

І.В. Вороненко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ МЕРЕЖ МІСТА ХАРКІВ

Забезпечення надійної експлуатації систем водовідведення є одним з важливих завдань комунальних служб міст України. У статті проведено аналіз поточного стану каналізаційних мереж м. Харків. Приведено статистичні дані мереж та наведено класифікацію найпоширеніших факторів, які призводять до аварійних ситуацій. Проаналізовано роботи на об'єктах каналізаційних мереж за останні роки.

Ключові слова: підземне будівництво, водовідведення, відновлення, ремонт, реконструкція, несуча здатність, знос, корозія.

Постановка проблеми

Забезпечення надійної експлуатації систем водовідведення є одним з важливих завдань комунальних служб міст України [1].

У період з 1966 по 1980-ті роки у Харкові було введено в експлуатацію 56 кілометрів каналізаційних тунелів, які мали глибину залягання до 50 метрів, а також 90 оглядових і перепадних шахтних стволів. Значна частина цих тунелів була споруджена без врахування будівельних норм. Унаслідок впливу руйнівних факторів ці каналізаційні тунелі наразі перебувають у аварійному або передаварійному стані.

Як показують проведені дослідження, їх будівництво здебільшого здійснювалось із бетону та залізобетону, які схильні до руйнування через вплив багатьох факторів і передусім мікробіологічної корозії.

На сьогодні проблема ремонту та відновлення мереж водовідведення є особливо актуальною у зв'язку з підвищенням вимог до охорони навколишнього середовища. Руйнування на каналізаційних колекторах у багатьох випадках є причиною проникнення стічних вод у ґрунтові води та ґрунт, що призводить до їх забруднення [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням підвищення експлуатаційної надійності споруд підземного будівництва із застосуванням сучасних матеріалів та обладнання присвячено праці вітчизняних вчених Гончаренка Д.Ф., Старкової О.В., Шумакова І.В., Данченко Ю.М., Алейнікової А.І., Костюк Т.О., Пługіна А.А., Юрченко В.О., Молодіда О.С., Бондаренка Д.О. та інших [1–12].

Мета статті

Метою дослідження є проведення аналізу поточного стану каналізаційних мереж м. Харків.

Проведено аналіз робіт на об'єктах тунельних колекторів та колекторах великого діаметра, що направлені на підвищення надійності функціонування каналізаційних мереж.

Виклад основного матеріалу

На балансі Комплексу «Харківводовідведення» КП «Харківводоканал» станом на 01.01.2024 року експлуатується міських зовнішніх мереж водовідведення 1684,524 км, з них зношених (аварійних) 80 % – 1347,619 км, зокрема: головних колекторів – 397,3 км, вуличної каналізаційної мережі – 910,493 км, внутрішньоквартальних та дворових мереж каналізації – 376,731 км (рис. 1, 2).

За п'ятирічний період з 2019 по 2023 рік Комплексом «Харківводовідведення» КП «Харківводоканал» проводилися перекладки на мережах водовідведення для забезпечення сталої роботи мережі водовідведення (рис. 3).

Аварійні ситуації в каналізаційних мережах можуть бути спричинені різноманітними факторами (табл. 1).



Рис. 1. Протяжність зовнішніх мереж каналізації, що перебувають на балансі Комплексу «Харківводовідведення» КП «Харківводоканал» за діаметрами трубопроводу станом на 01.01.2024 року

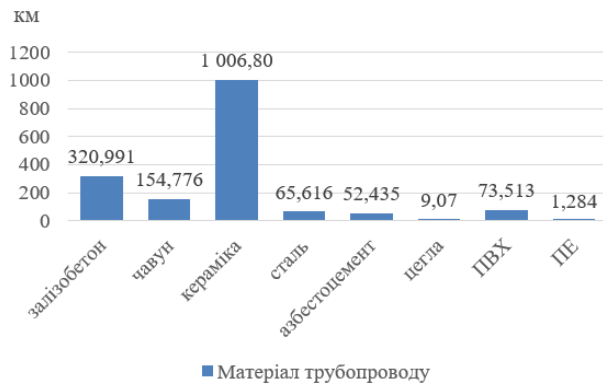


Рис. 2. Протяжність зовнішніх мереж каналізації, що перебувають на балансі Комплексу «Харківводовідведення» КП «Харківводоканал» за матеріалом трубопроводу станом на 01.01.2024 року

