

ВПЛИВ МАТЕРІАЛУ ТРУБОПРОВОДУ НА ПРОПУСКНУ ЗДАТНІСТЬ ЗОВНІШНЬОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ ПРИ САНАЦІЇ

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Анотація

Розглянуто питання підвищення пропускної здатності мереж зовнішньої каналізації при реконструкції із застосуванням полімерних труб. Актуальність роботи зумовлена значною зношеністю існуючих каналізаційних колекторів та необхідністю впровадження енергоефективних і технологічно доцільних рішень їх відновлення. Метою дослідження є оцінка впливу матеріалу трубопроводу на гідравлічні характеристики самотливих і напірних мереж. Наведено результати порівняльного гідравлічного аналізу роботи залізобетонних і полімерних труб круглого перерізу за однакових умов експлуатації. Показано, що менша еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні полімерних труб забезпечує істотне зменшення гідравлічних втрат і, як наслідок, збільшення швидкості потоку та пропускної здатності колекторів. За результатами розрахунків встановлено, що приріст пропускної здатності при реконструкції може досягати 40-45% навіть за умови зменшення живого перерізу трубопроводу. Окрему увагу приділено оцінці енергоефективності напірних каналізаційних мереж, де зниження втрат напору дозволяє зменшити споживання електроенергії насосними станціями.

Ключові слова: зовнішня каналізація, реконструкція, пропускна здатність, полімерні труби, гідравлічний розрахунок, безтраншейні технології.

Abstract

The issue of increasing the throughput capacity of external sewerage networks during reconstruction using polymer pipes is considered. The relevance of the work is due to the significant wear and tear of existing sewerage collectors and the need to implement energy-efficient and technologically feasible solutions for their restoration. The aim of the study is to assess the impact of pipeline material on the hydraulic characteristics of gravity and pressure networks. The results of a comparative hydraulic analysis of the operation of reinforced concrete and polymer pipes of circular cross-section under the same operating conditions are presented. It is shown that the lower equivalent roughness of the inner surface of polymer pipes provides a significant reduction in hydraulic losses and, as a result, an increase in the flow rate and throughput capacity of the collectors. The calculations show that the increase in throughput capacity during reconstruction can reach 40-45%, even with a reduction in the effective cross-section of the pipeline. Particular attention is paid to the assessment of the energy efficiency of pressure sewer networks, where a reduction in head losses allows for a decrease in electricity consumption by pumping stations.

Keywords: external sewerage, reconstruction, throughput capacity, polymer pipes, hydraulic calculation, trenchless technologies.

Вступ

Сучасний стан водопровідно-каналізаційного господарства України характеризується критичним рівнем зношеності основних фондів. За статистичними даними, близько 40% водопровідних та каналізаційних мереж перебувають у ветхому або аварійному стані [1-2]. Більшість залізобетонних та керамічних колекторів, збудованих у другій половині XX століття, вичерпали свій експлуатаційний ресурс, що призводить до зростання аварійності, інфільтрації ґрунтових вод та, як наслідок, збільшення навантаження на очисні споруди та насосні станції [3-5]. У цьому контексті актуальним є питання вибору ефективних методів реновації, які б не лише відновлювали цілісність трубопроводів, але й покращували їх гідравлічні та енергетичні характеристики.

Результати дослідження

Традиційна заміна трубопроводів відкритим способом в умовах щільної міської забудови часто є економічно недоцільною та технічно складною. Альтернативою виступають безтраншейні технології, зокрема метод санації «труба в трубі», при якому в існуючий пошкоджений колектор затягується нова труба з полімерних матеріалів (наприклад, поліетиленові спіральновиті труби) [6].

Слід відзначити організаційно-технологічні переваги використання сучасних труб – їхня кільцева

жорсткість дозволяє витримувати значні навантаження від ґрунту та транспорту, а мала вага та гнучкість спрощують монтаж навіть в умовах складного рельєфу або наявності кутів повороту траси, що підтверджується досвідом реалізації проектів.

Ключовим побоюванням при використанні методу «труба в трубі» є зменшення площі живого перерізу трубопроводу через менший діаметр нової труби-вставки. Однак, проведені гідравлічні розрахунки та порівняльний аналіз демонструють, що цей геометричний недолік повністю компенсується відмінними гідравлічними властивостями полімерів.

Проведені гідравлічні розрахунки (відповідно до норм [7], із врахуванням типової еквівалентної шорсткості λ для матеріалів) для труби діаметром $d = 1000$ мм, та при наповненні $h/D = 0.8$, дають наступні результати:

- залізобетона труба: $\lambda = 0.0239$, $v = 1.139$ м/с;
- поліетиленова труба: $\lambda = 0.0117$, $v = 1.627$ м/с.

Аналогічні розрахунки проведені для труб інших, найбільш вживаних діаметрів (рис. 1).

