

УДК 624.01

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ КЛІНКЕРНОЇ ЦЕГЛИ ЩОДО
ДОЦІЛЬНОСТІ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ
КОЛЕКТОРІВ**

Д-р техн. наук Д. Ф. Гончаренко, канд. техн. наук А. І. Алейнікова, асп. Р. І. Гуділін

**EXPERIMENTAL TESTING OF CLINCKER BRICK FOR SUITABILITY USING FOR
SEWER COLLECTORS RECONSTRUCTION**

D. Sc. (Tech.) D. Goncharenko, PhD (Tech.) A. Aleinikova, postgraduate student R. Hudilin

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.187.2019.196303>

Статтю присвячено експериментальним випробуванням клінкерної цегли щодо доцільності її використання при відновленні каналізаційних колекторів. У роботі досліджено характеристики 18 зразків цегли, що були випробувані до та після перебування їх у агресивному середовищі однієї із шахт каналізаційного колектора. Отримано результати, за якими обрано перелік зразків клінкерної цегли, що здатні протидіяти газовій корозії та доцільні у використанні при відновлювальних роботах мереж водовідведення.

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

The article is devoted to the experimental testing of clinker bricks for the expediency of its use in the restoration of sewage collectors. The article provides a review of publications in the field of improving the operational reliability of sewer collectors. It was determined that, depending on the emergency, it is advisable to use traditional methods of repairing collectors using materials that can withstand biogenic corrosion. The purpose of this work is to conduct experimental testing of samples of bricks, presented on the market of Ukraine, with a view to the expediency of their use in restoration works in the conditions of aggressive sewage environment. The following research results were obtained: analysis of the clinker brick market of Ukraine was carried out and samples were obtained for testing; experimental testing of selected samples of bricks in the conditions of their operation in an aggressive sewage environment. The characteristics of 18 specimens of bricks that were tested before and after being in the aggressive environment of one of the sewer collector mines were investigated. To investigate the effect of strength, density and water absorption of 18 samples of clinker brick on the resistance of the aggressive environments of the sewer mine were immersed in mine № 3 of the Main sewer collector for 90 days. The compressive strength of the samples was tested before immersion of the samples in the aggressive environment of the sewer collector and after 90 days of stay there. The results were obtained, according to which the list of samples of clinker bricks, which are capable of counteracting gas corrosion and are expedient for use in the restoration works of networks of drainage, were selected. From now on, the selection of the yoke, which is presented on the Ukrainian market, is the reason for the seams to help protect the design and construction of the crypt of the collection collector from other materials.

Keywords: sewer collector, wear, corrosion, repair, brick.

Вступ. Безаварійне функціонування мереж та споруд централізованої каналізації міст України останнім часом стає завданням особливої важливості.

Відомо, що значна частина мереж водовідведення діаметром понад 700 мм побудована 40-50 років тому з бетону та залізобетону. Проте, як показує практичний

досвід експлуатації виникнення аварійних ситуацій на каналізаційних мережах, часто бетонні та залізобетонні конструкції виходять з ладу раніше нормативного терміну експлуатації [1]. Дослідження ресурсу експлуатації розподільних мереж каналізаційного господарства свідчить про те, що до 80–90 % аварій колекторів 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 колектора [1, 2]. Аварії та відмови в роботі каналізаційних мереж призводять до очевидних економічних, екологічних і соціальних наслідків. Економічна складова відновлювальних робіт та забезпечення працездатності каналізаційних мереж і споруд постають особливо гостро в умовах обмежених фінансових ресурсів експлуатуючих підприємств. Отже, питання розробки та впровадження ефективної технології відновлення каналізаційних колекторів за рахунок економії матеріальних ресурсів є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням підвищення надійності системи каналізації присвячено роботи як вітчизняних дослідників, так і вчених з-за кордону. Дослідження вчених з Німеччини щодо експлуатаційної надійності трубопроводів свідчать, що сьогодні перевага надається безтраншейним (NO-DIG) технологіям відновлення [3-5], які більш економічні, ніж традиційні (з виконанням земляних робіт). Проте в деяких випадках, коли ділянка відновлення на незначній глибині та за межами щільної забудови, безтраншейні технології не завжди доцільні у використанні. В роботі Г. Рошера консолідовано результати багаторічних досліджень щодо причин відмови трубопроводів, впливу їх технічного стану на експлуатаційну довговічність [3]. Зазначимо, що нездатність бетонів

