

Гончаренко Д. Ф.¹, Алейнікова А. І.¹, Гуділін Р. І.¹, Дегтяр Є.Г.²

¹Харківський національний університет будівництва та архітектури
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002; e-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua, alevtynaal222@gmail.com,
r.i.gudilin@gmail.com; <http://orcid.org/0000-0003-1278-0895>, <http://orcid.org/0000-0002-2486-4263>;
<http://orcid.org/0000-0002-7218-2179>)

²КП «Харківводоканал»
(вул. Шевченко, 2, м. Харків, 61013, gabriel222@rambler.ru, <http://orcid.org/0000-0002-2486-4263>)

ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВОГО МЕТОДУ ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНОГО КОЛЕКТОРУ

Стаття присвячена дослідженню питання доцільності впровадження нового методу відновлення каналізаційного колектору. В роботі розглянуто технологію відновлення каналізаційного колектору з використанням клінкерної цегли, порівняно три варіанти відновлення зношеного колектору: метод розроблений авторами з використанням клінкерної цегли, метод заміни зруйнованих труб на нові (відкритий спосіб відновлення з демонтажем зруйнованого колектору) та безтраншейний метод «релейнінг» з використанням поліетиленової труби. Побудовано циклограми проведення робіт та розраховано техніко-економічні показники.

Ключові слова: каналізаційний колектор, знос, корозія, аварійність, цегла.

Вступ. Оцінка технічного стану та стійке функціонування каналізаційних систем м. Харкова та Харківської області останнім часом стає завданням обласної важливості. Відомо, що значна частина каналізаційних трубопроводів діаметром 700-1800 мм побудована 40-50 років тому з бетону та залізобетону. Однак, як показує аналіз виникнення аварійних ситуацій на мережах водовідведення, часто бетонні та залізобетонні конструкції виходять з ладу раніше нормативного терміну експлуатації [1]. Дослідження експлуатаційного ресурсу каналізаційних колекторів 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 [1, 2]. Аварії і відмови в роботі каналізаційних мереж призводять до очевидних економічних, екологічних і соціальних наслідків. Економічна складова відновлення постає особливо гостро в умовах обмежених фінансових ресурсів експлуатуючих підприємств. Тому питання розробки і впровадження ефективної технології відновлення каналізаційних колекторів за рахунок економії матеріальних і трудових ресурсів є актуальним.

Метою даної роботи є обґрунтування доцільності впровадження нового методу відновлення каналізаційного колектору з використанням клінкерної цегли.

Для досягнення поставленої мети в роботі сформульовані наступні завдання:

- виконати аналіз технічного стану і умов експлуатації каналізаційних колекторів м.Харкова;
- привести результати досліджень щодо обґрунтування доцільності впровадження нового методу відновлення каналізаційного колектору з використанням клінкерної цегли;
- побудувати циклограми проведення робіт відповідно до розглянутих варіантів відновлення та розрахувати техніко-економічні показники.

Матеріали і методи досліджень. Сьогодні питома вага аварійних мереж водовідведення в м. Харкові становить 42% від їх загальної протяжності. Тенденція останніх років показує, що щорічно збільшується протяжність аварійних мереж в середньому на 0,67% в рік [3], а прикладів виникнення аварійних ситуацій стає все більше. На початку 2018 р (січень-березень) сталося обвалення на семи ділянках Південного безнапірного колектора в м. Лозова Харківської області. Аналіз аварії вказав на ряд причин виходу його з робочого стану: зменшення кількості стоків за останні 20 років в 2-3 рази; підвищення

агресивності стічних вод (перевищення ГДК азоту амонію в 1,5 рази, фосфатів - більше 4 разів) зниження швидкості потоку і збільшення опадів. За час його експлуатації (понад 30 років) залізобетонний звід майже повністю зруйнований в результаті дії біогенної корозії. Перераховані причини руйнування каналізаційних колекторів, побудованих більше 50 років тому, як правило схожі за своїм характером [4].

