

Старкова О.В., Алейнікова А.І., Бондаренко Д.О.

Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002; e-mail: starkova.olha@gmail.com, alevtynaal222@gmail.com,
dm_bondarenko@ekit.org.ua; orcid.org/0000-0002-9034-8830, orcid.org/0000-0002-2486-4263,
orcid.org/0000-0002-2276-586X)

ДОСЛІДЖЕННЯ НАСЛІДКІВ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙ НА КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛЯХ

Статистика аварійних пошкоджень останніх років свідчить про те, що з кожним роком показник аварійності каналізаційних тунелів та споруд стрімко зростає в порівнянні з загальноєвропейським, тому питання оцінки наслідків руйнації каналізаційних тунелів є актуальним та потребує всебічного дослідження. Статтю присвячено дослідженню наслідків виникнення аварій на каналізаційних тунелях. Досліджено основні причини руйнації каналізаційних тунелів, що провокують виникнення аварій. Запропоновано класифікацію факторів їх руйнації за наступними групами: виробничі фактори; фактори довговічності матеріалів лінійної частини мережі; організаційно-технологічні фактори; експлуатаційні фактори; фактори зовнішнього експлуатаційного середовища. Представлено та обґрунтовано цілеспрямованість визначення наслідків виникнення аварійних ситуацій на каналізаційних тунелях відповідно до нормативних документів. Класифіковано основні групи наслідків, що викликані аварійними ситуаціями, а саме виділено наступні групи: екологічні, економічні, технічні, соціальні, інноваційні. Запропоновано методику визначення рангів наслідків виникнення аварійної ситуації за допомогою розробленої авторами відповідної шкали рангів та системи їх визначення. Було визначено основні критерії та діапазон їх значень, за якими дають оцінку та визначають ранг відповідно до ситуації.

Ключові слова: каналізаційний тунель, знос, аварійна ситуація, наслідки.

Вступ. Останнім часом все більше уваги приділяється безаварійній праці та питанням підвищення експлуатаційного ресурсу будівельних конструкцій та споруд системи водовідведення, в першу чергу шляхом покращення її експлуатаційних характеристик. Як показує комплексний аналіз виникнення аварійних ситуацій на мережах водовідведення, каналізаційні тунелі, колектори та конструкції оглядових шахт виходять з ладу раніше нормативного терміну їх експлуатації [1]. Проте, впровадження інноваційних технологій для відновлення мереж водовідведення відбувається, як правило, вже тоді, коли є сам факт виникнення аварії. Дослідники приділяють питанням ймовірного прогнозування експлуатаційної відмови трубопроводу та дослідженню наслідків виникнення аварійної ситуації на каналізаційних тунелях. Для цього, як правило, використовується детермінований метод фактору життя, основою якого є оцінка факторів, що знижують показники надійності каналізаційних споруд [2]. Для вирішення питання безаварійної роботи каналізаційних тунелів і споруд та впровадження технології ремонту до моменту виникнення аварійної ситуації необхідно знати чітко уявлення відносно наслідків

після її настання в різних напрямках життєдіяльності. Це питання є важливим і недостатньо вивченим на сьогоднішній день.

Метою даної роботи є дослідження наслідків виникнення аварій на каналізаційних тунелях. Для досягнення цілі дослідження було визначено наступні завдання: дослідити наслідки виникнення аварійних ситуацій на каналізаційних тунелях; запропонувати комплексну методику визначення наслідків виникнення аварійних ситуацій на каналізаційних тунелях.

Матеріали та методи досліджень. При будівництві споруд різного призначення, в тому числі каналізаційних тунелів, обов'язковим є визначення класу відповідальності об'єкту, який показує ступінь наслідків при умові його відмови. Під терміном відмова розуміється відповідний стан об'єкта, за якого його неможливо використовувати за функціональним призначенням [3, 4]. Згідно регламентуючих документів клас наслідків об'єкту будівництва визначають незалежно за окремими характеристиками можливих наслідків від відмови об'єкту: можлива небезпека для здоров'я і життя людей, які постійно перебувають на об'єкті; можлива

небезпека для здоров'я і життя людей, які періодично перебувають на об'єкті; можлива небезпека для життєдіяльності людей, які перебувають зовні об'єкта; обсяг можливого економічного збитку; можливість втрати об'єктів культурної спадщини; можливість припинення функціонування об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури.