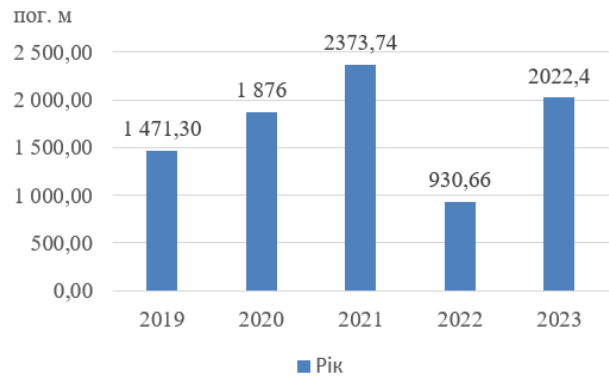


Рис. 3. Проведення перекладки на мережах водовідведення для забезпечення сталої роботи мереж водовідведення з 2019 по 2023 рік Комплексом «Харківводовідведення» КП «Харківводоканал»

Таблиця 1

Найпоширеніші фактори, які призводять до аварійних ситуацій в каналізаційних мережах

№	Фактор	Опис
1	Старіння і знос інфраструктури	Зношені труби можуть бути вразливі до корозії, розтріскування та інших видів деградації, що призводить до витоків та аварій.
2	Недостатнє обслуговування і технічне обслуговування	Відсутність регулярного обстеження, обслуговування та ремонту може призводити до накопичення проблем в системі, як-от утворення засмічення та пошкодження трубопроводів.
3	Механічні пошкодження	Пошкодження трубопроводів може виникнути внаслідок будівельних робіт, руйнування доріг, неналежного використання будівельних машин, від природних катастроф.
4	Забруднення та засмічення	Накопичення відходів та засмічення у каналізаційних системах може призводити до утворення засмічень та перешкоджати нормальному руху стічних вод.
5	Підвищений об'єм стічних вод	Великі дощі, талі сніги чи інші природні явища можуть призвести до підвищення об'єму стічних вод, що може перевантажити каналізаційну систему та спричинити її розгерметизацію або переповнення.
6	Проблеми з плануванням	Недоліки у плануванні каналізаційної системи, наприклад, недостатній діаметр труб, неправильне розташування колекторів, можуть призводити до проблем з ефективністю та надійністю системи.
7	Хімічні реакції	Каналізаційні системи мають справу з агресивними середовищами, зокрема стічними водами, які можуть містити хімічно активні сполуки. Це може спричиняти хімічну корозію матеріалів трубопроводів.
8	Біологічна корозія	Присутність мікроорганізмів у стічних водах може сприяти біологічній корозії, що може виникати у відкритих або недостатньо захищених трубопроводах.
9	Механічні пошкодження	Пошкодження трубопроводів внаслідок будівельних робіт, неналежного використання механізмів або зношення матеріалів може призвести до порушень герметичності.
10	Дефекти у з'єднаннях	Недоліки у монтажі або якості матеріалів можуть викликати витoki у з'єднаннях трубопроводів або стикових елементах, що призведе до порушення герметичності.

Взаємозв'язок між цими причинами може полягати у тому, що корозія здатна призводити до послаблення матеріалів трубопроводів, що зробить їх більш вразливими до механічних пошкоджень та порушень герметичності. Наприклад, корозія може створювати

отвори або спричиняти розтріскування матеріалу, що може стати причиною витoku стічних вод. Для запобігання цим проблемам важливо регулярно проводити інспекції та обслуговування каналізаційних мереж, використовувати високоякісні матеріали для будів-

ництва та ремонту, а також вдосконалювати технології моніторингу та управління для раннього виявлення та вирішення потенційних проблем.