протидіяти газовій корозії є основною причиною виходу з працездатного стану каналізаційних колекторів, побудованих в минулому сторіччі, спонукає до пошуку альтернативних ефективних матеріалів для ремонту. К. Кьокмаєр розглядає питання відновлення колекторів зі збірних залізобетонних конструкцій з використанням багатокомпонентних будівельних матеріалів як відкритим, так і закритим способами ремонту [4]. В роботі [6] досліджено застосування поліетиленових труб, полімерних лайнерів при відновленні трубопроводів протягом їх подальшої експлуатації. На думку авторів, пошук альтернативних матеріалів для відновлювальних робіт в каналізаційному середовищі та їх доцільність у використанні, з економічної точки зору, в умовах українських експлуатуючих підприємств є перспективним напрямом наукових досліджень.

Дослідження вітчизняних вчених, таких як Білецький Б. Ф. [7], Гончаренко Д. Ф., Клейн Ю. Б., Корінько І. В. [8], Добряев А. О. [9] та інших, підтверджують, що відкритий спосіб проведення ремонтних робіт доцільний у використанні за умови конкретних інженерно-геологічних мереж та застосування матеріалів, що здатні протидіяти газовій корозії.

Як показує досвід експлуатації, клінкерна цегла знайшла своє застосування ще під час будівництва систем каналізації в містах центральної та західної Європи, більша частина яких майже не зруйнована в теперішній час [10]. У містах України клінкерна цегла знайшла своє застосування при будівництві каналізації в Києві в 1893 році і Харкові в 1914 році [11].

В лабораторних умовах ХНУБА було проведено експериментальне випробування зразка цегли склепіння колектора, що був побудований в 1930 р. в м. Харкові. Встановлено, що цегла, з якої був побудований колектор, знаходиться в нормальному стані та майже не зруйнована корозією, проте біогенна корозія швів

викликала механічне пошкодження цегляної кладки [11]. Для розглядання питання підвищення фізико-хімічних властивостей розчину для цегляної кладки склепіння колективом вчених ХНУБА в лабораторних умовах розроблено, випробувано та отримано склад розчину для його ефективної експлуатації в умовах агресивного каналізаційного середовища [12].

В дослідженні науково-обґрунтовано та запропоновано виконання ремонтно-відновлювальних робіт на каналізаційних колекторах неглибокого залягання з використанням кlinkерної цегли за конструктивною схемою, яку подано на рис. 1 [13].

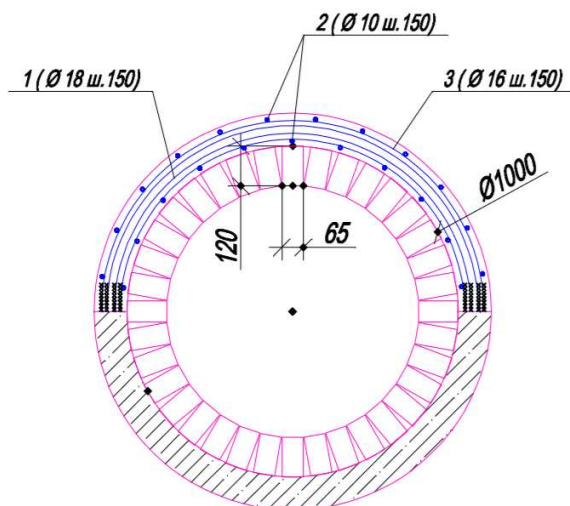


Рис. 1. Конструктивне рішення колектора, що відновлюється із застосуванням кlinkерної цегли: 1 – лоткова частина; 2 – цегляна кладка; 3 – армування склепіння; 4 – захисний прошарок із залізобетону

Отже, підбір якісної цегли, яку представлено на ринку України, та розчину для швів дасть змогу забезпечити ефективне функціонування конструкції склепіння каналізаційного колектора з дрібноштучного матеріалу.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою даної роботи є проведення експериментальних випробувань зразків цегли, які представлено на ринку України, на предмет доцільності їх використання при відновлювальних роботах в умовах агресивного каналізаційного середовища.

