

УДК 65.05+628.23

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.230221.45.716

ЗАСТОСУВАННЯ ПНЕВМОПАЛУБКИ ДЛЯ РЕМОНТУ ТА ВІДНОВЛЕННЯ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КЛІНКЕРНОЇ ЦЕГЛИ ТА ПОЛІМЕРБЕТОНУ

ГОНЧАРЕНКО Д. Ф.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
СТАРКОВА О. В.², докт. техн. наук, доц.,
ГУДІЛІН Р. І.³, аспір.,
ДЕГТЯР Є. Г.⁴, аспір.

^{1*} Кафедра технології будівельного виробництва, Харківський національний університет будівництва та архітектури, вул. Сумська, 40, 61002, Харків, Україна, тел. +38 (057) 700-02-40, e-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua, ORCID ID: 0000-0003-1278-0895

² Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Харківський національний університет будівництва та архітектури, вул. Сумська, 40, 61002, Харків, Україна, тел. +38 (057) 706-20-49, e-mail: starkova@kstuca.kharkov.ua, ORCID ID: 0000-0002-9034-8830

³ Кафедра технології будівельного виробництва, Харківський національний університет будівництва та архітектури, вул. Сумська, 40, 61002, Харків, Україна, тел. +38 (066) 299-58-79, e-mail: r.i.gudilin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7218-2179

⁴ Кафедра технології будівельного виробництва, Харківський національний університет будівництва та архітектури, вул. Сумська, 40, 61002, Харків, Україна, тел. +38 (095) 466-79-67, e-mail: evgeniydegtyar.kh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5212-2438

Анотація. *Постановка проблеми.* Значна частина стічних вод у містах України відводиться за допомогою каналізаційних колекторів діаметром від 300 до 1 400 мм, глибина закладання яких перебуває в межах 3...8 м. Значна їх частина зруйнована внаслідок корозійних процесів, які відбуваються в надводному просторі. Наразі проблема ремонту й відновлення мереж водовідведення стає особливо актуальною у зв'язку з підвищенням вимог до охорони навколишнього середовища. Руйнування на каналізаційних трубопроводах, зазвичай, стає причиною проникнення стічних вод у ґрунтові води і в ґрунт. Під час ремонту й відновлення колекторів водовідведення застосовуються відкриті й закриті способи виконання робіт. Беручи до уваги, що значна частина колекторів водовідведення проходить через місця, де відсутні транспортні артерії, через сільськогосподарські угіддя і мають незначну глибину залягання, а також те, що, як правило, їх лоткова частина не підлягає руйнації внаслідок корозії, доцільно виконувати ремонтно-відновлювальні роботи на них відкритим способом. Аналіз аварій на колекторах водовідведення, які мали місце в різних містах України, показав, що, як правило, внаслідок корозії відбувається інтенсивна руйнація склепової частини колекторів. В той же час лоткова частина колекторів через те, що вона постійно заповнена стічними водами, залишається неушкодженою. Для ремонту таких ділянок мереж водовідведення в останні роки експлуатуючі організації використовують поліетиленові та склопластикові труби. Ці труби меншого діаметра монтуються в збережену лоткову частину, зменшуючи при цьому діаметр мережі. Вартість нових труб досить висока, що, у свою чергу, збільшує експлуатаційні витрати. Пневмоопалубка дозволяє створити новий колектор, при цьому як основний несний елемент можна використати збережену лоткову частину. **Мета статті** – оцінювання можливості застосування відомих матеріалів для виготовлення пневматичної опалубки, яка дозволить виконувати ремонтні роботи зі створення нового склепу з використанням як несної конструкції лоткової частини каналізаційного колектора, що дозволить значно знизити витрати на ремонт порівняно з використанням труб із полімерних матеріалів. **Висновок.** Досліджені зразки матеріалів – тканина Mare 1400 та хайполон (ORCA 828) – можуть бути придатними для виготовлення пневмоопалубки, адже лабораторні випробування дозволили зробити висновок про відсутність будь-якої адгезії між бетоном та зразками матеріалів.