Для забезпечення надійності роботи каналізаційних мереж за попередніми розрахунками необхідно щороку перекладати чи проводити санацію (безтраншейне укладання трубопроводу) не менше ніж 22–25 км міських мереж.

За п'ятирічний період з 2019 по 2023 рік Комплексом «Харківводовідведення» КП «Харківводоканал» проводилася робота, спрямована на збільшення довговічності шахт, каналізаційних колекторних тунелів, колекторів великого діаметру неглибокого закладення, а також заходи, що охоплюють різні методи обстеження цих споруд та їх ремонту.

Вищезазначені завдання та заходи в основному виконувалися підрозділами Комплексу «Харківводовідведення», а саме:

- ділянками з експлуатації та ремонту тунельних колекторів;
- лабораторіями телевізійного контролю;
- лабораторіями аналізу стічних вод та газового середовища колекторів та шахт.

У міру потреби до виконання робіт залучалися технічні відділи, відділи капітального будівництва, підготовки виробництва, а у вирішенні складних питань обстеження та підтримки несучої здатності споруд брали участь проєктні, науково-дослідні інститути та будівельні організації.

Отже, організована кваліфікована спільна робота вищезгаданих організацій та підрозділів призвела до успішного вирішення проєктних та ремонтних робіт з ліквідації аварійних ситуацій та ситуацій щодо їх запобігання.

Починаючи з 2019 року на об'єктах тунельних колекторів та колекторах великого діаметра за 5 років було виконано цикл робіт, направлених на підвищення надійності функціонування каналізаційних мереж. Заслужовують на увагу роботи з капітального ремонту та реконструкції:

1. Роботи з капітального ремонту шахти № 12 тунельного колектору 761 мікрорайону: глибина шахти $H = 6,75$ м, діаметр – 5 м (рис. 4). Роботи виконані згідно з проєктно-технічною документацією. Внутрішня поверхня стін шахти очищена від кородованого бетону, на стінах закріплена арматурна сітка, встановлена поліетиленова ребриста плівка, опалубка та залитий монолітний бетон В20 в опалубку порожнину. Були демонтовані старі полиці бетонного лотка та виконані знову з установкою поліетиленової ребристої плівки. У бетон полиць лотка було засвердлено металеві анкери, до яких закріплені стійки металевого огороження з наступним забарвленням (поліетиленові листи зварювалися зварним апаратом). Плити перекриття виготовлялися на будівельному майданчику (2 од.) із встановленням

знизу поліетиленової ребристої плівки.



Рис. 4. Роботи з капітального ремонту шахти № 12 тунельного колектору 761 мікрорайону м. Харків

Також на зношеній ділянці тунельного колектору 761 мікрорайону проведено реконструкцію тунельного колектору на вул. Зубарева. Після просадки ґрунтового покриття біля шахти № 6 на вул. Зубарева, 57 на водовідвідному колекторі Ø 800 мм від шахти до КНС № 21 роботи з ліквідації аварійної ситуації виконувались підрозділами Комплексу «Харківводовідведення» КП «Харківводоканал».

Було виконано земляні роботи від шахти № 6

до К-1 протяжністю 125 пог. м. Верх зношеного залізобетонного трубопроводу Ø 800 мм був до половини діаметра розібраний і в його порожнину після очищення лоткової частини була укладена модулями по 6 м на різьбових з'єднаннях поліетиленова труба Spiro SN8 протяжністю 125 пог. м. Пазухи поліетиленової труби було заповнено монолітним бетоном В15 і проведено зворотне засипання піском на висоту 0,3 м вище за трубу.

Решта залізобетонного колектору Ø 800 мм від К-1 до КНС № 21 протяжністю 57 пог. м. була відновлена шляхом санації модулями по 1 м Ø 600 мм трубою Spiro SN8 з нарізаними різьбами без виконання земляних робіт. Виконані роботи з герметизації поліетиленових труб Ø 600 мм в стінах 3-х оглядових камер К-1, К-2, К-3. У місці входу поліетиленового трубопроводу Ø 600 мм безпосередньо в шахту № 6 виконано бетонний пояс, що виходить за стіну шахти зовні на довжину 2 м навколо труби на висоту 0,2 м.