Відновлення каналізаційного колектора традиційним відкритим способом передбачає виконання земляних робіт по розробці траншеї, демонтаж зношеного колектора та укладання нового трубопроводу з матеріалів, здатних протидіяти біогенної корозії - поліетилен, склопластик та ін. Безтраншейний спосіб ремонту максимально виключає виробництво земляних робіт. Найбільш поширеним безтраншейним методом відновлення зношених трубопроводів в Україні є «релайнінг», так званий метод «труба в трубі», який передбачає протягування в існуючий трубопровід нової труби зі стійких до корозії матеріалів. Основний недолік даного методу - висока вартість матеріалу. Крім цього вартість робіт зростає у зв'язку з необхідністю проштовхування нових труб через оглядові колодязі малого діаметру. Слід зазначити, що для залізобетонних каналізаційних колекторів 700-1800 мм, прокладених в околицях без щільної забудови та за межами міста доцільно розглядати крім безтраншейних технологій й традиційні відкриті способи відновлення.

Аналіз конструктивних особливостей перших каналізаційних колекторів в містах Європи показує, що значна їх кількість була побудована з клинкерної цегли. Цегляні колектори круглого перетину діаметром 700-1800 мм із звичайним або розширеним стільцем, а при великих розмірах - напівеліптичними (шатрового) перетину, більш відповідають статичним умов роботи, при високій якості цегли довговічні і стійкі до агресивного впливу ґрунтових і стічних вод [5]. У містах України клинкерна цегла знайшла своє застосування при будівництві каналізації в Києві в 1893 році і м. Харкові в 1914 році [6]. Однак

конструкція каналізаційних колекторів масивна, вони неіндустріальні і дорогі у зв'язку з необхідністю улаштування конструкцій для зведення конструкцій склепіння.

З огляду на той факт, що, як правило, склепіння експлуатованих залізобетонних колекторів зруйновані внаслідок впливу корозії, в той час як лоток знаходиться в задовільному стані, авторами розроблена технологія відновлення каналізаційного колектору з використанням клинкерної цегли відкритим способом (рис. 1).

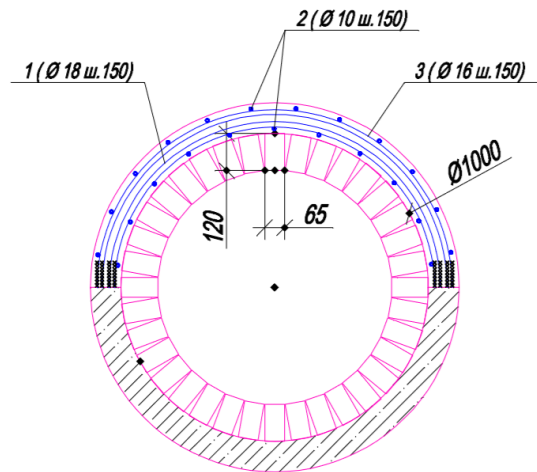


Рис. 1. Конструктивна схема відновлення каналізаційного колектору з використанням клинкерної цегли із захисним склепінням з монолітного бетону: 1 – лоткова частина колектора; 2 – цегляна кладка; 3 – армування зводу; 4 – захисне склепіння з монолітного бетону

Відновлення каналізаційного колектору за допомогою кладки клинкерною цеглою проводиться в кілька основних етапів: забезпечення відводу стічних вод; розробка траншеї; демонтаж аварійних ділянок колектору (звід, стінки); розчищення лотковою частини колектору; кладка ділянки лотковою частини колектору (за умови руйнування лотку); очищення існуючої арматури для забезпечення спільної роботи лотка і захисного покриття склепіння, що зводиться; влаштування пневматичної опалубки для виконання склепіння колектору з клинкерної цегли; цегляна кладка склепінчастої частини колектору; встановлення необхідної арматури для захисного облицювання склепіння з монолітного залізобетону; укладання бетонної суміші монолітної частини склепіння; демонтаж пневматичної опалубки

після набору міцності бетону; зворотна засипка траншеї з ущільненням.

