовим напрямком санації є метод «труба в трубі», при якому у старий колектор протягується нова труба меншого діаметра. Для цього використовуються полімерні трубопроводи (наприклад, поліетиленові спіральновиті труби), які забезпечують абсолютну стійкість до газової корозії [12]. Застосування полімерів дозволяє суттєво продовжити термін експлуатації системи.

Сучасні полімерні труби (PVC, PE, PP) мають термін служби у 75-100 років. Менша вага та

корозійна стійкість полімерів дозволяють уникнути багатьох пошкоджень, властивих старим залізобетонним колекторам. До того полімерні труби ж забезпечують значну економію порівняно з бетонними чи керамічними в каналізаційних системах [14]. Реконструкція каналізаційних трубопроводів за допомогою полімерів є в тому числі енергозберігаючим заходом, який впливає як на саму транспортну мережу (знижуючи гідравлічні втрати), обладнання (зменшуючи навантаження на насосні станції), так і на кінцевих споживачів послуг, оскільки електроенергія може складати до 60% тарифу, що підкреслює необхідність енергозберігаючих заходів [5].

Важливою перевагою санації є можливість проведення робіт без зупинки системи. Це особливо актуально для густонаселених районів, де неможливо тривалий час перекривати потоки стічних вод. Безтраншейна технологія мінімізує втручання у міське середовище, скорочує строки реконструкції і зменшує вартість проєктів у порівнянні з традиційними методами заміни труб.

Особливістю санації є те, що, хоча переріз трубопроводу незначно зменшується, застосування полімерних трубопроводів дозволяє підвищити пропускну здатність колекторів навіть при зменшенні площі живого перерізу, що обумовлюється зменшенням шорсткості внутрішніх стінок.

Порівняльна характеристика безтраншейного та відкритого методів наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння методів реконструкції систем водовідведення

Критерій	Безтраншейний метод («труба в трубі»)	Відкритий спосіб
Економічна ефективність	Більш дешевий метод у порівнянні з іншими технологіями санації. Дозволяє істотно скоротити фінансові витрати і терміни робіт	Досить витратний і трудомісткий процес, особливо в міських умовах, що потребує масштабних земляних робіт та відновлення дорожнього полотна
Технічний компроміс	Зменшується живий переріз трубопроводу	Дозволяє укласти трубу того ж чи більшого діаметру
Гідравлічні показники	Компенсація зменшення перерізу відбувається за рахунок значно меншого коефіцієнта шорсткості полімерних труб. Гладка внутрішня поверхня забезпечує кращі гідравлічні характеристики.	Залежить від матеріалу. Для полімерних труб характеристики також високі
Вплив на міське середовище	Мінімальний негативний вплив на життєдіяльність міст, транспортні системи та ландшафт	Порушує життєдіяльність ділянки проведення ремонтних робіт, оскільки вимагає розкриття покриття з подальшим його відновленням
Термін служби	Продовжує термін експлуатації існуючих систем до 50 років і більше	Відновлений трубопровід з використанням традиційних технологій монолітного залізобетону, може експлуатуватися впродовж 30-40 років.

Постає питання кількісного аналізу пропускну здатності мереж водовідведення виконаних із застосуванням полімерів при реконструкції. З цією метою виконаємо гідравлічний розрахунок самопливного трубопроводу водовідведення виконаного з залізобетону та поліетилену внутрішнім діаметром $d_{\text{вн}} = 1000$ мм, ухилом $i = 0.0013$ та при наповненні $h/D = 0.8$. Гідравлічний розрахунок виконуємо відповідно до положень діючих норм [15] за наступними формулами для самопливних трубопроводів:

$$i = \frac{\lambda v^2}{8Rg} \quad (1)$$

де v – середня швидкість руху стічних вод, м/с; R – гідравлічний радіус, м; g – прискорення вільного падіння, м/с²; λ – коефіцієнт опору тертю по довжині, який слід визначати за формулою, що враховує різний ступінь турбулентності потоку:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\Delta}{13.68R} + \frac{a_2}{\text{Re}} \right) \quad (2)$$

де Δ – еквівалентна шорсткість, см; a_2 – коефіцієнт, що враховує характер шорсткості труб і каналів

та наявність завислих речовин у стічних водах; Re – число Рейнольдса, яке визначається при в'язкості стічних вод $\nu = 1.43 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ (при температурі 10°C , та кількості зважених речовин 600 мг/л).