2. Відновлювальні роботи Олексіївського колектору. Ремонт просадки, що утворилася на цьому колекторі Ø 2000 мм біля оглядової камери № 33 на вул. Лопанській виконувала підрядна організація ПАТ «ПСАЕМ» (рис. 5).



Рис. 5. Відновлювальні роботи Олексіївського колектору Ø 2000 мм біля оглядової камери № 33 на вул. Лопанській, м. Харків

Після влаштування тимчасового обвідного трубопроводу з міського колектору Ø 1000 мм у камеру № 33 було виконано земляні роботи на ділянці руйнування залізобетонної труби Ø 2000 мм довжиною 14 пог. м. Водночас встановлено водозниження з 2-х сторін колектору, по якому рух стічних вод не припинявся до закінчення робіт. Замість стін зруйнованої залізобетонної труби Ø 2000 мм були побудовані армовані монолітні стіни завтовшки 250 мм з двох сторін до верху труб Ø 2000 мм довжиною 14 пог. м. Влаштований прямокутний канал 2,0×2,2×14 м від камери № 33 у процесі руху стічних вод перекритий залізобетонними плитами. Тимчасовий обвідний трубопровід у камеру № 33 залишився у робочому стані. Перепадний пристрій для руху стічних вод з міського колектору Ø 1000 мм в Олексіївський колектор Ø 2000 мм відсутній.

3. Відновлення колектору Північної групи заводів. Провал, що утворився на перепадному інтервалі К-3÷К-4 Ø 900 мм цього колектору на Данилівському узвозі в 2020 році, виконувався підрозділами Комплексу «Харківводовідведення» КП «Харківводоканал». Через активне виділення шкідливих газів та сірководню верх наявної труби Ø 900 мм був повністю зруйнований від камери К-4 у бік проти ходу стічних вод на довжину 10 м. Для ремонту була використана поліетиленова труба Ø 1000 мм, яка пристикована до цілої частини труби Ø 900 мм за допомогою муфти із закладенням стиків, омонолічуванням бетоном та герметизацією входу труби в стіну камери К-4.

Висновки

Отже, в результаті було проведено аналіз поточного стану каналізаційної мережі міста Харків. Головним фактором зношення мереж водовідведення є корозія, яка, зі свого боку, може призводити до послаблення матеріалів трубопроводів, що робить їх більш вразливими до механічних пошкоджень та порушень герметичності. Попри складні економічні умови роботи з ремонту та експлуатації мереж виконуються. Також заслуговує окремої уваги для майбутніх досліджень обстеження шахт, де за останні 10 років проводилися відновлювальні роботи сучасними методами.

Література

1. Гуділін Р. І. Розробка конструктивно-технологічних рішень з ремонту та відновлення каналізаційних колекторів із використанням клінкерної цегли : дис...доктор філософії: 192 – Будівництво та цивільна інженерія / Р.І. Гуділін. - Харків, 2021. 137 с.
2. Алейнікова А.І. Організаційно-технологічні рішення ремонту та відновлення каналізаційних тунелів в місцях межування з оглядовими шахтами / А.І. Алейнікова, П.Ю. Гулевський, В.О. Вороненко // *Комунальне господарство міст.* – 2023. – №4 (178). – С. 118–124. – DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0143912>

3. Anishchenko A. Technological package of the small-sized equipment for preparation of products from polystyrene-concrete mixture / A. Anishchenko, A. Aleinikova, A. Kovalenko, M. Nesterenko, T. Nesterenko // AIP Conf. Proc. – 2023. – Vol. 2490, No. 1. – Article 050027.

4. Гулевський П.Ю. Дослідження факторів, що впливають на надійність експлуатації каналізаційних тунелів в місцях приєднання до оглядових шахт. / П.Ю. Гулевський // Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2020. – №3. – С. 94-98.