Для обґрунтування доцільності використання запропонованої технології, було розглянуто три варіанти відновлення зношеного колектору: метод розроблений авторами з використанням клінкерної цегли, метод заміни зруйнованих труб на нові (відкритий спосіб відновлення з демонтажем зруйнованого колектору) та безтраншейний метод «релейнінг» з використанням поліетиленової труби. Для прикладу обрано ділянку колектору довжиною 100 п.м., яку було умовно розділено на 10 захваток. Основні етапи відновлення колектору з використанням клінкерної цегли було орієнтовано укрупнено в 8 основних робіт та прораховано орієнтовану тривалість кожної з них (табл.1). За отриманими розрахунками побудовано циклограму виконання робіт (рис.2). Основні етапи відновлення колектору традиційним відкритим способом було

орієнтовано укрупнено в 6 основних робіт та прораховано орієнтовану тривалість кожної з них (табл. 2). За отриманими розрахунками побудовано циклограму виконання робіт (рис. 3). Основними укрупненими етапами виконання робіт безтраншейним способом методом «релейнінг» є: підготовка цільової та стартової шахти; очистка колектору від зруйнованих елементів склепіння, ґрунту та інших забруднень; протягання батогу поліетиленових труб; влаштування стикових з'єднань; монтаж оглядових шахт на місцях цільової та стартової шахти. Виконання робіт методом «релейнінг» за тривалістю та трудомісткістю має переваги перед першими двома розглянутими варіантами, проте вартість матеріалу та обладнання для виконання робіт ставить під сумнів його впровадження в умовах недостатнього фінансування галузі каналізаційного господарства.

Таблиця 1 – Відомість основних будівельних робіт по відновленню каналізаційного колектору $D=1000$ мм розробленим методом

№	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт	Трудомісткість, люд.-год.	Тривалість виконання робіт
1	E1-18-5	Розробка ґрунту екскаватором з доробкою вручну	977	11
2	RH2-1-3	Розбирання залізобетонних елементів склепіння колектору з завантаженням екскаваторами на автомобілі-самоскиди	871	9
3	ДБН Д.2.2-6-99	Влаштування пневматичної опалубки	330	4
4	ЕН8-8-1	Зведення циліндричного склепіння з клінкерної цегли (товщина в 1/2 цегли)	360	4
5	RH2-15-4	Армування та влаштування захисного монолітного покриття	913	10
6	ДБН Д.2.2-6-99	Демонтаж опалубки	363	4
7	E1-27-2	Зворотна засипка траншей бульдозерами	1553	16
8	E1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками		