Ключові слова: ремонт та відновлення; каналізаційні трубопроводи; відкритий спосіб; пневматична опалубка

APPLICATION OF PNEUMATIC FORMWORK FOR REPAIR AND RESTORATION OF SEWER PIPELINES USING CLINKER BRICK AND POLYMER CONCRETE

GONCHARENKO D.F.^{1*}, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,

STARKOVA O.V.², *Dr. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,
GUDILIN R.I.³, *Postgraduate Student*,
DEGTYAR Yev.H.⁴, *Postgraduate Student*

^{1*} Department of Construction Production Technology, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, 40, Sumska Str., 61002, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (057) 700-02-40, e-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua, ORCID ID: 0000-0003-1278-0895

² Department of Computer Science and Information Technology, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, 40, Sumska Str., 61002, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (057) 706-20-49, e-mail: starkova@kstuca.kharkov.ua, ORCID ID: 0000-0002-9034-8830

³ Department of Construction Production Technology, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, 40, Sumska Str., 61002, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (066) 299-58-79, e-mail: r.i.gudilin@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-7218-2179

⁴ Department of Construction Production Technology, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, 40, Sumska Str., 61002, Kharkiv, Ukraine, tel. +38 (095) 466-79-67, e-mail: evgeniydegtvar.kh@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-5212-2438

Abstract. Raising of problem. A significant part of wastewater in Ukrainian cities is discharged using sewer collectors with a diameter of 300 to 1 400 mm, the depth of which is within 3...8 m. A significant part of them is destroyed due to corrosion processes that take place in the surface space. Today, the problem of repair and restoration of sewerage networks is becoming especially relevant in connection with the increased requirements for environmental protection. Failure in sewer lines usually results in wastewater infiltration into groundwater and soil. During the repair and restoration of sewage collectors, open and closed methods of work are used. Taking into account that a significant part of sewage collectors passes through areas where there are no transport arteries, through agricultural land and have an insignificant depth of occurrence, and also the fact that their trough part, as a rule, cannot be destroyed due to corrosion, it is advisable to carry out repair and restoration work on them in an open way. Analysis of accidents on sewage collectors, which took place in different cities of Ukraine, showed that, as a rule, due to corrosion, intensive destruction of the roof of the collectors occurs. At the same time, the trough part of the collectors remains intact due to the fact that it is constantly filled with waste water. When repairing such sections of sewerage networks in recent years, operating organizations have been using polyethylene and fiberglass pipes. These smaller pipes are installed in the retained trough part, thus reducing the network diameter. The cost of new pipes is quite high, which in turn increases operating costs. The use of pneumatic formwork allows you to create a new collector, and as the main bearing element, you can use the saved tray part. **Purpose.** Evaluation of the possibility of using known materials for the manufacture of pneumatic formwork, which will make it possible to carry out repair work to create a new vault using the trough part of the sewer collector as a supporting structure, which will significantly reduce repair costs compared to using pipes made of polymer materials. **Conclusion.** The investigated samples of materials – fabric Mare 1400 and Hypolon (ORCA 828) – can be used for the manufacture of pneumatic formwork, since laboratory tests made it possible to conclude that there was no adhesion between concrete and material samples.

Keywords: *repair and restoration; sewerage pipelines; open method; pneumatic formwork*

Постановка проблеми. Одним із факторів, який на початку ХХ століття став причиною заміни в містах України цегляних та кам'яних колекторів на збірні залізобетонні трубопроводи, стала необхідність улаштування складних за контуром конструкцій для зведення лоткової та склепової частин колекторів різних діаметрів. На рисунку 1 показана досить складна конструкція для створення лотка та склепу під час будівництва каналізаційного колектора по

вул. Греківській у Харкові на початку минулого століття [1].