Для досягнення мети дослідження поставлено такі завдання:

- виконати аналіз ринку кlinkерної цегли України та отримати зразки для проведення випробувань;

- провести експериментальне випробування обраних зразків цегли в умовах функціонування їх в агресивному каналізаційному середовищі.

Основна частина дослідження. Розвиток ринку цегли України тісно пов'язаний зі зміною обсягів будівництва, які, у свою чергу, демонструють сильну залежність від загального стану економіки. Ринок цегли вітчизняного виробництва орієнтований на внутрішнє споживання. Частка вітчизняної продукції становить близько 96 % ємності ринку. Це пов'язано з тим, що українська цегла має переваги у ціновому сегменті порівняно з закордонними аналогами. Серед інших тенденцій можна також виділити посилення фактора географічної близькості виробника до сировини. Для проведення

експериментальних досліджень було виконано аналіз ринку клінкерної цегли України та обрано 18 зразків цегли

(табл. 1), серед яких 11 зразків вітчизняного виробництва та сім закордонних аналогів.

Таблиця 1

Зразки цегли для подальшого дослідження

Номер зразка	Виробник	Країна виробника	Найменування	Заявлена марка
1	2	3	4	5
1	ТМ «Керамейя»	Україна	Клінкерна цегла - Економ Пр-1 Рубін 48 %	M300
2	ТОВ «Білоцерківські будматеріали»	Україна	Цегла керамічна білоцерківська, жовта	M200
3	Завод «СБК-РОМНИ»	Україна	Цегла керамічна СБК Ж0 жовта, солом'яна	M150
4	ТМ «Керамейя»	Україна	Клінкерна цегла - КлінКерам рустика 13	M350
5	ТМ «Євротон» (ПрАТ «Роздільський керамічний завод»)	Україна	Клінкерна цегла - Євротон бордова	M300
6	Завод «СБК-РОМНИ»	Україна	Клінкерна цегла - СБК Ж1 жовта персикова	M250-300
7	Завод «СБК-РОМНИ»	Україна	Цегла керамічна - СБК Ч0 червона морквяна	M150
8	ПрАТ «Сєверодонецький завод будівельної кераміки»	Україна	Цегла керамічна - стандарт червона ЛІКС ЕКОНОМ	M150
9	ТМ «Литос»	Україна	Цегла гіперпресована - Литос Магма	M300
10	ТОВ «Валківський цегельний завод»	Україна	Цегла керамічна - ІНФ	M125
11	Завод «СБК-РОМНИ»	Україна	Цегла ручного формування - СБК Ельсонська червона	M100-150
12	Klinkerwerke H.W. Muhr GmbH & Co. KG	Німеччина	MUHR Amsterdam E12	M150
13	Vandersanden Group	Бельгія	Vandersanden 45. Lithium	M200
14	Hagemeister GmbH & Co. KG	Німеччина	Hagemeister WALES SR	M150
15	Vandersanden Group	Бельгія	Vandersanden 38. Creme	M125
16	Nelissen Brickworks	Бельгія	NELISSEN T15	M200
17	Klinkerwerke H.W. Muhr GmbH & Co. KG	Німеччина	MUHR Marseille №56	M150
18	A. Berentelg & Co. KG (ABC Klinkergruppe)	Німеччина	ABC Klinkergruppe 0954	M350

Для досліджень впливу міцності, щільності та водопоглинання 18-ти зразків клінкерної цегли на стійкість до агресивних

середовищ каналізаційної шахти вони були занурені в шахту № 3 Головного каналізаційного колектора на 90 діб (рис. 2).

Перед зануренням була заміряна концентрація речовин у агресивному середовищі каналізаційної шахти (табл. 2).

Під час перебування зразків у каналізаційному середовищі було виконано проміжні заміри концентрації речовин (рис. 3).