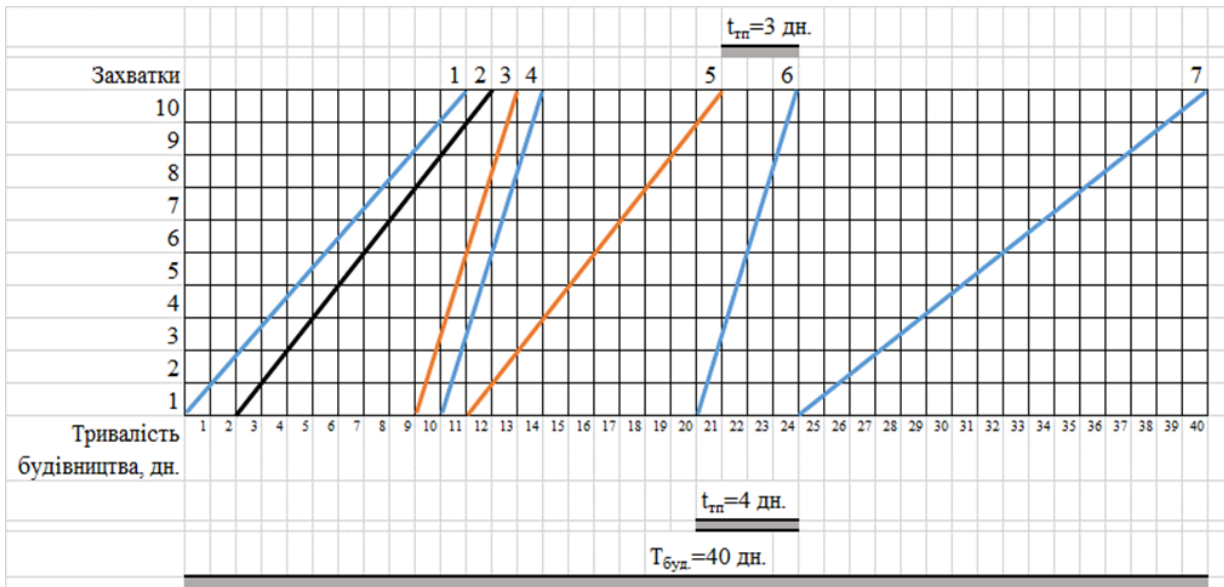


Рис. 2. Циклограма виконання робіт з відновлення колектору з використанням клинкерної цегли

Таблиця 2 – Відомість основних будівельних робіт по відновленню каналізаційного колектору $D=1000$ мм традиційним відкритим способом

№	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт	Трудомісткість, люд.-год.	Тривалість виконання робіт
1	Е1-18-5	Розробка ґрунту екскаватором з доробкою вручну	1954	22
2	РН2-1-3	Демонтаж існуючого залізобетонного колектору з завантаженням екскаваторами на автомобілі-самоскиди	1742	18
3	ДБН Д 2.2-1-99	Підготовка основи під укладання труб, зачистка дна траншеї вручну	384	4
4	ДБН Д 2.2-23-99	Укладання поліетиленових труб з обробленням стикових з'єднань	756	8
5	Е1-27-2	Зворотна засипка траншей бульдозерами	1553	16
6	Е1-134-1	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками		

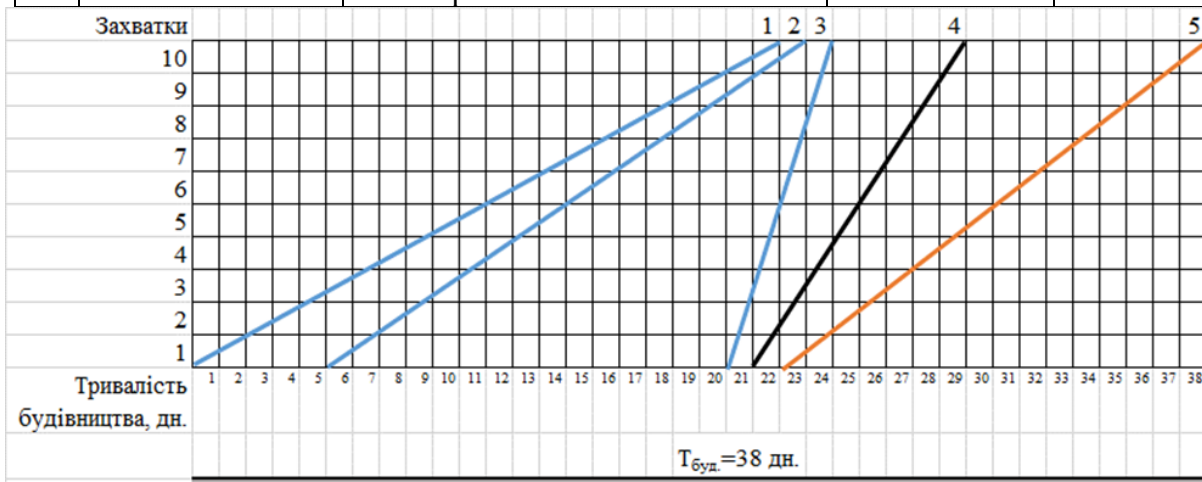


Рис. 3. Циклограма виконання робіт з відновлення колектору традиційним відкритим способом

Результати порівняння техніко-економічних показників представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Вартість технологічних рішень відновлення Ø1000 мм, ділянка 100 п.м.