Аналіз публікацій. Як показують аналіз сучасних зарубіжних досліджень [3; 8–10] та дослідження, проведені авторами [1], на сьогодні значна частина залізобетонних трубопроводів зруйнована внаслідок корозійних процесів, які відбуваються в надводному просторі.

У першу чергу це стосується колекторів діаметром 800...1 500 мм.



Рис. 1. Каналізаційний колектор у Харкові по вул. Греківській у процесі будівництва

Беручи до уваги той факт, що значна їх частина проходить через сільсько-господарські угіддя, де відсутній рух транспорту, а також враховуючи, що закладені вони на глибині 3...7 м та мають, як правило, незруйновану лоткову частину, доцільним бачиться виконання ремонтно-відновлювальних робіт відкритим способом із використанням клінкерної цегли або полімербетону.

Не беручи до уваги роботи з інженерної підготовки до ремонту та відновлення колекторів, до основних робіт із використанням клінкерної цегли слід віднести такі технологічні процеси з їх виконанням у такій послідовності:

- очищення колектора від елементів руйнації;
- монтаж пневматичної опалубки;
- цегляне мурування склепу поверх пневматичної опалубки;
- армування поверх цегляної кладки;
- торкретбетонування поверх цегляної кладки;
- демонтаж пневматичної опалубки після того як розчин набере міцності у стиках цегляної кладки та бетонної суміші.

Відмінна риса такого рішення полягає в тому (рис. 2), що незруйнована лоткова частина трубопроводу використовується як основа для відновлення. Склепова частина створюється із клінкерної цегли з подальшим армуванням та бетонуванням поверхні склепу для надання новоствореному колектору необхідних міцнісних параметрів.

За такого способу необхідне застосування пневматичної опалубки для

виконання робіт із відновлення склепової частини колектора.

У даному випадку опалубка, що сприймає нормальні зусилля об'ємних зігнутих структур, належить до «елегантних» та ефективних несних конструкцій, які нині може застосовувати інженер-проектувальник [4].

Існує варіант відновлення склепу колектора з використанням армованого полімербетону (рис. 3). За цим варіантом передбачено таку послідовність робіт:

- очищення колектора від елементів зруйнованої склепової частини;
- установлення пневмоопалубки в лотковій частині, що збереглася;
- армування склепу колектора, в тому числі з'єднання нової арматури з випусками арматури лоткової частини, що збереглася;
- установлення інвентарної опалубки з боків пневмоопалубки;
- бетонування склепу полімербетоном;
- демонтаж пневмо- та інвентарної опалубки після того як бетон набере необхідної міцності.

Досвід роботи з пневматичними опалубками [6] доводить їх особливе значення, що підтверджується виконанням ними таких вимог:

- швидкий монтаж та демонтаж опалубки;
- можливість її використання для просторових поверхонь складної (викривленої) форми, навіть із великими прогонами;
- багаторазова оборотність опалубки.

Мета статті – оцінення можливості використання відомих матеріалів для виготовлення пневматичної опалубки, яка дозволить виконувати ремонтні роботи зі створення нового склепу з використанням у як несної конструкції лоткової частини каналізаційного колектора, що дозволить значно знизити витрати на ремонт порівняно з використанням труб із полімерних матеріалів.

Виклад матеріалу. Як відомо [7], до матеріалів, із яких виготовляють м'які оболонки пневматичних конструкцій,

пред'являють дві основні вимоги – міцність та повітронепроникність.

Такими матеріалами могли бути полімерні плівки або текстильні тканини, якби міцність повітронепроникних плівок була б достатньою, а тканина не пропускала повітря. Поєднання позитивних якостей цих двох матеріалів спонукає до армування плівок текстилем (тканиною або сіткою), або до накладання шару полімербетону (плівки або пасти) на тканину. Таким чином з'являються два споріднені матеріали – армовані плівки та імпрегновані тканини (тканини, покриті полімерами).