Визначення класу наслідків виконують для кожного лінійного об'єкту інженерно-транспортної інфраструктури окремо. Відповідно до положень клас відповідальності об'єкта будівництва встановлюють за найвищою характеристикою можливих наслідків, отриманих за результатами розрахунків [3, 4]. Характеристики можливих наслідків відмови об'єкта є підставою для класифікації об'єктів, в тому числі каналізаційних тунелів, за трьома класами наслідків (відповідальності): незначні наслідки (СС1), середні наслідки (СС2), значні наслідки (СС3). Каналізаційні тунелі мають клас наслідків СС3, адже відмова їх функціонування має загальнодержавний рівень. Зазначені у нормативному документі характеристики є загальними та обов'язковими для об'єктів і не

залежать від їх функціонального призначення. Це факт свідчить про те, що для споруд каналізаційного господарства визначення наслідків відмови потребує використання не тільки характеристик, що зазначено у стандарті, а й додаткових визначень та ранжувань.

Результати дослідження. Комплексні дослідження основних причин порушення стійкого функціонування каналізаційних тунелів свідчать про те, що основною причиною їх руйнації є корозійні процеси [5-13]. Внаслідок цього відбуваються виникнення аварійних ситуацій, що несуть за собою певні наслідки на оточуюче середовище. Проаналізувавши зменшення експлуатаційного ресурсу каналізаційних тунелів, класифіковано основні групи наслідків, що викликані аварійними ситуаціями, а саме виділено наступні групи: екологічні; економічні; технічні; соціальні; інноваційні.

Екологічна група наслідків впливу включає в себе вплив на атмосферу, літосферу, гідросферу (табл. 1). Економічна група наслідків охоплює макросередовище і мікросередовище експлуатуючого підприємства (табл. 2).

Таблиця 1 – Екологічна група наслідків

№ з/п	Сфера впливу	Характер впливу	Наслідки
1.	Атмосфера	викид сірководню, меркаптану, діоксиду сірки, діоксиду вуглецю, метану тощо	Інтенсивне техногенне навантаження на навколишнє природне середовище, що є джерелом значущої екологічної небезпеки для міських регіонів, особливо якщо зафіксовано перевищення гранично-допустимих концентрацій речовин другого класу небезпеки
2.	Гідросфера	Потрапляння у ґрунтові води	Зміна хімічного складу води та поява інших небажаних компонентів, що загрожують екологічній безпеці
		Потрапляння у поверхневі водні джерела	Небезпечне підвищення концентрацій речовин та забруднення основних джерел водопостачання
3.	Літосфера	Підтоплення територій та порушення водообміну	Підвищення рівня ґрунтових вод та їх агресивності в результаті забруднення фекальними водами визиває активізацію карстових процесів, що призводить до утворення карстових провалів, що погрожує спорудам, руйнування тіла фундаментів, корозії арматури та бетону; погіршення механічних властивостей ґрунтів (понижується опір зсуву)
		Деградація ґрунту	Погіршення корисних властивостей та родючості ґрунту
		Пригнічення рослинного комплексу	Зниженні схожості насіння, уповільнене зростання рослин, ненормальний розвиток кореневих систем, хлороз, в'янення, загибель рослин
		Забруднення верхнього шару ґрунту важкими металами	Токсичні навіть у мінімальних кількостях важкі метали не піддаються процесам розкладання, а здатні лише перерозподілятися між природними середовищами, тому вони концентруються в живих організмах, викликаючи при цьому різні патології