Значення Δ та a_2 приймаємо відповідно до таблиці 5 ДБН [15], які для труб з залізобетону становлять – $\Delta = 0.002 \text{ м}$, $a_2 = 100$; для труб з поліетилену – $\Delta = 0.00004 \text{ м}$, $a_2 = 20$;

Для труби круглого перерізу при заданому h/D , площа живого перерізу та гідравлічний радіус визначаються як:

$$\omega = 0.6736d^2 = 0.6736 \cdot 1^2 = 0.674 \text{ м}^2;$$

$$R = 0.3042d = 0.3042 \cdot 1 = 0.304 \text{ м}$$

Формулу (1) можна представити як:

$$\nu^2 \lambda = 8Rgi \quad (3)$$

Розв'язання системи рівнянь (2)-(3) виконується чисельно. Отримане рішення:

- залізобетонна труба – $\lambda = 0.0239$; $\nu = 1.139 \text{ м/с}$;
- поліетиленова труба – $\lambda = 0.0117$; $\nu = 1.627 \text{ м/с}$.

Витрата залізобетонної труби:

$$q_c = \omega \nu_c = 0.674 \cdot 1.139 \cdot 10^3 = 767 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Витрата труби з поліетилену :

$$q_p = \omega \nu_p = 0.674 \cdot 1.627 \cdot 10^3 = 1096 \frac{\text{л}}{\text{с}}$$

Їх відношення складає:

$$\frac{q_p}{q_c} \approx 1.429$$

Для інших діаметрів можуть бути виконані аналогічні розрахунки (рис. 2), які в цілому демонструють, що при рівних умовах труби з поліетилену для більшості діаметрів більше ніж на 40% вигідніші в гідравлічному плані порівняно з бетонними/залізобетонними трубами, в тому числі якщо враховувати, що існуючі труби, які знаходились тривалий час в експлуатації, мають більше фактичне значення еквівалентної шорсткості, а також мають відкладення в лотковій частині труб унаслідок нерівномірного руху стічних вод, що призводить до зменшення гідравлічних характеристик існуючих трубопроводів.

Більша пропускна здатність дозволяє збільшити потужність мережі, що є важливим в умовах збільшення міського населення великих міст.

У випадку напірних каналізаційних мереж, переваги безтраншейного методу реконструкції полімерними матеріалами мате можуть бути виражені у формі економії електроенергії яка витрачається каналізаційними насосними станціям (КНС) на перекачування стоків.

Річна економія електроенергії (в кВт·год) за рахунок зменшення гідравлічного опору, що виражається зменшенням напору по довжині трубопроводу визначається за формулою [16 – с. 129]:

$$\Delta U = U_{стар} - U_{нов} = \frac{\rho g}{1000} \frac{Q \Delta H}{\eta_{дв} \eta_{нас}} \cdot 0.85 \cdot 24 \cdot 365 \quad (4)$$

де ρ – густина рідини, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$; $\eta_{дв}$ – ККД електродвигуна, який приймається в залежності від потужності електродвигуна, приймаємо $\eta_{дв} = 0.92$ при потужності електродвигуна більше 50 кВт ; Q – сумарна витрата, що подається трубопроводом, $\text{м}^3/\text{с}$; ΔH – зниження втрати напору по довжині напору, як різниця втрат напору старого та нового трубопроводу; $\eta_{нас}$ – ККД насоса, приймаємо $\eta_{нас} = 0.8$; 24 – кількість годин роботи насоса на добу; 365 – кількість днів на рік; 0.85 – коефіцієнт, який враховує, що КНС не кожний день працює з максимальною подачею.