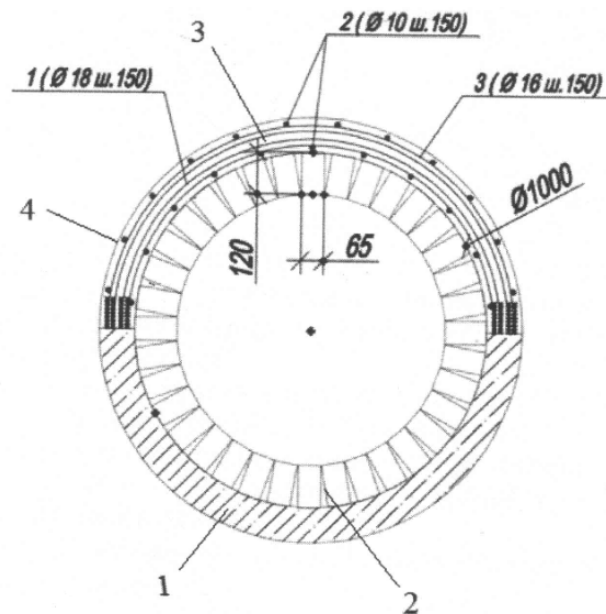


Рис. 2. Схема влаштування та армування колектора з клинкерної цегли із захисним склепом із монолітного бетону: 1 – лоткова частина колектора, що відновлюється; 2 – цегляна кладка; 3 – армування склепу; 4 – захисний шар із монолітного бетону

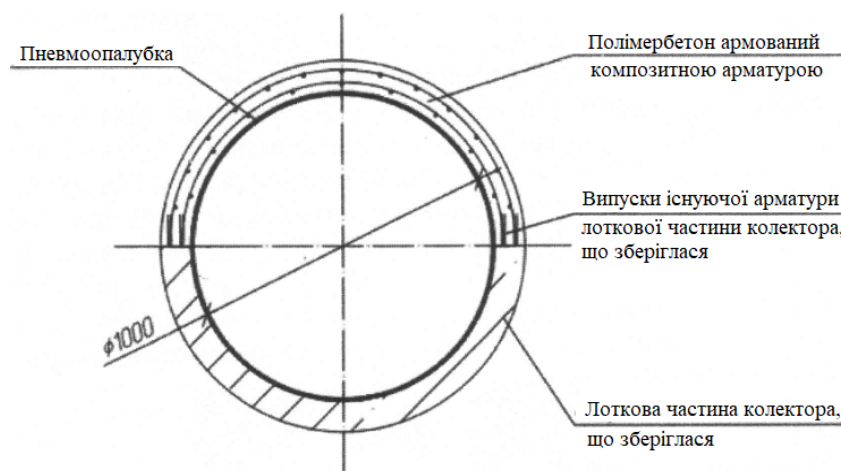


Рис. 3. Схема відновлення зруйнованого корозією колектора армованим полімербетоном

Основним матеріалом для сучасних м'яких одношарових оболонки служать тканини із синтетичного волокна з полімерним покриттям.

Найчастіше використовують волокна поліамідні і поліефірні, рідше – поліакрилнітрильні, полівінілспиртові, поліпропіленові.

Достатньо широко застосовуються оболонки опалубки на основі тканини з поліестеру з ПВХ насиченням і поліамідні тканини з покриттям із синтетичного каучуку.

Відомо, що товщина складчастих оболонки, напружених тільки силами натягу, складає 1...1,5 мм, а їх вага 0,9...1,3 кг/м².

Пневмоопалубку укладають на підготовлену поверхню вцілілого лотка, надувають за допомогою будівельного компресора, укладають в необхідне місце для опалубки і захищають від плавучості за допомогою цегли або армування. Тиск контролюють вмонтованими манометрами.