Таблиця 2 – Економічна група наслідків

№	Сфера впливу	Характер впливу	Наслідки
1.	Макросередовище експлуатуючого підприємства	необхідність виділення додаткових коштів з бюджету на проведення робіт	дестабілізація фінансового середовища місцевого бюджету
2.	Мікросередовище експлуатуючого підприємства	необхідність ліквідації аварійної ситуації	виділення коштів на тимчасову зупинку відводу стічних вод, місцеву ліквідацію наслідків аварійної ситуації
		необхідність тимчасового забезпечення безперервного функціонування розподільчої системи водовідведення	виділення коштів на влаштування обвідної лінії перекачування стічних вод, насосне обладнання тощо
		необхідність капітального ремонту зношеного каналізаційного тунелю або будівництво нової документації	виділення коштів на розробку та погодження повного комплексу проектно-технічної, кошторисної та виконавчої документації; проведення будівельних робіт з відновлення існуючого або будівництва нового каналізаційного тунелю

Технічна група наслідків виникнення аварійної ситуації на каналізаційному тунелі включає в себе наступне: порушення стійкості функціонування системи водовідведення; зупинка безперервної дії процесу відведення стічних вод; пошук альтернативних схем забезпечення водовідведення; додаткове навантаження на дублюючі лінії та насосне обладнання. Вагомий вплив на населення здійснюють незручності через порушення функціонування централізованої системи водовідведення. Соціальна група наслідків виникнення аварійної ситуації на каналізаційному тунелі включає: погіршення стану здоров'я людей внаслідок впливу отруйних газів у повітрі; порушення системи життєзабезпечення через зупинку централізованої системи водопостачання та водовідведення; незручність через процес тимчасового водовідведення; висока ймовірність виникнення осередків інфекційних захворювань; небезпека для населення через утворення провалів ґрунту та пошкодження дорожнього покриття; порушення нормального функціонування транспортної системи міста; естетичні незручності для населення.

Проте виникнення аварійної ситуації на каналізаційному тунелі провокує інноваційну групу наслідків, що передбачає пошук інноваційних рішень для

мінімізації збитків. Інноваційна група включає в себе: розробка альтернативних схем централізованого водовідведення; розробка інноваційних організаційно-технологічних рішень відновлення розподільчих мереж; модернізації аварійних ділянок каналізаційних тунелів; використання сучасних матеріалів з антикорозійними властивостями; проведення досліджень з питання стійкого функціонування системи водовідведення; впровадження системи моніторингу стійкого функціонування каналізаційних тунелів.

Результати дослідження. На основі досліджень експлуатаційної практики та статистики виникнення аварійних ситуацій авторами було визначено шість критеріїв за якими можна провести оцінку наслідків виникнення аварії на каналізаційному тунелі (К1-К6). З використанням методу експертного оцінювання фахівцями в галузі каналізаційного господарства виконано ранжування критеріїв в порядку зростання або зменшення в залежності від ступеня впливу критерію на наслідки аварійної ситуації [14]. При визначенні ступеню впливу експерт давав оцінку (з 1 по 6) кожному з критеріїв в порядку, який йому представляється найбільш раціональним, а саме: при присвоєнні оцінки 1 критерій отримує найбільш високий рівень значимості, а оцінка 6 – найменший.

Отже, порядкова шкала, що отримується в результаті ранжирування, повинна задовольняти умові рівності числа рангів «б»

числу ранжируваних факторів «п» [14]. Отримані експертні дані зведено в таблицю рангів (табл. 3).

Таблиця 3 – Результати опитування експертів в галузі каналізаційного господарства

№	Критерій	Експерт						Сума
		1	2	3	4	5	6	
K1	Технічна характеристика аварійної ділянки	5	5	6	6	6	5	33
K2	Ареол впливу на оточуюче середовище каналізаційного тунелю	4	3	3	3	3	4	20
K3	Охоплення населення	2	1	2	2	1	1	9
K4	Масштаби пошкодження або руйнування та забезпечення функціонування тимчасової (або постійної) системи водовідведення	3	4	4	4	4	3	22
K5	Вартість повної ліквідації наслідків	1	2	1	1	2	2	9
K6	Організаційно-технологічні заходи відновлення стійкості функціонування каналізаційного тунелю	6	6	5	5	5	6	33

Таблиця 4 – Визначення рангу наслідків виникнення аварії на каналізаційному тунелі