Втрати напору на одиницю довжини ($l = 1 \text{ м}$) напору можуть бути виражені через питомий гідравлічний опір:

$$\Delta H = H_{стар} - H_{нов} = (A_{стар} - A_{нов}) l Q^2 = \frac{8}{g \pi^2 d^5} (\lambda_{стар} - \lambda_{нов}) l Q^2 \quad (5)$$

Підставляючи вираз (5) в (4), виконуючи перетворення, отримуємо формулу для визначення річної економії електроенергії на одиницю довжини трубопроводу за рахунок його реконструкції:

$$\Delta U = 8200.408 \cdot \frac{Q^3}{d^5} (\lambda_{стар} - \lambda_{нов}) \quad (6)$$

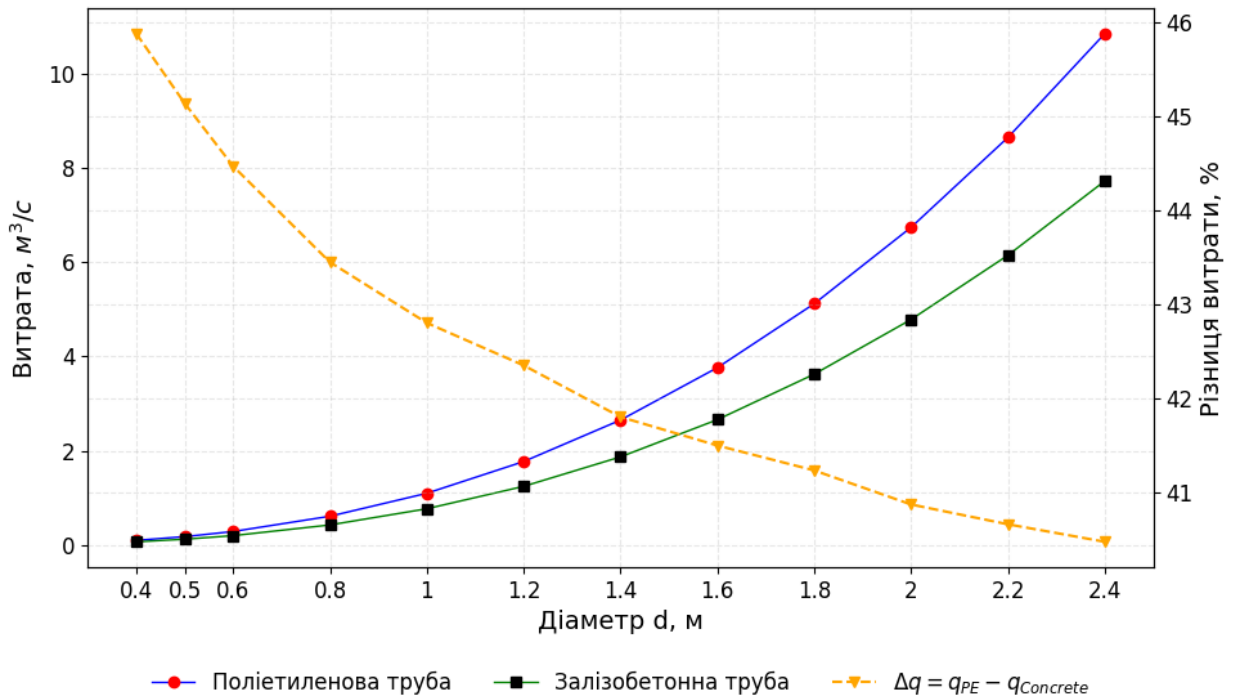
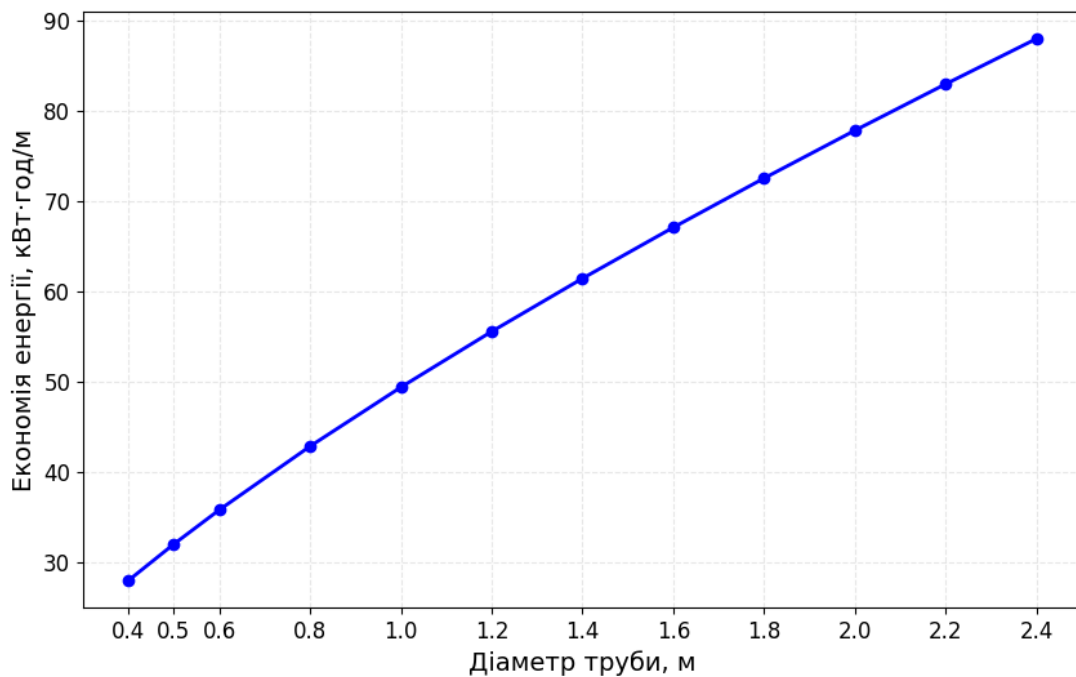
Рисунок 2 – Витрата в залежності від діаметра при наповненні $h/d = 0.8$ 

