

Гулевський П. Ю.

Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: gulevskiy@gmail.com; orcid.org/0000-0002-4164-2101)

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА НАДІЙНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛІВ В МІСЦЯХ ПРИЄДНАННЯ ДО ОГЛЯДОВИХ ШАХТ

У статті представлено результати дослідження причин відмови функціонування каналізаційних тунелів. За допомогою методу експертних оцінок було встановлено, що основним з факторів, що призводять до виникнення аварійних ситуацій є пошкодження склепіння тунелів в місцях їх примикання до оглядових шахт. Це дозволить приймати більш обґрунтовані рішення щодо відновлення ділянки трубопроводу та оглядової шахти в місцях їх примикання.

Ключові слова: каналізаційний тунель, знос, оглядова шахта, корозія, фактори руйнування.

Вступ. Упродовж 1966-1980 рр. у Харкові було введено в експлуатацію 56 км каналізаційних тунелів з глибиною залягання до 50 м та 90 оглядових і перепадних шахтних стволів. Значна частина каналізаційних тунелів міста була збудована за відсутності будівельних норм - СНіП, які були прийняті лише в 1985 р. Внаслідок інтенсивної дії руйнівних чинників ці каналізаційні тунелі перебувають нині в аварійному чи передаварійному стані. Тому проблема їх збереження та відновлення є особливо актуальною у зв'язку з ростом вимог до екології.

Метою даної роботи є дослідження факторів, що впливають на надійність експлуатації каналізаційних тунелів, зокрема в місцях приєднання до оглядових шахт, м. Харкова.

Результати дослідження. Дослідження експлуатаційного ресурсу каналізаційних тунелів свідчить про те, що до 80-90% аварій залізобетонних трубопроводів викликають корозійні процеси. Хімічні реакції, що протікають у вільному просторі трубопроводу, формують агресивне середовище по відношенню до бетонних конструкцій. Найбільш схильні до дії біогенної корозії конструкції склепіння колектору [8].

Аналіз виникнення типових аварій мереж водовідведення вказує на ряд причин виходу його із працездатного стану, а саме: зменшення кількості стоків за останні 20 років в 2-3 рази; підвищення агресивності стічних вод, зниження швидкості потоку і збільшення опадів. За час експлуатації понад нормативного терміну залізобетонний звід тунелю майже повністю руйнується в результаті дії біогенної корозії [4]. Перераховані причини руйнування каналізаційних колекторів, побудованих більше 50 років тому, як правило схожі за своїм характером. З вищесказаного випливає виділити специфіку експлуатації каналізаційних тунелів - діаметр перетину понад 1500 мм і глибина закладення понад 5-7 м.

Слід відзначити, що найбільшій корозії зазнають ділянки тунелів в місцях з'єднання з оглядовими шахтами, а також конструкції оглядових шахт. Так, в 2018 р сталося аварійне пошкодження на ділянці перемикання Головного колекторного тунелю глибокого закладення, прокладеного по вул. Греківській в м. Харків. Ділянка руйнування знаходилася в безпосередній близькості від камери гасіння потоку стічних вод (рис. 1) [2]. Основна причина виникнення локального обвалення - пошкодження залізобетонної конструкції склепіння тунелю в результаті впливу біогенної корозії. Стічні води в камері гасіння падають з позначки 95,8 до позначки лотка відвідної каналізаційного тунелю 83,9 (H = 11,9 м). В результаті розшарування потоку активно виділяється сірчаний газ, який в наступних реакціях перетворюється в сірчану кислоту високого ступеня концентрації. Не маючи антикорозійного захисту, йде пошкодження бетонного оброблення тунелю, яке несе навантаження від товщі ґрунту. В результаті руйнування несучого зводу конструкції пішов винос ґрунтової породи в тіло тунелю з наступним обваленням і провалом примикаючої будівлі.

З аналогічних причин також стався обвал каналізаційного тунелю в районі заводу ХТЗ в 2015-2016 р.р. (рис. 2) [2].