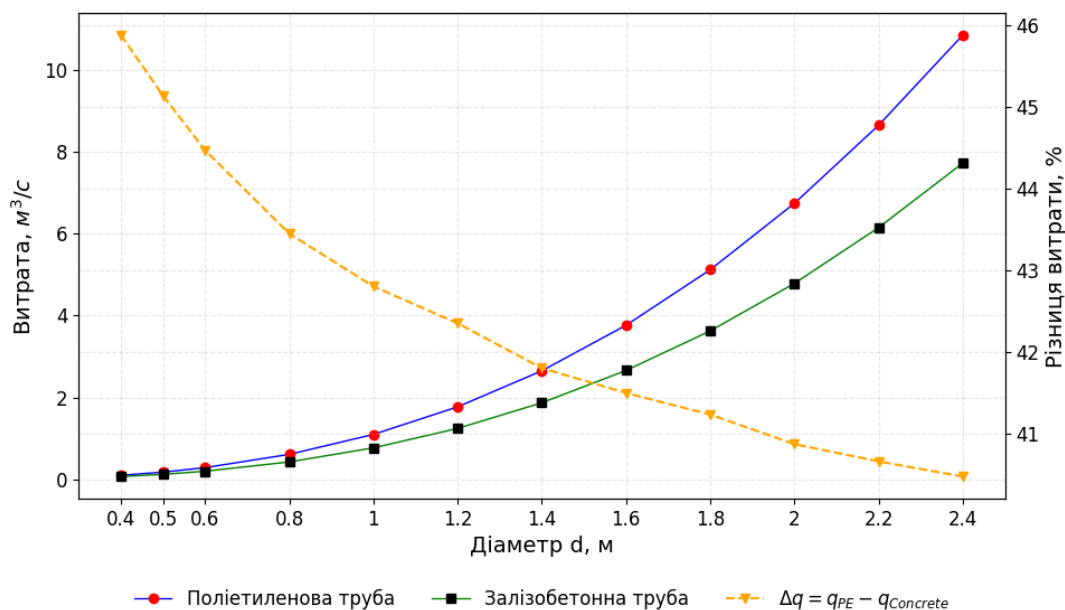


Рис. 1. Залежність витрати Q від діаметра d при наповненні $h/d = 0.8$ для різних видів труб, та різниця у їх витраті

Отримане збільшення швидкості та витрати при використанні полімеру складає приблизно 40-45% порівняно з залізобетоном за тих же геометричних і режимних умов. Причина покращення гідравлічних характеристик викликана низьким еквівалентним коефіцієнтом шорсткості полімерних поверхонь, що компенсує навіть часткове зменшення живого перерізу при методі «труба в трубі».

Одним із важливих наслідків реконструкції напірних каналізаційних мереж із застосуванням полімерних труб є підвищення їх енергоефективності. Витрати електричної енергії на транспортування стічних вод у напірних системах визначаються, передусім, величиною гідравлічних втрат напору по довжині трубопроводу, які залежать від коефіцієнта гідравлічного тертя, внутрішнього діаметра труб, швидкості потоку та фізичних властивостей внутрішньої поверхні труб.

Зниження втрат напору безпосередньо впливає на роботу насосних агрегатів, зменшуючи необхідний напір і потужність електродвигунів. За сталого об'єму перекачування це приводить до зменшення споживання електроенергії насосними станціями та підвищення загального коефіцієнта корисної дії системи. Найбільший енергетичний ефект досягається на протяжних магістральних напірних колекторах з великими витратами, оскільки річна економія (в кВт·год) пропорційна величині витрати у третьому степені.

Крім зменшення енерговитрат, застосування полімерних труб сприяє стабільності гідравлічних характеристик напірних мереж упродовж усього строку експлуатації, що дозволяє уникнути поступового зростання споживання електроенергії, характерного для труб із традиційних матеріалів. Це підвищує прогнозованість експлуатаційних витрат і зменшує потребу в частих регулюваннях режимів роботи насосного обладнання.

Таким чином, реконструкція напірних каналізаційних мереж із використанням полімерних труб є

ефективним інженерним рішенням, що забезпечує не лише підвищення надійності та довговічності трубопроводів, але й суттєве скорочення енерговитрат на транспортування стічних вод, що є особливо актуальним в умовах зростання вартості електроенергії та необхідності впровадження принципів сталого розвитку.

Висновки

Реконструкція каналізаційних мереж із використанням полімерних труб методом санації є пріоритетним напрямком модернізації інфраструктури водовідведення. Обґрунтовано, що поліпшення гідравлічних характеристик трубопроводів (зменшення коефіцієнта шорсткості) компенсує зменшення діаметра при санації, забезпечуючи зростання швидкості потоку на 40-45%. Це дозволяє розглядати реновацію не лише як ремонтний захід, а як інвестицію в енергоефективність системи, що знижує аварійність, експлуатаційні витрати та споживання електроенергії насосним обладнанням. У містах з високою щільністю забудови та великою довжиною застарілих колекторів рекомендується пріоритетно планувати безтраншейні роботи з використанням полімерних труб.

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: 01.02.2026).
2. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2024 р. Київ: М-во розвитку громад та територій України, 2025. 449 с. URL: <https://mindev.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/nacionalna-dopovid-pro-iajist-pitnoyi-vodi-ta-stan-za-2024-rik.pdf>.
3. 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>.
4. 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>.
5. 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>.
6. Trenchless rehabilitation for concrete pipelines of water infrastructure: A review from the structural perspective / Н. 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: 01.02.2026).
7. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Чинний від 2019-02-01. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2019. 141 с. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200391384846566485?doc_type=2.

Соколенко Костянтин Валерійович — PhD, старший викладач кафедри будівництва, урбаністики та просторового планування, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Київ, e-mail: sokolenko@snu.edu.ua

Sokolenko Kostiantyn V. — PhD, Senior Lecturer at the Department of civil engineering, urbanism and spatial planning, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, e-mail: sokolenko@snu.edu.ua