За допомогою створення різниці між її зовнішньою та внутрішньою стороною оболонка опалубки попередньо напружується. При цьому створюється надлишковий тиск у внутрішньому просторі опалубки. Крім цього, також можуть застосовуватись вакуумні стабілізуювальні системи або системи, які стабілізуються за допомогою тиску рідини. Різницею величин тиску регулюються сили опору в оболонці (мембрані) опалубки і її жорсткість, тобто її пружність за дії додаткового навантаження. Під час ремонтно- відновлювальних робіт, послідовність яких розглянута раніше, рівень тиску обирається залежно від технологічної послідовності, яку визначають виконавці робіт.

Після цегляного мурування склепу колектора пневматична опалубка може бути демонтована перед бетонуванням поверхні відновленого склепу. При цьому величина тиску може встановлюватись залежно від тиску, який спричиняє на неї кладка, але за умови набору міцності до 75 % в стиках кладки.

В іншому разі величина тиску в

опалубці може встановлюватись за умови навантаження на неї цегляної кладки, яка на той час не набрала достатньої міцності, навантаження від арматури та бетонної суміші на поверхні цегляної кладки.

Необхідно зазначити, що опалубка може деформуватись не тільки від перезавантаження під час звичайного безперервного процесу цегляного мурування та бетонування, але також через вплив вітрового навантаження. Крім цього, цегляна кладка та бетон, які містяться на поверхні опалубки, теж можуть деформуватись. Створені конструкції схильні до деформації, характер та величина якої залежить від набраного значення міцності та яка за певних обставин спричинює те, що бетон, який частково набрав міцності, частину навантаження передає на пневматичну опалубку.

Для дослідження обрано зразки матеріалів (рис. 4), які використовуються на одному з виробництв Харківської області у виготовленні подібної продукції.



Рис. 4. Зразки матеріалів для виготовлення пневмоопалубки

Перший зразок – чорного кольору з ПВХ (тканина Mage 1 400), що має такі якісні показники: вага – 1 400 г (для США – 41 унція/ярд); межа міцності – 3 000/3 000/Н/5 см; міцність на розтяг – 343/343 фунтів/дюйм; товщина – 1,2 мм (для США – 47 мілідюймів) [5].

Другий зразок – світло-сірого кольору – хайполон (ORCA 828). Якісні показники зразка: тканина-основа: поліестер високої

міцності 1 100 dtex – 990 deniers; покриття ззовні – хлорсульфінований поліетилен (CSM) / поліхлоропен (CR); внутрішнє покриття – поліхлоропен (CR); міцність на розрив – 350 даН/5 см; міцність на розрив – 20...16 даН; щільність – 1 340 (+10 %) кг/м² [2].

Вибору зразка для виготовлення пневмоопалубки повинні передувати дослідження для підтвердження міцнісних характеристик цих матеріалів, а також дослідження адгезії між наведеними зразками та будівельними матеріалами, а саме клінкерною цеглою та полімербетоном.

У лабораторії кафедри будівельних матеріалів та виробів ХНУБА проведено дослідження адгезії між матеріалами, з яких виготовляється пневматична опалубка, та бетоном.

Зразки, наведені на рисунку 4, проходили випробування без попереднього покриття будь-яким матеріалом.

Зразки розміщались на дні форми для виготовлення бетонних кубів (рис. 5). Для виготовлення кубів використовувалась бетонна суміш В30. Заповнена поверх зразків бетонна суміш витримувалась протягом 28 днів до набирання необхідної проектної міцності (рис. 6).



Рис. 5. Розміщення зразків Mare 1400 та ORCA 828 на дні форми



Рис. 6. Форма для виготовлення бетонних кубів, заповнена бетонною сумішшю, з розміщеними на дні зразками тканини



Рис. 7. Бетонні куби зі зразками матеріалів після випробування



Рис. 8. Демонстрація відсутності адгезії між зразками та бетонною сумішшю

Бетонні куби що набрали міцності звільняли із форми. Зняття зразків із бетонних кубів показало відсутність будь-якої адгезії між бетоном та зразками (рис. 7, 8).