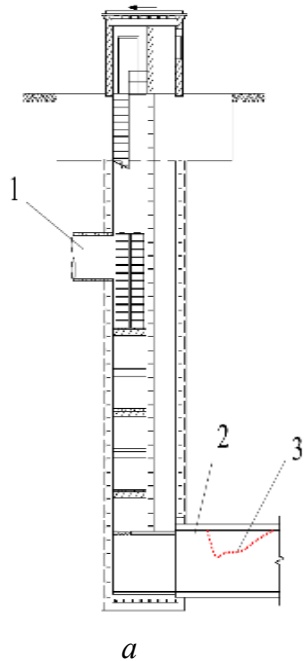


Рис. 1. Аварійне пошкодження каналізаційного тунелю по вул. Греківській (м. Харків, Україна 2017 р): а - конструктивне рішення камери гасіння; б - наслідки аварії; 1 - примикання каналізаційного колектора до камери гасіння; 2 - каналізаційний тунель аروحного типу; 3 - місце обвалення

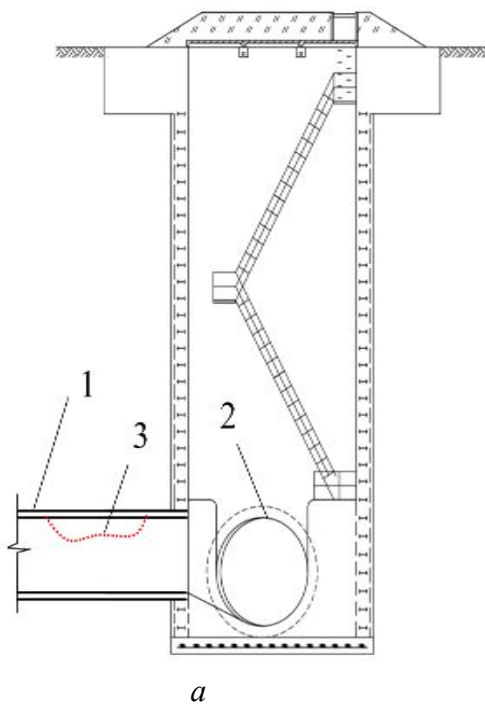


Рис. 2. Аварійне пошкодження каналізаційного тунелю в районі ХТЗ (м. Харків, Україна 2017 р): а - конструктивне рішення шахти; б - наслідки аварії; 1 - примикання каналізаційного колектора до шахти; 2 - каналізаційний тунель; 3 - місце обвалення

Було узагальнено фактори, що впливають на експлуатаційну надійність каналізаційних тунелів та оглядових шахт. Кожному фактору присвоєно умовне позначення Ф1 ... Ф8 (табл. 1).

Таблиця 1 - Причини відмови сталого функціонування каналізаційних тунелів

№ п/п	Фактори відмови
Ф1	Руйнування лотка тунелю під дією агресивних чинників
Ф2	Систематичні збільшення агресивності стічних вод
Ф3	Руйнування зводу конструкції каналізаційного тунелю
Ф4	Технічний стан оглядових шахт, камер гасіння, камер
Ф5	Перепади в обсягах стічних вод
Ф6	Інтенсивне вироблення поблизу траси проходження тунелю
Ф7	Руйнування зводу в місцях примикання до оглядових шахт, камер гасіння
Ф8	Перепади відміток лотка відповідно до поздовжнього профілю

Згідно методу експертного оцінювання [2] виконано ранжування причин відмови функціонування каналізаційних тунелів. При ранжируванні експерт в області експлуатації каналізаційного господарства розміщує основні фактори впливу на безаварійну експлуатацію каналізаційних тунелів в порядку, який йому представляється найбільш раціональним, і приписує йому ранги. При цьому ранг № 1 отримує найбільш високий рівень значимості впливу, а ранг № N - найменше. Отже, порядкова шкала, що отримується в результаті ранжирування, повинна задовольняти умові рівності числа рангів «8» числу ранжированих причин відмови «n» [3, 5]. Далі була складена зведена таблиця рангів для всіх експертів групи (табл. 2) [2].

Таблиця 2 – Результати опитування експертів, що входять до складу групи

Фактор	Експерт							Сума
	1	2	3	4	5	6	7	
Ф1	2	3	1	3	1	2	3	15
Ф2	6	5	5	5	4	5	5	35
Ф3	7	8	6	6	7	8	7	49
Ф4	5	6	8	7	6	6	6	44
Ф5	1	2	2	1	2	3	4	15
Ф6	4	4	3	2	3	4	2	22
Ф7	8	7	7	8	8	7	8	53
Ф8	3	1	4	4	5	1	1	19
Сума	36	36	36	36	36	36	36	-

Для визначення узгодженості експертів застосований коефіцієнт конкордації W [3, 5], розрахований за формулою:

$$W = \frac{8S}{m^2 \cdot (n^3 - n)}, \quad (1)$$

де m – кількість експертів; n – число факторів; S – відхилення суми квадратів значущості, яке визначається за такою формулою [3, 5]:

$$S = \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^m R_{ij})^2 - \frac{(\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m R_{ij})^2}{n} \quad (2)$$

За результатами опитування експертів в галузі експлуатації каналізаційних мереж і розрахунків їх узгодженості отриманий коефіцієнт конкордації, рівний 0,88, що говорить про високий ступінь узгодженості думок в обраній групі експертів. Діаграма сумарних рангів досліджуваних причин відмови каналізаційних тунелів за результатами експертного оцінювання в предметній області представлена на рис. 3.