5. Гончаренко Д. Ф. Відновлення каналізаційних колекторів із використанням анкерних поліетиленових листів. / Д.Ф. Гончаренко, А.І. Карєв, Ю.М. Данченко, Є.Г. Дегтяр // Український журнал будівництва та архітектури. Дніпро: ДВНЗ ПДАБА, 2021. – № 5. – С. 34-40.

6. Goncharenko D. Search for rational solutions for the repair and rehabilitation of shallow sewers / D. Goncharenko, O. Starkova, A. Karahiaur, Y. Degtyar, O. Voskobiinyk // AIP Conference Proceedings. – 2023. – Vol. 2684. Article 030012. – DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0120074>

7. Iurchenko V. Corrosion of Concrete in a Water Management Structure in Conditions of Biogenic Sulfuric Acid Aggression / V. Iurchenko, O. Melnikova, Y. Levashova, N. Kosenko // Key Engineering Materials. – 2023. – Vol. 953. – P. 55–62. – DOI: <https://doi.org/10.4028/p-0gbxtm>

8. Kabus O. Creation of combined polymer concrete surface layer to increase the efficiency of polymer coatings in sulfuric acid environment / O. Kabus, V. Lykhohrai // AIP Conf. Proc. – 2023. – Vol. 2684, No. 1. – Article 040008. – DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0120064>

9. Kostyuk T. Software tools for development of a methodology for selecting construction materials according to their performance characteristics / T Kostyuk, A Plugin, O Starkova, D Bondarenko // Reliability and durability of railway transport engineering structure and buildings. – 2021. – Vol. 2684, Issue 1. – Article 010001. – Mode of access: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article/2684/1/040010/2893637>.

10. Lyakhov I. Experimental laboratory tests of piles with a polymer casing under the action of additional loading friction forces from soil subsidence / I. Lyakhov, I. Shumakov, A. Ubyivovk, A. Kupreichyk // AIP Conf. Proc. – 2023. – Vol. 2490, Issue 1. – Article 040005. – DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0124577>

11. Molodid O. Sealing joints between concrete elements with polyurethane material / O. Molodid, R. Plokhuta, I. Musiaka, I. Reznichenko // AIP Conf. Proc. – 2023. – Vol. 2684, Issue 1. Article 040017. – DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0120368>

12. Plugin A. Electromechanical control method of rheological and technological characteristics of building mixtures / A. Plugin, O. Donets, L. Trykoz, O. Pluhin // Results in Engineering. – 2023. – Vol. 20. – Article 101419. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101419>

References

- Gudilin R. I. (2021) Development of structural and technological solutions for the repair and restoration of sewer collectors using clinker bricks: diss. Doctor of Philosophy: 192 – Construction and Civil Engineering. Kharkiv, KHNUBA, 137.
- Aleynikova A., Hulevskyi P., Voronenko V. (2023) Organizational and technological solutions for the repair and restoration of sewer tunnels in the bordering areas with inspection

shafts. *Municipal Economy of Cities*, 178 (4), 118-124. <https://doi.org/10.1063/5.0143912>

3. Anishchenko A., Aleinikova A., Kovalenko A., Nesterenko M., Nesterenko T. (2023) Technological package of the small-sized equipment for preparation of products from polystyrene-concrete mixture. *AIP Conf. Proc.*, 2490 (1), 050027.

4. Hulevskyi P. (2020) Study of factors affecting the reliability of operation of sewage tunnels at the points of connection to inspection mines. *Scientific Bulletin of Construction*, 3, 94-98.

5. Goncharenko D., Karev A., Danchenko Yu., Degtyar E. (2021) Restoration of sewage collectors using anchor polyethylene sheets. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*, 5, 34-40.