№	Критерій	Значення показника відповідно до рангу наслідків		
		I	II	III
1	Технічна характеристика аварійної ділянки (K1)*: діаметр тунелю, мм глибина залягання, м ділянка пошкодження, п.м.	1500-2000 до 5 до 5	2000-2500 5-12 5-15	понад 2500 понад 12 понад 15
2	Ареол впливу на оточуюче середовище каналізаційного тунелю (K2)	до 50 м, не має забруднення водних ресурсів	50-150 м, не має забруднення водних ресурсів	понад 150 м, є забруднення водних ресурсів
3	Охоплення населення (K3), тис. чол.	до 5	5-25	понад 25
4	Масштаби пошкодження або руйнування та забезпечення функціонування тимчасової (або постійної) системи водовідведення (K4)	переключення на дублюючу лінію водовідведення	влаштування тимчасового водовідведення за рахунок насосів та тимчасових наземних ліній відводу	неможливість влаштування тимчасової схеми водовідведення та зупинка постачання води
5	Вартість повної ліквідації наслідків (K5), тис. ум.од.	до 500	500-1000	понад 1000
6	Організаційно-технологічні заходи відновлення стійкості функціонування каналізаційного тунелю (K6)	типові заходи з відновлення функціонування каналізаційного тунелю	організаційно-технологічні заходи підвищеної складності	інноваційні заходи з повної реконструкції існуючого тунелю та споруд або будівництво нових

*при визначенні рангу за критерієм при різних значеннях приймається найбільший показник

В результаті аналізу таблиці стандартизованих рангів і проведених розрахунків отримано Коефіцієнт множинної рангової кореляції, що дорівнює 0,917, що говорить про високий ступінь узгодженості думок в обраній групі експертів [14]. Критерії охоплення населення та вартість повної ліквідації наслідків аварії є найбільш вагомими показниками при оцінці наслідків аварії на каналізаційних тунелях. Технічні та технологічні критерії (K1, K6) мають менший вплив на наслідки, проте від

них на пряму залежить вартість ліквідації аварії в цілому. Відповідно до проведених досліджень авторами запропоновано шкалу рангів наслідків виникнення аварійної ситуації на каналізаційному тунелі та відповідну систему визначення рангу. Відповідно до критеріїв K1-K6 визначено діапазон їх значень, за якими дають оцінку відповідно до ситуації. Під ситуацією розуміють аварію на каналізаційному колекторі, що виникла, або може виникнути за результатами обстеження на предмет

надійності та стійкості функціонування. В табл. 4 наведено порядок визначення рангу наслідків виникнення аварійної ситуації на каналізаційному тунелі.

В табл. 3 описано порядок визначення рангу наслідків виникнення аварійної ситуації на каналізаційному тунелі для кожної окремої аварійної ситуації, що сталося на каналізаційному тунелі та споруді. Слід зазначити, що при умові різних значень рангів відповідно до критеріїв визначення розраховують середнє значення та обирають більший показник.

Обговорення результатів. Для того, щоб визначити необхідний ранг наслідків виникнення аварійної ситуації на каналізаційному тунелі необхідно мати результат комплексного дослідження його кожної окремої ділянки або споруди. Умовно, після діагностики функціонування обраної ділянки каналізаційного тунелю, отримано наступні показники: діаметр тунелю становить 2000 мм, його прокладено на глибині 7 метрів, протяжність технічно зношеної ділянки становить 8 п.м; на відстані 150 п.м. не має поверхневих водних ресурсів, охоронна зона експлуатації не перевищує 150 п.м.; зона впливу каналізаційного тунелю охоплює понад 50 тис. мешканців міста; в наслідок щільної забудови міста, при умові пошкодження тунелю майже неможливе улаштування тимчасової схеми водовідведення; при умові пошкодження каналізаційного тунелю необхідно використовувати нетривіальні методи ремонту внаслідок відсутності можливості припинення стоку стічних вод, щільної забудови та конструктивних характеристик. Отже, відповідно до табл. 1 за двома критеріями обрано II ранг наслідків, за трьома критеріями – III ранг наслідків. У цьому випадку, при умові різних значень рангів відповідно до критеріїв визначення розраховують середнє значення та обирають більший показник. На рис. 1 представлено графічне відображення методики визначення рангу наслідків виникнення аварійної ситуації на каналізаційному тунелі.