Рисунок 3 – Залежність річної погонної економії споживання енергії від діаметра труби

Наведена залежність (6) пропорційна величині витрати в третій степені. Для чисельного порівняння, задаємося внутрішнім діаметром трубопроводу в 1 м, мінімальною розрахунковою швидкістю руху стічних вод $v = 1$ м/с, що відповідає витраті $Q = 0.785$ м³. За цими вихідними даними, розраховуємо коефіцієнт опору тертю по довжині по формулі (2), при $R = d/4$, відповідно для умовного старого залізобетонного трубопроводу і нового з поліетилену. Підставляємо отримані величини в формулу (6) та отримаємо величину річної погонної економії електроенергії системи напорної каналізації:

$$\Delta U = 8200.408 \cdot \frac{0.785^3}{d^5} (0.0254 - 0.0129) = 49.585 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{1 \text{ м}}$$

Аналогічні обчислення можуть бути виконані для ряду діаметрів (рис. 3).

Таким чином, з огляду на сучасний стан водопровідно-каналізаційного господарства, аналізу

методів реконструкції мереж водовідведення безтраншейна санація з використанням полімерних матеріалів повинна розглядатися як базовий напрямок технічної політики у сфері реконструкції міських мереж. Умови воєнного часу, обмежене фінансування і потреба у швидкому відновленні інфраструктури роблять цю технологію одним із найперспективніших рішень.