№ з/п	Спосіб проведення робіт	Трудомісткість (100 п.м.), люд.-год.	Тривалість виконання робіт, дн.	Вартість матеріалу на 100 п.м., грн.
1	Відновлення колектору запропонованої технологією з використанням клінкерної цегли	5367	40	138 400
2	Відновлення колектору відкритим способом шляхом укладання труби з ребристого поліетилену SPIRO SN 6-8	6389	38	593 000

Висновки. Варіант відновлення колектору з використанням клінкерної цегли за вартістю матеріалів практично в 4 рази економніше і доцільніше в порівнянні з використанням ПЕ труби SPIRO. Перевага відновлення каналізаційних колекторів круглого перетину шляхом влаштування кладки з клінкерної цегли полягає в довговічності і стійкості цього матеріалу до агресивного впливу при обліку антикорозійного складу бетону. Слід зазначити, що застосування розробленої технології відновлення найбільш доцільно в умовах нещільної забудови або за межами міста зважаючи на значний обсяг земляних робіт.

ЛИТЕРАТУРА:

- 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. Х.: Раритети України, 2018. 232 с.
- 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. Х.: Раритети України, 2017. 320 с.
- Кравченко О.В., Ямко О.Ю. Сучасний стан мереж водопостачання та водовідведення України: проблеми та перспективи розвитку. *Зб. доп. між. Конгресу та технічної виставки «ЕТЕВК-2017»*. Чорноморськ, 2017. С. 86-89.
- Юрченко В.А., Коваленко А.В., Бригада Е.В., Лебедева Е.С. Образование сероводорода – проблема эксплуатационной надежности и экологической безопасности водоотведения. *Наук. вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014. Вип. 3. С. 218-223.
- Roland Kammerer. Schadenentwicklung in Steinzeugrohren. *Korrespondenz Abwasser, Abfall*, 2012. (59). № 9. S. 812-820.
- Гончаренко Д. Ф., Бондаренко Д.А., Забелин С.А. Оценка состояния канализационного коллектора Харьковского тракторного завода, построенного в 1931 году. *Наук. вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2017. Вип. 3 (89). С. 63-66.
- Орлов В.А., Харькин В.А. Разработка стратегии восстановления городских водоотводящих сетей. *РОСТ*. 2001. Вип. 3. С. 20-27.
- Старкова О.В. Модели обоснованного выбора метода ремонта и восстановления участка канализационной сети. *Наук. вісник будівництва*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. Вип. 3 (85). С. 80-85.
- Aleinikova A. Methods for evaluating the economic efficiency of water supply lines restoration based on the findings of teleinspection. *Actual Problems of Economics*. 2016. Vol. 8 (182). P. 224-229.
- Garmash A., Bondarenko D., Zubko G., Goncharenko D. On renovation of the destroyed tunnel sewer collector in Kharkiv. *World Journal of Engineering*, 2016. Vol. 13. Iss. 1. P. 72-76.
- Stein D. *Instandhaltung von Kanalisationen*. – Berlin: Ernst und Sohn, 1999. – 941 s.
- 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. P.1001-1018.
- Rohem, N. R. F. et al. Development and qualification of a new polymeric matrix laminated composite for pipe repair. *Composite Structures*. 2016. № 152. P.737-745.
- Wang W. et al. Evaluation of stress intensity factor for cast iron pipes with sharp corrosion pits. *Engineering Failure Analysis*. 2017. № 81. P.254-269.
- 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.

Гончаренко Д.Ф., Алейникова А.И., Гудилин Р.И., Дегтярь Е.Г. ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННОГО КОЛЛЕКТОРА.