6. Goncharenko D., Starkova O., Karahiaur A., Degtyar Y., Voskobiinyk O. (2023) Search for rational solutions for the repair and rehabilitation of shallow sewers. *AIP Conference Proceedings*, 2684, 030012. <https://doi.org/10.1063/5.0120074>

7. Iurchenko V., Melnikova O., Levashova Y., Kosenko N. (2023) Corrosion of Concrete in a Water Management Structure in Conditions of Biogenic Sulfuric Acid Aggression. *Key Engineering Materials*, 953. 55–62. <https://doi.org/10.4028/p-0gbxtm>

8. Kabus O., Lykhohrai V. (2023) Creation of combined polymer concrete surface layer to increase the efficiency of polymer coatings in sulfuric acid environment. *AIP Conf. Proc.*, 2684 (1), 040008. <https://doi.org/10.1063/5.0120064>

9. Kostyuk T., Plugin A., Starkova O., Bondarenko D. (2021) Software tools for development of a methodology for selecting construction materials according to their performance characteristics. *Reliability and durability of railway transport engineering structure and buildings*, 2684 (1), 010001. <https://pubs.aip.org/aip/acp/article/2684/1/040010/2893637>.

10. Lyakhov I., Shumakov I., Ubyivovk A., Kupreichyk A. (2023) Experimental laboratory tests of piles with a polymer casing under the action of additional loading friction forces from soil subsidence. *AIP Conf. Proc.*, 2490 (1), 040005. <https://doi.org/10.1063/5.0124577>

11. Molodid O., Plokhuta R., Musiaka I., Reznichenko I. (2023) Sealing joints between concrete elements with polyurethane material. *AIP Conf. Proc.*, 2684 (1), 040017. <https://doi.org/10.1063/5.0120368>

12. Plugin A., Donets O., Trykoz L., Pluhin O. (2023) Electromechanical control method of rheological and technological characteristics of building mixtures. *Results in Engineering*, 20, 101419. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101419>

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Старкова, Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця, Україна.

Автор: ВОРОНЕНКО Ігор Вікторович

заступник генерального директора з експлуатації каналізаційного господарства, директор Комплексу «Харківводовідведення» КП «Харківводоканал», аспірант кафедри технології та організації будівельного виробництва

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

E-mail – ptokhvo@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0109-5779>

CURRENT STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS FOR THE RENEWAL OF SEWERAGE NETWORKS IN KHARKIV CITY

I. Voronenko

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Ensuring the reliable operation of sewerage systems is one of the essential tasks of municipal services in Ukrainian cities. As the research shows, in most cases, their construction involved concrete and reinforced concrete, which are prone to destruction under the influence of many factors, particularly microbiological corrosion. The destruction of sewage collectors is often the reason for wastewater leaking into groundwater and soil, resulting in pollution. The article provides statistical data on the 'Kharkivvodovidvedennia' Complex of the ME 'Kharkivvodokanal' as of 01.01.2024, which operates the city's external water drainage networks. The article outlines the most common factors that lead to emergencies in sewage networks, such as aging and wear of infrastructure, insufficient maintenance and repair, mechanical damage, pollution and clogging, increased volume of wastewater, planning problems, chemical reactions, biological corrosion, and connection defects. The relationship between these causes may be that corrosion can weaken pipeline materials, making them more vulnerable to mechanical damage and leakage. According to preliminary calculations, it is necessary to relay or rehabilitate (trenchless pipeline laying) at least 22–25 km of city networks annually to ensure the reliability of sewage networks. The article analyses the work cycles performed on the tunnel collectors' objects and large-diameter collectors over five years. Major repair and reconstruction work that deserves attention includes work on the repair of mine No. 12 of the tunnel collector of the 761 micro-district (mine depth $H = 6.75$ m, diameter – 5 m); restoration work of the Oleksiivskyi collector Ø 2000 mm near the viewing chamber No. 33 on the street Lopanska; restoration of the collector of the Northern group of factories Ø 900 mm at Danylivskyi Uzviz. As a result, we carried out an analysis of the current state of the sewage network of the city of Kharkiv. The main factor in the wear and tear of sewerage networks is corrosion, which, in turn, can weaken pipeline materials, making them more vulnerable to mechanical damage and leaks. Despite the difficult economic conditions, work on the repair and operation of networks is carried out. Also worthy of special attention for future research is the survey of mines where restoration work took place over the past ten years using modern methods.

Keywords: underground construction, sewerage, renewal, repair, reconstruction, bearing capacity, wear, corrosion.