Висновки

- Аналіз технічного стану систем водовідведення України свідчить про критичний рівень зношеності залізобетонних колекторів та необхідність упровадження ефективних методів реконструкції. Проведені гідравлічні розрахунки показали, що застосування полімерних труб у технології безтраншейної санації забезпечує значне покращення гідравлічних властивостей трубопроводів: швидкість руху стічних вод і пропускна здатність поліетиленових труб зростають у середньому на 40–45% порівняно з залізобетонними при аналогічних умовах. Це обумовлено низькою еквівалентною шорсткістю полімерного матеріалу, що компенсує навіть часткове зменшення живого перерізу при застосуванні методу «труба в трубі».
- Для напірних систем встановлено додатковий позитивний ефект у вигляді зниження втрат напору та суттєвої річної економії електроенергії на роботі насосних станцій. Таким чином, безтраншейна санація полімерними трубопроводами є технічно й економічно обґрунтованим напрямом модернізації каналізаційних мереж, забезпечує підвищення їх надійності та енергоефективності, а також відповідає потребам швидкого та маловитратного відновлення інфраструктури в сучасних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Комунальне підприємство «Житомирводоканал» | Новини | 40% водопровідних та каналізаційних мереж в Україні є зношеними. Комунальне підприємство «Житомирводоканал». URL: <https://vodokanal.zt.ua/news/40-vodoprovodnih-ta-kanalizacijnih-merez-v-ukraini-e-znosenimi> (дата звернення: 24.11.2025).
- [2] Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2023 р. Київ : М-во розвитку громад та територій України. 438 с. URL: <https://mindev.gov.ua/diialnist/napriamy/sfera-komunalnykh-posluh/tsentralizovane-vodopostachannia-ta-vodovidvedennia/natsionalna-dopovid-pro-iakest-pytnoi-vody-ta-stan-pytneho-vodopostachannia-v-ukraini>.
- [3] Критичний стан водоканалів в Україні може страшно вплинути на якість води та здоров'я людей. [znaj.ua](https://capital.znaj.ua/493526-kritichnij-stand-vodokanaliv-v-ukrajini-mozhe-strashno-vplivnuti-na-yakist-vodi-ta-zdorov-ya-luudey). URL: <https://capital.znaj.ua/493526-kritichnij-stand-vodokanaliv-v-ukrajini-mozhe-strashno-vplivnuti-na-yakist-vodi-ta-zdorov-ya-luudey> (дата звернення: 24.11.2025).
- [4] ПрАТ АК Київводоканал - Щоквартальний звіт щодо виробничої діяльності. ПрАТ АК Київводоканал - Головна. URL: <https://www.vodokanal.kiev.ua/shhokvartalniy-zvit-shhodo-virobnichoi-diyalnosti-1/> (дата звернення: 24.11.2025).
- [5] Комунальне підприємство «Житомирводоканал» | Новини | Чому каналізаційна інфраструктура країни функціонує в аварійному режимі?. Комунальне підприємство «Житомирводоканал». URL: <https://vodokanal.zt.ua/news/zitomirskakanalizacijna-infrastruktura-funkcionue-v-avarijnomu-rezimi> (дата звернення: 24.11.2025).
- [6] Ніронович Н. Реконструкція каналізаційних очисних споруд за технічними рішеннями корпорації «Енергоресурс-інвест» / Н. Ніронович, І. Третяк, О. Кравець // Водопостачання та водовідведення. – 2019. – № 2. – С. 58–63.
- [7] Алейнікова А. І., Аніщенко А. І. Безтраншейне відновлення трубопроводів. Науковий вісник будівництва. 2021. Т. 106, № 4. С. 83–91. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/1524>.
- [8] Гончаренко Д. Ф., Алейнікова А. І., Гуділін Р. І. Каналізаційні тунелі і колектора - на порозі екологічної катастрофи. Науковий вісник будівництва. 2018. Т. 93, № 3. С. 110–115. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/515>.
- [9] Алейнікова А. І., Гринчук О. А. Наслідки виникнення аварійних ситуацій на каналізаційних колекторах та водоводах. Науковий вісник будівництва. 2018. Т. 91, № 1. С. 94–100. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/629/620>.
- [10] «Євротрубпаст». Ділянку аварійного колектора на КНС № 2 у Сумах оновлено трубами СПІРОКОР. URL: <https://etp.com.ua/ua/projects/yhastok-avarijnogo-kollektora> (дата звернення: 24.11.2025).
- [11] ТОВ «Завод Спіропласт». Каналізаційний колектор по Мерефянському шосе м. Харків. URL: <https://spiroplast.com/kanalizacionnyj-kollektor-po-merefyanskomu-shosse-g-xarkov/> (дата звернення: 24.11.2025).
- [12] ТОВ «Завод Спіропласт». Санація трубопроводів та санація колекторів каналізації URL: <https://spiroplast.com/sanaciya-truboprovodov-i-sanaciya-kollektorov-kanalizacii> (дата звернення: 24.11.2025).
- [13] Trenchless rehabilitation for concrete pipelines of water infrastructure: A review from the structural perspective / H. Zhu et al. Cement and Concrete Composites. 2021. Vol. 123. P. 104193. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104193> (date of access: 24.11.2025).
- [14] PVC pipes have the lowest total cost of ownership, new study shows | PVC4Pipes. *PVC4Pipes*. URL: <https://pvc4pipes.com/pvc-pipes-have-the-lowest-total-cost-of-ownership-new-study-shows/#:~:text=The%20Milan,clay%20in%20the%20sewer%20lines> (date of access: 24.11.2025).
- [15] ДБН В.2.5-75:2013 "Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування": від 01.02.2019. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200391384846566485?doc_type=2.
- [16] Залуцкий Э. В., Петрушко А. И. Насосные станции. Курсовое проектирование. Киев : Вища шк., 1987. 167 с.