Статья посвящена исследованию вопроса целесообразности внедрения нового метода восстановления канализационного коллектора. В работе рассмотрена технология восстановления канализационного коллектора с использованием клинкерного кирпича, выполнено сравнение трех вариантов восстановления изношенного коллектора. Построена циклограмма проведения работ и рассчитаны технико-экономические показатели.

Ключевые слова: канализационный коллектор, аварийность, кирпич.

Goncharenko D., Aleinikova A., Gudilin R. ASSESSMENT OF THE APPROVAL OF THE IMPLEMENTATION OF THE NEW METHOD OF RECONSTRUCTION OF THE SEWER COLLECTOR. The article is devoted to the study of the feasibility of introducing a new method of sewer collector recovery. The paper deals with the technology of restoration of the sewage collector using clinker brick, compared three options for the restoration of the worn collector: a method developed by the authors using a clinker brick, the method of replacement of destroyed pipes with new ones (open method of restoration with dismantling of the destroyed collector) and trenchless method plastic pipe. Cycles of works were constructed and technical and economic indicators were calculated.

The article is devoted to the study of the feasibility of introducing a new method of sewer collector recovery. The paper deals with the technology of restoration of the sewage collector using clinker brick, compared three options for the restoration of the worn collector: a method developed by the authors using a clinker brick, the method of replacement of destroyed pipes with new ones (open method of restoration with dismantling of the destroyed collector) and trenchless method plastic pipe. Cycles of works were constructed and technical and economic indicators were calculated.

Keywords: sewage collector, wear, corrosion, accident, brick.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-97-23-42-48

УДК 550.34:69.07:338.2

Безушко Д.І., Єгупов К.В., Іллічов В.Г.

Одеський національний морський університет

(вул. Мечникова, 34, Одеса, Україна, e-mail: dibezushko@gmail.com; yegupov.k@gmail.com; chigiron@gmail.com, orcid.org/0000-0003-2215-1136; orcid.org/0000-0002-8342-820X)

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ВИДІВ РУЙНУВАНЬ ТА КРИТЕРІЇВ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ ПРИЧАЛУ ТИПУ «БОЛЬВЕРК» ПІД ЧАС ЗЕМЛЕТРУСУ

У роботі побудовано блок-схему та визначено ймовірність безвідмовної роботи причалу типу «больверк» при сейсмічній дії. Можливі типи руйнувань заанкерованих шпунтових стінок внаслідок землетрусів були визначені на основі аналізу ушкоджень причальних конструкцій типу «больверк» в наслідок значних землетрусів (порт Куширо 1993р., Акіта 1983р., Хакодате 1993р., Японія; порт Гуам 1993р., США). Різноманітність інженерно-геологічних умов може призвести до різних видів руйнувань заанкерних шпунтових стінок. Найчастіше зустрічається руйнування в наслідок розрідження ґрунту засипки, що може призвести до переміщень анкерної конструкції в бік акваторії.

Ключові слова: сейсмічна дія, сейсмічний ризик, безвідмовна робота, «больверк», розрідження ґрунту, морський порт, причал.

Вступ. Морські торговельні порти є невід'ємною складовою транспортної інфраструктури держави. При порівнянні нормативних документів ДБН В.1.1-12-2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» [1], якій діє на теперішній час, та СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» [4,5], у відповідності до якого було побудовано більшість споруд у морських портах України, не складно зазначити, що для 4-ох морських портів України нормативна бальність району будівництва збільшена на один бал, а 7-м з 13

портів знаходяться в районах з бальністю вище 7-ми. Враховуючи той факт що сейсмічна дія може призвести до руйнування портових гідротехнічних споруд та до порушення функціонування діяльності порту, оцінка сейсмічних впливів та видів відмов поряд з забезпеченням безвідмовної роботи причальних споруд, є важливим і актуальним завданням.

Ціль роботи – визначити загальні види руйнувань та ймовірність безвідмовної роботи причалу типу «больверк» при сейсмічній дії.