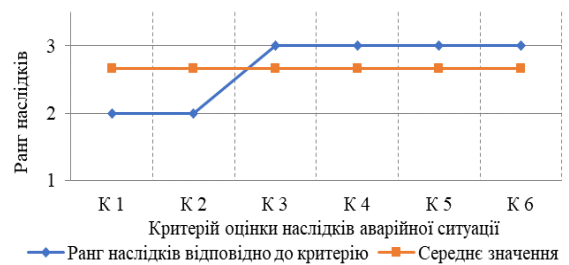


Рис. 1. Визначення рангу наслідків виникнення аварійної ситуації на каналізаційному тунелі

Оцінити ймовірні наслідки при умові настання аварійної ситуації на каналізаційному тунелі, або при плануванні заходів вже по факту її виникнення – важливе питання для експлуатуючих підприємств. При плануванні заходів з капітального та планового ремонту і вибору пріоритетних ділянок для проведення відновлювальних робіт важливим є обґрунтовано направити витрати на проведення ремонтних робіт. Запропонована авторами методика є вагомим інструментом в системі моніторингу стійкого функціонування каналізаційних тунелів та споруд. На основі визначених наслідків можна формувати програму реконструкції каналізаційних тунелів і споруд на перспективу.

Висновки. В ході виконання дослідження відносно наслідків виникнення аварійних ситуацій на каналізаційних тунелях отримано низку науково-обґрунтованих результатів, а саме: досліджено наслідки виникнення аварійних ситуацій на каналізаційних тунелях на людину, експлуатуючу організацію та навколишнє середовище; запропоновану комплексну методику визначення наслідків виникнення аварійних ситуацій на каналізаційних тунелях з використанням шкали рангів, яка дозволяє дати інформацію відповідно до масштабів наслідків відповідно до рангу аварії в кожному окремому випадку.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кравченко О.В., Ямко О.Ю. Сучасний стан мереж водопостачання та водовідведення України: проблеми та перспективи розвитку. *Зб. доп. між. Конгресу та технічної виставки «ETEBK-2017»*. Чорноморськ, 2017. С. 86–89.
2. Anbari M., Massoud T., Abbas R. Risk assessment model to prioritize sewer pipes inspection in wastewater collection networks. *Journal of environmental management*. 2017. № 190. P. 91- 101.

3. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація: проектування зовнішніх мереж та споруд Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 134 с.
4. ДСТУ 8855:2019 Визначення класу наслідків (відповідальності). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 32 с.
5. Бондаренко Д.О., Булгаков В.В., Гармаш О.О., Гончаренко Д.Ф., Піліграм С.С. Каналізаційні тунелі Харкова: QUO VADIS? / під заг. ред. Гончаренко Д.Ф. Харків: Раритети України, 2018. 232 с.
6. 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.
7. Юрченко В.А., Коваленко А.В. Образование сероводорода–проблема эксплуатационной надежности и экологической безопасности водоотведения. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014. Вип. 3. С. 218-223.
8. Kammerer R. Schadenentwicklung in Steinzeugröhren. *Korrespondenz Abwasser, Abfall*. 2012. (59). № 9. S. 812-820.
9. Гончаренко Д. Ф., Гудилин Р. И. Канализационные тоннели и коллекторы – на пороге экологической катастрофы. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2018. Вип. 3. С. 110-115.
10. Старкова О.В. Модели обоснованного выбора метода ремонта и восстановления участка канализационной сети. *Науковий вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. Вип. 3 (85). С. 80-85.
11. Dong Q., Shi H., Liu Y. Microbial character related sulfur cycle under dynamic environmental factors based on the microbial population analysis in sewerage system. *Frontiers in microbiology*. 2017. №8.
12. Garmash A. and at al. On renovation of the destroyed tunnel sewer collector in Kharkiv. *World Journal of Engineering*. 2016. Vol. 13. Issue 1. pp. 72-76.
13. Mahmoodian M., Alani A. Effect of Temperature and Acidity of Sulfuric Acid on Concrete Properties. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2017. Vol. 29. №10. pp. 1001-1018.
14. Метод експертних оцінок. URL: <https://math.semestr.ru/corel/concordance.php>.
- in wastewater collection networks. *Journal of environmental management*. 2017. № 190. P. 91- 101.
3. DBN V.2.5-75:2013 Kanalizacziya: proektuvannya zovnishnikh merezh ta sporud. Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hos-podarstva Ukrainy, 2013. 134 s.
4. DSTU 8855:2019 Viznachennya klasu naslidkiv (vidpovidalnosti). Kyiv: DP „UkrNDNZ”, 2019. 32 s.
5. Bondarenko D.O., Bulgakov V.V., Garmash O.O., Goncharenko D.F., Piligram S.S. Kanalizacijni tuneli Kharkova: QUO VADIS? / pi'd zag.red. Goncharenko D.F. Kharkiv: Raritety Ukrainy, 2018. 232 s.
6. Alejni`kova A.I., Volkov V.M., Goncharenko D.F., Zubko G.G., Starkova O.V. Metodologichni osnovi podovzhennya ekspluatacijnogo resursu pidzemnikh inzhenernikh merezh / pid zag. red. Starkovoyi O.V. Kharkiv: Raritety Ukrainy, 2017. 320 s.
7. Yurchenko V.A., Kovalenko A.V., Brigada E.V., Lebedeva E.S. Obrazovanie serovodoroda–problema ekspluataczionnoj nadezhnosti i ekologicheskoy bezopasnosti vodootvedeniya. *Nauk. visnik budivnicztva*. Kharkiv: KhNUBA, KhOTV ABU, 2014. Vip. 3. S. 218-223.
8. Kammerer R. Schadenentwicklung in Steinzeugrohren. *Korrespondenz Abwasser, Abfall*. 2012. (59). № 9. S. 812-820.
9. Goncharenko D. F., Gudilin R. I. Kanalizaczionnye tonneli i kollektory – na poroge ekologicheskoy katastrofy. *Nauk. visnik budivnicztva*. Kharkiv: KhNUBA, KhOTV ABU. 2018. Vip. 3. S. 110-115.
10. Starkova O.V. Modeli obosnovannogo vybora metoda remonta i vosstanovleniya uchastka kanalizaczionnoj seti. *Nauk. visnik budivnicztva*. Kharkiv: KhNUBA, KhOTV ABU. 2016. Vip. 3. (85). S. 80-85.
11. Dong Q., Shi H., Liu Y. Microbial character related sulfur cycle under dynamic environmental factors based on the microbial population analysis in sewerage system. *Frontiers in microbiology*. 2017. №8.
12. Garmash A. and at al. On renovation of the destroyed tunnel sewer collector in Kharkiv. *World Journal of Engineering*. 2016. Vol. 13. Iss. 1. pp. 72-76.
13. Mahmoodian M., Alani A. Effect of Temperature and Acidity of Sulfuric Acid on Concrete Properties. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2017. vol. 29. №10. pp.1001-1018.
14. Metody ekspertnykh otsinok URL: <https://math.semestr.ru/corel/concordance.php>.

REFERENCES:

1. Kravchenko O.V., Yamko O.Yu. Suchasnij stan merezh vodopostachannya ta vodovidvedennya Ukraini: problemi ta perspektivi rozvitku. *Zb. dop. mi'zh. Kongresu ta tekhnichnoyi vistavki «ETE VK-2017»*. Chornomors`k, 2017. S. 86-89.
2. Anbari M., Massoud T., Abbas R. Risk assessment model to prioritize sewer pipes inspection

Старкова О.В., Алейнікова А.І., Бондаренко Д.О. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙ НА КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ТОННЕЛЯХ. Статистика аварийных повреждений последних лет свидетельствует о том, что с каждым годом показатель

аварийности канализационных тоннелей и сооружений стремительно возрастает по сравнению с общеевропейским, поэтому вопрос оценки последствий разрушения канализационных тоннелей является актуальным и требует всестороннего исследования. Статья посвящена исследованию последствий возникновения аварий на канализационных туннелях. Представлены и обоснованы целеустремленность определения последствий возникновения аварийных ситуаций на канализационных туннелях в соответствии с нормативными документами. Классифицированы основные группы последствий, вызвано аварийными ситуациями, а именно выделено следующие группы: экологические, экономические, технические, социальные, инновационные. Предложена методика определения рангов последствий возникновения аварийной ситуации и с помощью разработанной авторами соответствующей шкалы рангов и системы их определения. Были определены основные критерии и диапазон их значений, по которым дают оценку в соответствии с ситуацией.