REFERENCES

- [1] Komunal'ne pidprijemstvo «Zhytomyrvodokanal» | Novyny | 40% vodoprovodnyh ta kanalizacijnyh merezh v Ukraini je znoshenymy. Komunal'ne pidprijemstvo «Zhytomyrvodokanal». URL: <https://vodokanal.zt.ua/news/40-vodoprovodnyh-ta-kanalizacijnyh-merezh-v-ukraini-e-znosenimi> (data zvernennja: 24.11.2025).
- [2] Nacional'na dopovid' pro jakist' pytnoi vody ta stan pytnogo vodopostachannja ta vodovidvedennja v Ukraini u 2023 r. Kyi'v : M-vo rozvytku gromad ta terytorij Ukrainy. 438 s. URL: <https://mindev.gov.ua/diialnist/napriamy/sfera-komunalnykh-poslugh/tsentralizovane-vodopostachannia-ta-vodovidvedennia/natsionalna-dopovid-pro-iakist-pytnoi-vody-ta-stan-pytnoho-vodopostachannia-v-ukraini>.
- [3] Krytychnyj stan vodokanaliv v Ukraini mozhe strashno vplynuty na jakist' vody ta zdorov'ja ljudej. znaj.ua. URL: <https://capital.znaj.ua/493526-kritichnij-stan-vodokanaliv-v-ukrajini-mozhe-strashno-vplynuti-na-yakist-vodi-ta-zdorov-ya-ljudej> (data zvernennja: 24.11.2025).
- [4] PrAT AK Kyi'vvodokanal - Shhokvartal'nyj zvit shhodo vyrobnychoi' dijal'nosti. PrAT AK Kyi'vvodokanal - Golovna. URL: <https://www.vodokanal.kiev.ua/shhokvartal'nyj-zvit-shhodo-virobnichoi'-diyalnosti-1/> (data zvernennja: 24.11.2025).
- [5] Komunal'ne pidprijemstvo «Zhytomyrvodokanal» | Novyny | Chomu kanalizacijna infrastruktura kraji'ny funkcionuje v avarijnomu rezhymi?. Komunal'ne pidprijemstvo «Zhytomyrvodokanal». URL: <https://vodokanal.zt.ua/news/zitomirskaja-kanalizacijna-infrastruktura-funkcionue-v-avarijnomo-rezhimi> (data zvernennja: 24.11.2025).
- [6] Nironovych N. Rekonstrukcija kanalizacijnyh ochysnyh sporud za tehničnymi rishennjamy korporacij' «Energoresurs-invest» / N. Nironovych, I. Tretjak, O. Kravec' // Vodopostachannja ta vodovidvedennja. – 2019. – № 2. – S. 58-63.
- [7] Alejnikova A. I., Anishhenko A. I. Beztranshejne vidnovlennja truboprovodiv. Naukovyj visnyk budivnyctva. 2021. T. 106, № 4. S. 83–91. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/1524>.
- [8] Goncharenko D. F., Alejnikova A. I., Gudilin R. I. Kanalizacijni tuneli i kolektora - na porozi ekologichnoi' katastrofy. Naukovyj visnyk budivnyctva. 2018. T. 93, № 3. S. 110–115. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/515>.
- [9] Alejnikova A. I., Grynychuk O. A. Naslidky vynykennja avarijnyh situacij na kanalizacijnyh kolektorah ta vodovodah. Naukovyj visnyk budivnyctva. 2018. T. 91, № 1. S. 94–100. URL: <https://svc.kname.edu.ua/index.php/svc/uk/article/view/629/620>.
- [10] «Jevrotrubplast». Diljanku avarijnogo kolektora na KNS № 2 u Sumah onovleno trubamy SPIROKOR. URL: <https://etp.com.ua/ua/projects/yachastok-avarijnogo-kolektora> (data zvernennja: 24.11.2025).
- [11] TOV «Zavod Spiroplast». Kanalizacijnyj kolektor po Merefyans'komu shose m. Harkiv. URL: <https://spiroplast.com/kanalizacijnyj-kolektor-po-merefyanskomu-shosse-g-xarkov/> (data zvernennja: 24.11.2025).
- [12] TOV «Zavod Spiroplast». Sanacija truboprovodiv ta sanacija kolektoriv kanalizacij'URL: <https://spiroplast.com/sanacija-truboprovodiv-i-sanacija-kolektorov-kanalizacij> (data zvernennja: 24.11.2025).
- [13] Trenchless rehabilitation for concrete pipelines of water infrastructure: A review from the structural perspective / H. Zhu et al. Cement and Concrete Composites. 2021. Vol. 123. P. 104193. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104193> (date of access: 24.11.2025).
- [14] PVC pipes have the lowest total cost of ownership, new study shows | PVC4Pipes. PVC4Pipes. URL: <https://pvc4pipes.com/pvc-pipes-have-the-lowest-total-cost-of-ownership-new-study-shows/#:~:text=The%20Milan,clay%20in%20the%20sewer%20lines> (date of access: 24.11.2025).
- [15] DBN V.2.5-75:2013 "Kanalizacija. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennja proektuvannja": vid 01.02.2019. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200391384846566485?doc_type=2.
- [16] Zaluckij Je. V., Petrushko A. I. Nasosnye stancii. Kursovoe proektirovanie. Kiev : Vishha shk., 1987. - 167 s.