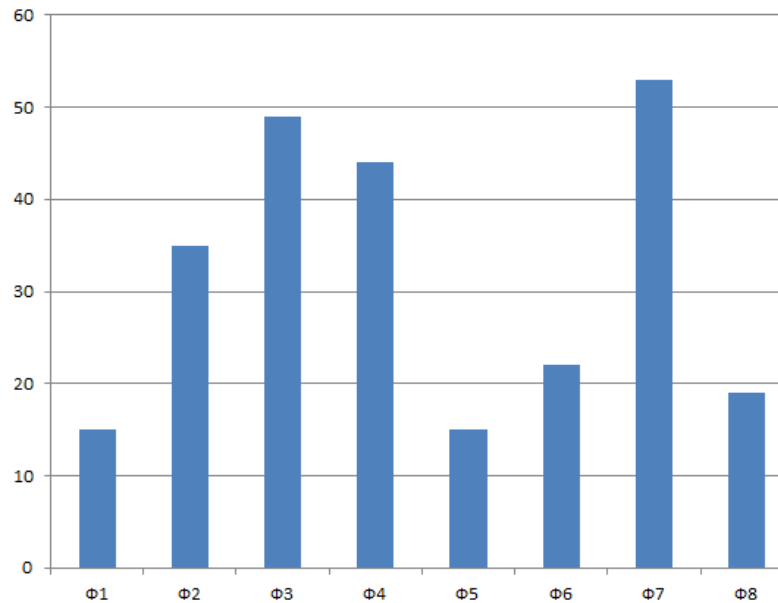


Рис. 3. Діаграма сумарних рангів досліджуваних причин відмови каналізаційних тунелів за результатами експертного оцінювання

Згідно даних, отриманих за результатами експертного оцінювання слід зазначити, що з вищевказаних 8 причин відмови сталого функціонування каналізаційних тунелів найбільш високий ступінь впливу на ефективність застосування методу по очищенню каналізаційних колекторів мають фактори Ф7, Ф3, Ф4 (сумарний ранг цих явищ - мінімальний), а саме:

- руйнування зводу в місцях примикання до оглядових шахт, камер гасіння;
- руйнування зводу конструкції каналізаційного тунелю;
- технічний стан оглядових шахт, камер гасіння.

Висновок. Досвід експлуатації підтверджує той факт, що близько 80% всіх обвалень каналізаційних тунелів відбувається в районі розташування оглядових шахт і камер гасіння, де через розшарування потоку стічних вод ступінь концентрації сірчаної кислоти перевищена в десятки разів. З вищевикладеного випливає, що питання розробки технологічних рішень щодо захисту каналізаційних тунелів в безпосередній близькості від оглядових шахт і камер гасіння є актуальним і потребує уваги.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бабушкин В. И. Защита строительных конструкций от коррозии, старения и износа. Харьков: Вища школа, 1989. 167 с.
2. Булгаков Ю.В. Исследование процесса разрушения конструкций канализационного тоннельного коллектора. Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. Вип. 5 (79). С. 79-84.
3. Goncharenko D., Aleinikova A., Ubiivovk A. Development of a rehabilitation method for sewer tunnels at the junctions to inspection shafts. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of