а



б

Рис. 2. Дрібноштучні керамічні матеріали для випробування у шахті № 3 Головного колектора в м. Харкові:
а – зразки цегли відповідно до номеру; б – зразки цегли у сітці до занурення у шахту

Таблиця 2

Концентрація речовин у шахті № 3 Головного колектора в м. Харкові під час перебування в ній зразків

№ з/п	Проба відповідно до терміну проведення випробування	Показник				
		H ₂ S, мг/м ³	NH ₃ , мг/м ³	CH ₄ , %	CO, мг/м ³	O ₂ , %
1	На початок занурення зразків	32,3	12	0,1	0,2	19,6
2	Проміжна	33,7	4	0,08	0,2	19,4
3	На кінець випробування	34,3	8	0,09	0,2	19,8
4	Гранично допустима концентрація (ГПК) згідно з нормативами	10	20	2	20	до 23



Рис. 3. Проміжні заміри ГДК речовин в шахті № 3 під час перебування зразків

Дані зразки були випробувані через 90 днів перебування в агресивному середовищі каналізаційної шахти (рис. 4).

Результати дослідження зразків кlinkерної цегли наведено в табл. 3.



а



б



в

Рис. 4. Результати витримки зразків цегли у шахті № 3 Головного колектора в м. Харкові:
а – зразки цегли у сітці після занурення у шахту; б – візуальне обстеження;
в – випробування зразків на міцність на стиск

Як видно з табл. 3, границя міцності при стисканні у зразків № 1, 3, 8, 10, 12, 14, 15 свідчить про те, що відповідна кlinkерна цегла здатна протидіяти біогенній корозії в умовах каналізаційного середовища.

Конструкція склепіння, що виконана з означених зразків цегли та з антикорозійним розчином, дасть змогу підвищити експлуатаційну надійність каналізаційних колекторів.

Таблиця 3

Результати лабораторних випробувань клінкерної цегли, що перебувала в агресивному каналізаційному середовищі

№ з/п	Найменування відповідно до номера зразка	Границя міцності при стисканні $R_{ст}$, кгс/см ²	
		Контрольний зразок	Зразок після впливу каналізаційного середовища
1	Клінкерна цегла - Економ Пр-1 Рубін 48 %	125,97	125,0
2	Цегла керамічна білоцерківська, жовта	222,61	210,14
3	Цегла керамічна СБК Ж0 жовта, солом'яна	102,56	102,00
4	Клінкерна цегла - КлінКерам рустика 13	219,82	174,24
5	Клінкерна цегла - Євротон бордова	263,16	227,57
6	Клінкерна цегла - СБК Ж1 жовта персикова	189,52	168,02
7	Цегла керамічна - СБК Ч0 червона морквяна	143,71	109,40
8	Цегла керамічна - стандарт червона ЛІКС ЕКОНОМ	181,82	181,00
9	Цегла гіперпресована - Літос Магма	361,90	210,53
10	Цегла керамічна - 1НФ	142,36	142,20
11	Цегла ручного формування - СБК Ельсонська червона	133,33	125,00
12	MUHR Amsterdam E12	116,96	116,00
13	Vandersanden 45. Lithium	123,08	84,62
14	Hagemeister WALES SR	200,00	200,00
15	Vandersanden 38. Creme	166,67	165,00
16	NELISSEN T15	166,67	136,61
17	MUHR Marseille №56	116,67	100,00
18	ABC Klinkergruppe 0954	327,59	193,63

Висновки. В результаті проведених досліджень було виконано аналіз ринку клінкерної цегли України та обрано зразки вітчизняного та закордонного виробництва для проведення їх випробувань в агресивному каналізаційному середовищі шахти № 3 Головного каналізаційного колектора м. Харкова. Після перебування зразків протягом 90 діб в середовищі, де показники концентрації хімічних речовин перевищують більш ніж утричі нормативні ГДП, було проведено лабораторні дослідження з метою визначення границі

міцності при стисканні цегли. Визначено, що зразки клінкерної цегли № 1, 3, 8, 10, 12, 14, 15 не втрачають міцності після перебування в каналізаційному середовищі та за умови використання антикорозійного розчину для швів можуть бути використані при відновлювальних роботах на каналізаційних колекторах при зведенні конструкції склепіння, що здатна протидіяти біогенній корозії. Слід окремо зазначити, що чотири зразки цегли виготовлені на заводах вітчизняного виробника.

Список використаних джерел

1. Каналізаційні тунелі Харкова: QUO VADIS? / Д. О. Бондаренко, В. В. Булгаков, О. О. Гармаш, Д. Ф. Гончаренко, С. С. Піліграм; за заг. ред. Д. Ф. Гончаренка. Харків: Раритети України, 2018. 232 с.