Ключевые слова: канализационный тоннель, износ, аварийная ситуация, последствия.

Starkova O., Aleinikova A., Bondarenko D. RESEARCH INTO THE CONSEQUENCES OF EMERGENCIES IN SEWER TUNNELS. The evaluation of the technical condition of the sewer systems in Ukraine have recently become a matter of national significance. Accident damage statistics in

recent years show that every year the accident rate of sewer tunnels and structures is growing rapidly compared to the European, so the question of assessing the consequences of the destruction of sewer tunnels is relevant and needs comprehensive study. The article is devoted to the study of the consequences of accidents in sewer tunnels and structures. The detailed analysis of tendencies of scientific interests and directions in the world according to a question of reliability of sewer networks is carried out. The main reasons for the destruction of sewer tunnels that provoke accidents have been studied. The classification of factors of their destruction on the following groups is offered: production factors; factors of durability of materials of a linear part of a network; organizational and technological factors; operational factors; factors of the external operating environment. The purposefulness of determining the consequences of emergencies in sewer tunnels in accordance with the regulations is substantiated. The main groups of consequences caused by emergencies are classified: ecological, economic, technical, social, innovative. A method for determining the ranks of the consequences of an emergency situation using the appropriate scale of ranks developed by the authors and the system for determining them is proposed. The main criteria and the range of their values were determined according to which an assessment is given and a rank is determined according to the emergency.

Keywords: consequences, corrosion, demolition, emergency, sewer tunnel.

DOI: 10.29295/2311-7257-2020-100-2-149-157

УДК 624:016

Шехоркіна С.Є., Нікіфорова Т.Д., Буцька О.Л.

Державний вищий навчальний заклад Придніпровська державна академія будівництва та архітектури (вул. Чернишевського, 24а, м. Дніпро, 49005, Україна; e-mail: S_VT@ukr.net; nikiforova_t@pgasa.dp.ua; helenochka@i.ua; orcid.org/0000-0002-7799-2250; orcid.org/0000-0002-0688-2759; orcid.org/0000-0002-4377-3746)

ОЦІНКА ВЕРТИКАЛЬНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ ГІБРИДНИХ ДЕРЕВО-ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БУДІВЕЛЬ

Гібридні системи представляють собою раціональну комбінацію конструкцій з різних матеріалів. Останнім часом значної популярності набули гібридні будівлі, в яких переважна частина конструктивних елементів виконана з деревини, а просторова стабільність забезпечується залізобетонними діафрагмами або ядрами жорсткості. В статті розглянуті питання проектування гібридних багатоповерхових будівель в аспекті прогнозування поздовжніх переміщень, оскільки нерівномірне деформування може спричинити невідповідність критеріям експлуатаційної придатності (зокрема, появу тріщин в балках і плитах, пошкодження внутрішньо будинкових інженерних мереж, оздоблювальних матеріалів тощо). Метою дослідження є розробка та апробація спрощеного методу визначення вертикальних переміщень несучих конструкцій дерево-залізобетонних гібридних будівель, який враховує вплив деформацій повзучості. Для апробації запропонованого методу проведено розрахунки переміщень колон та діафрагми жорсткості для поперечної рами 10-ти та 15-ти поверхової будівлі. Виконано порівняльний аналіз результатів з даними скінчено елементного моделювання в програмному комплексі «ЛІРА». Отримані дані підтвердили достатню точність спрощеного методу, різниця в отриманих результатах не перевищує 5% для дерев'яних елементів та 10% для залізобетонних. Проведено оцінку впливу деформацій повзучості на величину вертикальних переміщень протягом терміну експлуатації будівлі. Надані рекомендації щодо врахування впливу реологічних властивостей на напружено-деформований стан конструкцій багатоповерхових дерево-залізобетонних будівель. Практичне значення результатів дослідження полягає