- geology and technology Sciences. 2020. 2 (440). p. 55-62.
- Гончаренко Д. Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения. Харьков: Консум, 2008. 400 с.
 - Гончаренко Д. Ф., Олейник Д. Ю. Выбор материалов для защиты от коррозии конструкций шахтных стволов систем водоотведения. Науковий вісник будівництва. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014. № 73. С. 107-112
 - Дрозд Г. Я., Сытниченко Н.В. Биологический фактор как причина разрушения канализационных сетей. Водоснабжение и санитарная техника. 2002. №1. С. 22-26.
 - Игнатъева А.В. Исследование систем управления. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 157 с.
 - Бондаренко Д.О., Булгаков В.В., Гармаш О.О., Гончаренко Д.Ф., Пилиграм С.С. Каналізаційні тунелі Харкова: QUO VADIS? / під заг. ред. Гончаренка Д.Ф. Харків: Раритети України, 2018. 232 с.
 - Кафидов В.В. Исследование систем управления. М.: Академический Проект, 2005. 160с.
 - Klauss R. Imhoff Geschichte der Abwasserentsorgung. Korrespondenz Abwasser. 1998. 1. S. 32-38.
 - Коринько И. В. Влияние сточных вод, транспортируемых канализационными коллекторами, на создание коррозионно- агрессивной среды в этих сооружениях. Комунальное хозяйство городов. Респ. межвед. наук.-техн. сб. 1997. №11. С. 88-92.
 - Алейнікова А.І., Волков В.М., Гончаренко Д.Ф., Зубко Г.Г., Старкова О.В. Методологічні основи подовження експлуатаційного ресурсу підземних інженерних мереж. / під заг. ред. Старкової О.В. Харків: Раритети України, 2017. 320 с.
 - Stein Dietrich. Instlandhaltung von Kanalisation. 3 Aufl. Berlin. Ernst. 1998. 914 s.
 - Flemming H. Microbial Deterioration of materials – Fundamentals: Economical and Technical Overview. Werkstoffe und Korrosion. 1994. № 45. P. 5-9
 - буdivnitsva. Khar'kov: KHNUSA, KHOTV ABU, 2015. Vyp. 5 (79). S. 79-84.
 - Goncharenko D. F. Ekspluatatsiya, remont i vosstanovlenie setey vodootvedeniya. Harkov: Konsum, 2008. 400 s.
 - Goncharenko D. F., Oleynik D. Yu. Vyibor materialov dlya zaschityi ot korrozii konstruktsiy shahtnyih stvolov sistem vodootvedeniya. Naukoviy vIsnik budIvnitstva. Harkiv: HNUBA, HOTOV ABU, 2014. №73. S. 107-112
 - Goncharenko D., Aleinikova A., Ubiivovk A. Development of a rehabilitation method for sewer tunnels at the junctions to inspection shafts. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology Sciences. 2020. 2 (440). p. 55-62.
 - Drozd G. Ya., Syitnichenko N. V. Biologicheskiy faktor kak prichina razrusheniya kanalizatsionnyih setey. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tehnika. 2002. №1. S. 22-26.
 - Ignateva A.V. Issledovanie sistem upravleniya. M.: YuNITI-DANA, 2003. 157 s.
 - Bondarenko D.O., Bulhakov V.V., Harmash O.O., Goncharenko D.F., Pilihram S.S. Kanalizatsiyni tuneli Kharkova: QUO VADIS? / pid zah. red. Goncharenko D.F. Kharkiv: Rarytety Ukrayiny, 2018. 232 s.
 - Kafidov V.V. Issledovanie sistem upravleniya. M.: Akademicheskii Proekt, 2005. 160 s.
 - Klauss R. Imhoff Geschichte der Abwasserentsorgung. Korrespondenz Abwasser. 1998. №1. S. 32-38
 - Korinko I. V. Vliyanie stochnyih vod, transportruemyih kanalizatsionnyimi kollektoramі, na sozdanie korrozionno- agressivnoy sredy v etih sooruzheniyah. Komunalnoe hozyaystvo gorodov. Resp. mezhved. nauk.-tehn. sb. 1997. №11. S. 88-92.
 - Aleynkova A.I., Volkov V.M., Goncharenko D.F., Zubko G.G., Starkova O.V. MetodologichnI osnovi podovzhennya ekspluatatsIynogo resursu pldzemnih Inzhenernih merezh. / pldzag. red. StarkovoYi O.V. HarkIv: Raritetiyi Ukrayiny, 2017. 320 s.
 - Stein Dietrich. Instlandhaltung von Kanalisation. 3 Aufl. Berlin. Ernst. 1998. 914 s.
 - Flemming H. Microbial Deterioration of materials – Fundamentals: Economical and Technical Overview. Werkstoffe und Korrosion. 1994. № 45. P. 5-9

REFERENCES:

Hulievskiy P. INVESTIGATION OF FACTORS THAT AFFECT THE RELIABILITY OF OPERATION OF SEWAGE TUNNELS IN THE AREA OF CONNECTION TO THE OBSERVATION MINES. The article presents the results of research of the causes of failure of sewage tunnels. Using the method of expert assessments, it was found that the main factor leading to emergencies is damage to the arch of tunnels at the points where they adjoin the observation mines. This will make it possible to make a more informed decision on the restoration of the pipeline section and the observation mines at their connections.

Keywords: sewage tunnel, wear, observation mine, corrosion, failure factors.