Висновок. Дослідження підтверджує можливість використання представленого матеріалу для виготовлення пневматичної

опалубки, яка дозволить виконувати ремонтні роботи зі створення нового склепу з використанням як несної конструкції лоткової частини каналізаційного колектора, що дозволить значно знизити витрати на ремонт порівняно з використанням труб із полімерних матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. Специально разработанные ткани ORCA для лодок RIB: [Електронний ресурс]. URL: <http://orca.eu/ru/produit/50362-2/>
3. Fischer W. Unterschiede von Rohren aus gefülltem und ungefülltem Polypropylen in Prüfung und Anwendung. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall. 2015. № 9 (60). Pp. 765–772.
4. Goncharenko D. F., Ubyivovk A. V., Garmash O. O., Gorokh M. P. Restoration of urban underground workings using secondary polymer composites. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2019. Vol. 1 (169). Pp. 110–116.
5. HEYtex. Texineering – industrial HEYboat. [Електронний ресурс]. URL: <http://heytex.com/en/portfolio-item/texineering-industrial-heyboats/>
6. Hlozek H., Smetaczek A. Rationeller Kanalbau für Profilkänäle mit der Pneumoschalung. *Korrespondenz Abwasser*. 1998. № 6. Pp. 1107–1109.
7. Johnstone D. The use of epoxy and polymer modified cementitious coatings to re-line old concrete and brick manholes and sewer structures. *Corrosion and Prevention*. 2017. Vol. 2. Pp. 845–852.
8. König K. Linerendmanschette im begehbaren Kanal. *Wasser. Abwasser*. 2015. № 3. pp. 384–387.
9. Raganowicz A. Der kritische Zustand von Abwasserkanälen. *Wasser und Abfall*. 2015. № 9. Pp. 28–31.
10. Stein R. Stand und Einsatzbereiche der Injektionsverfahren bei der Kanaisanierung. *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall*. 2015. № 5 (61). Pp. 386–398.

REFERENCES

1. Aleynikova A.I., Volkov V.M., Honcharenko D.F., Zubko H.H. and Starkova O.V. *Metodolohichni osnovy podovzhennya ekspluatatsiynoho resursu pidzemnykh inzhenernykh merezh* [Methodological bases of extension of operational resource of underground engineering networks]. Kharkiv, 2017, 320 p. (in Ukrainian)
2. *Spetsial'no razrobotannyye tkani ORCA dlya lodok RIB* [Specially designed ORCA fabrics for RIB boats]. Electronic resource. URL: <http://orca.eu/ru/produit/50362-2/> (in Russian)
3. Fischer W. Unterschiede von Rohren aus gefülltem und ungefülltem Polypropylen in Prüfung und Anwendung. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2015, no. 9 (60), pp. 765–772.
4. Goncharenko D.F., Ubyivovk A.V., Garmash O.O. and Gorokh M.P. Restoration of urban underground workings using secondary polymer composites. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2019, no. 1 (169), pp. 110–116.
5. HEYtex. Texineering – industrial HEYboat: Electronic resource. URL: <http://heytex.com/en/portfolio-item/texineering-industrial-heyboats/>
6. Hlozek H. and Smetaczek A. Rationeller Kanalbau für Profilkänäle mit der Pneumoschalung. *Korrespondenz Abwasser*. 1998, no. 6, pp. 1107–1109.
7. Johnstone D. The use of epoxy and polymer modified cementitious coatings to re-line old concrete and brick manholes and sewer structures. *Corrosion and Prevention*. 2017, no. 2, pp. 845–852.
8. König K. Linerendmanschette im begehbaren Kanal. *Wasser. Abwasser*. 2015, no 3, pp. 384–387.
9. Raganowicz A. Der kritische Zustand von Abwasserkanälen. *Wasser und Abfall*. 2015, no. 9, pp. 28–31.
10. Stein R. Stand und Einsatzbereiche der Injektionsverfahren bei der Kanaisanierung. *KA Korrespondenz Abwasser, Abfall*. 2015, no. 5 (61), pp. 386–398.

Надійшла до редакції: 16.11.2020.