Соколенко Костянтин Валерійович – PhD, старший викладач, кафедра будівництва, урбаністики та просторового планування, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, e-mail: sokolenko@snu.edu.ua ORCID:0000-0003-3334-7855.

K. Sokolenko

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FLOW CAPACITY OF SEWAGE NETWORKS DURING RECONSTRUCTION

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

An analysis of the technical condition of water drainage systems in Ukraine has been carried out, which shows that a significant part of sewer collectors are in critical or emergency condition, posing a threat to the stable operation of engineering infrastructure and requiring immediate technical solutions. The wear and tear of reinforced concrete pipelines, their susceptibility to biogenic corrosion and mechanical stress, as well as significant infiltration in the networks, result in increased load on the drainage networks, higher operating costs and a high risk of accidents.

The results of the study show that trenchless reconstruction methods, in particular the 'pipe-in-pipe' technology using polymer pipelines, are one of the most effective ways to technically re-equip wastewater networks, allowing not only to extend the service life of the systems, but also to significantly improve their hydraulic characteristics.

Hydraulic calculations have confirmed that, under the same operating conditions, polymer pipes increase the flow velocity and flow rate by an average of 40-45% compared to reinforced concrete counterparts of the same diameter. This is due to the low roughness coefficient of the inner surface of polyethylene, thanks to which, even with a partial reduction in the effective cross-section, the throughput capacity of the system is not only maintained but often increases.

Pressure sewer networks have significant additional energy saving potential. Reducing pressure losses along the length of the pipeline when using polymer pipes allows for a reduction in the overall energy costs of sewer pumping stations, which makes reconstruction using polymer materials economically viable even in the short term.

Overall, the study confirms that trenchless rehabilitation using polymer pipes should be considered a priority for the modernisation of wastewater systems.

Keywords: trenchless sanitation, sewer collectors, sewer network reconstruction, polymer pipelines, pipeline capacity, energy saving in drainage systems, pipe-in-pipe method.

Sokolenko Kostiantyn – PhD, Senior Lecturer, Department of Civil Engineering, Urbanism and Spatial Planning, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, e-mail: sokolenko@snu.edu.ua ORCID:0000-0003-3334-7855.