2. Методологічні основи подовження експлуатаційного ресурсу підземних інженерних мереж / А. І. Алейнікова, В. М. Волков, Д. Ф. Гончаренко, Г. Г. Зубко, О. В. Старкова; за заг. ред. О. В. Старкової. Харків: Паритеты Украины, 2018. 320 с.
3. Erneuerung von Ver- und Entsorgungsnetzen Weiterbildendes Prof. Dr.- Ing. habil. H. Roscher bearbeitet. Bauhaus-Univ. Weimar: Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt, 2015. 420 p.
4. Körkemeyer K. State-of-the-art sewer construction using precast elements. Moderner Kanalbau mit Betonbauteilen. Qualitätssicherung und Fehlervermeidung. *BetonTage, Neu-Ulm 2015. Betonwerk- und Fertigerteiltechnik (BFT)*, 2015. № 2. P. 180-183.
5. Praetorius S., Schößer B. Bentonithandbuch. Ringspaltschmierung für den Rohrvortrieb Bauingenieur-Praxis. Kartoniert Ernst & Sohn, 2015. 242 p.
6. Sterling R., Alam S., Allouche E., Condit W., Matthews J., Downey D. Studying the Life-cycle Performance of Gravity Sewer Rehabilitation Liners in North America. *Procedia Engineering*, 2017. Vol. 165. P. 251-258.
7. Белецкий Б. Ф. Технология прокладки трубопроводов и коллекторов различного назначения. Москва: Стройиздат, 1992. 336 с.
8. Гончаренко Д. Ф., Клейн Е. Б., Коринько И. В. Ремонтно-восстановительные работы на канализационных сетях в водонасыщенных грунтах. Харків: Прапор, 1999. 158 с.
9. Добряев А. А. Опыт ликвидации аварий на сетях водоотведения в г. Харькове. *Науковий вісник будівництва*. Харків, 2004. Вип. 26. С. 89–94.
10. Kammerer R. Schadenentwicklung in Steinzeugrohren. *Korrespondenz Abwasser*. Abfall, 2012. № 9. P. 812-820.
11. Гончаренко Д. Ф., Бондаренко Д. А., Забелин С. А. Оценка состояния канализационного коллектора Харьковского тракторного завода, построенного в 1931 году. *Науковий вісник будівництва*. Харків, 2017. Вип. 3 (89). С. 63-66.
12. Исследования и выбор состава раствора для устройства сводовой части восстанавливаемого канализационного коллектора / Д. Ф. Гончаренко, И. Э. Казимагомедов, А. И. Алейникова, Р. И. Гудилин. *Науковий вісник будівництва*. Харків, 2019. Вип. 1(95). С. 107–112.
13. Гуділін Р. І. Ремонтно-відновлювальні роботи на каналізаційних мережах з використанням відкритого способу. *Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.* Харків: УкрДУЗТ, 2019. Вип. 185. С. 52-60.

Гончаренко Дмитро Федорович, д-р техн. наук, професор, проректор з науково-педагогічної роботи Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел. (057) 700-02-40. E-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua.
Алейнікова Алевтина Ігорівна, канд. техн. наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел. (066) 291-31-87.
E-mail: alevtynaal222@gmail.com.
Гуділін Роман Іванович, аспірант кафедри технології будівельного виробництва Харківського національного університету будівництва та архітектури. Тел. (066) 299-58-79. E-mail: r.i.gudilin@gmail.com.

Goncharenko Dmitriy, Dr. Sc. (Tech.), Professor of Department of building technology Kharkiv National University of Construction and Architecture. Tel. (057) 700-02-40. E-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua.
Aleinikova Alevtyna, PhD (Tech.), Associate Professor of Department of building technology Kharkiv National University of Construction and Architecture. Tel. (066) 291-31-87. E-mail: alevtynaal222@gmail.com.
Hudilin Roman, Postgraduate student of Department of building technology Kharkiv National University of Construction and Architecture. Tel. (066) 299-58-79. E-mail: r.i.gudilin@gmail.com.

Статтю прийнято 22.10.2019 р.