

УДК 628.253

Гончаренко Д. Ф., д.т.н., проф.,
Бондаренко Д. А., к.т.н.,
ХНУСА, г. Харьков

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СМОТРОВЫХ ШАХТ И КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ТОННЕЛЕЙ В г. ХАРЬКОВ

Рассмотрены вопросы ремонта и восстановления смотровых шахт на канализационных тоннелях глубокого заложения. Приведены технические и технологические решения с использованием профилированного полиэтилена, армированных шлаколитых панелей, керамического кирпича, нанесения защитных покрытий. Показаны преимущества и недостатки представленных технологий, а также примеры их практического применения.

Ключевые слова: канализационные тоннели, смотровая шахта, ремонт, полиэтилен, шлаколитая панель, керамический кирпич.

Постановка проблемы. В современных условиях стоимость строительства колодцев и смотровых шахт составляет до 25% стоимости водоотводящей сети, поэтому их устройству и поддержанию в исправности необходимо уделять особое внимание. Большинство смотровых шахт и канализационных тоннелей глубокого заложения в городах Украины построены в 1970–1980-е годы и эксплуатируются уже более 25–35 лет [1]. В Харькове действующие шахтные стволы на канализационных коллекторах глубокого заложения в основном имеют глубину до 20 м, 15 стволов – глубину 21–53 м, в Киеве эксплуатируются смотровые шахты, глубина которых достигает 90 м. Основные требования, предъявляемые к смотровым шахтам и колодцам: герметичность, прочность конструкции, коррозионная и химическая стойкость, длительный срок службы и надежность, низкие затраты на

техническое обслуживание, простота возведения и безопасная эксплуатация [2, 3].

Анализ последних исследований и публикаций. Большинство смотровых шахт на самотечных коллекторах Харькова было построено в 1970–1980 годы – в период, когда отсутствовали нормативы их количества на определенную длину коллектора. Позже эта величина была регламентирована СНиП 2.04.03-85, согласно которому смотровые шахты и колодцы на канализационных сетях всех систем надлежит предусматривать:

- в местах присоединений трубопроводов;
- в местах изменения направления и диаметров трубопроводов, уклонов;
- на прямых участках, в зависимости от диаметра труб, на расстояниях: 150 мм – 35 м, 200–450 мм – 50 м, 500–600 мм – 75 м, 700–900 мм – 100 м, 1000–1400 мм – 150 м, 1500–2000 мм – 200 м, свыше 2000 мм – 250–300 м.

На отдельных участках коллектора водоотведения глубокого заложения в Харькове, длина которых на сегодня составляет 54 км, расстояние между смотровыми шахтами составляет до 1 км и более.

В результате чего в настоящее время возникла острая необходимость в разработке технических, технологических и организационных решений, повышающих долговечность эксплуатации смотровых шахт.

В процессе эксплуатации на несущие конструкции смотровых шахт воздействуют различные деформационно-силовые факторы: статические нагрузки от толщи настилаемого грунта, массы зданий и сооружений на поверхности, динамические воздействия наземного транспорта и др. Кроме перечисленного, отрицательно влияют утечки промышленных стоков, фильтрация подземных вод, химическая агрессия подземной водной среды, воздействующие на материал обделки шахтных стволов и др. [2].

Как показали исследования [2–7], разрушение конструкций смотровых шахт

стволов канализационных тоннелей происходит по следующим причинам: проникновение внутрь конструкций поверхностных вод; статические и динамические нагрузки, создаваемые грузовым транспортом; отклонение от норм и погрешности при выполнении строительных работ; плохое качество поверхности стен шахт; агрессивная биологическая среда; оседание почвы. В результате подтопления шахт образуются сырые пятна, появляется плесень, грибок и, в конце концов, происходит разрушение стен шахт вследствие коррозии бетона [2-4].

Цели и задачи исследований.

Всевозможные дефекты в конструкциях смотровых шахт канализационных тоннелей могут возникать как во время строительства, так и при их эксплуатации. Если причины, приведшие к их формированию, не были вовремя устранены, то в период эксплуатации шахт процесс разрушения конструкций усугубляется. В связи с этим актуальной задачей является своевременное выявление и ликвидация причин и факторов, приводящих к разрушению. Необходимость в проведении ремонтно-восстановительных работ возникает при воздействии на металлические и бетонные конструкции совокупности неблагоприятных условий, вызывающих их частичные повреждения, деформации или полное разрушение [5].

Результаты исследований.

В настоящее время для ремонта железобетонных конструкций систем водоотведения существует множество различных составов. В качестве антикоррозионного покрытия внутренней поверхности конструкций смотровых шахт используются составы «Акватрон-6», «Хурех», «Структурит 300», «Кальматрон» и другие. Однако эти методы эффективны на ранней стадии коррозионного разрушения стен шахтных стволов. Исследования, проведенные в Харькове, показали, что во многих случаях проектная толщина стен шахты 500 мм в результате

разрушения уменьшается до 250–300 мм. Примером может служить разрушение конструкций смотровой шахты, представленной на рис. 1 [3].



Рис. 1. Разрушение обделки смотровой шахты под действием коррозии (проектная толщина 500 мм, после удаления коррозии 285 мм)

Ученые и проектировщики совместно с эксплуатационными организациями Харькова на протяжении многих лет занимаются разработкой технологий ремонта и восстановления конструкций смотровых шахт как с использованием традиционных, так и современных полимерных материалов и конструкций [6, 7]. Интерес представляют технологии ремонта и восстановления с применением профилированного полиэтилена, армированных шлаколитых панелей и керамического кирпича. С помощью ребристого полиэтилена на сетях водоотведения Харькова выполнен ремонт более десяти шахтных стволов. При этом предусматривалось заводское изготовление железобетонных панелей, наружная поверхность которых облицовывалась ребристым полиэтиленом. Поскольку адгезия между полиэтиленом и бетоном отсутствует, ребра, заложенные в бетонную толщу, являются опорами, а сама пленка работает по схеме неразрывной балки с пролетами, ширина которых равняется расстоянию между ребрами с равномерно разделенной нагрузкой [8-10].



Рис. 2. Обеспечение сцепляемости бетона и полиэтилена

Данное конструктивное решение предусматривает применение профилированного полиэтилена при трех степенях разрушения обработанного слоя железобетонных стен: первый – защитный бетонный слой полностью разрушен, арматура не оголена; второй – защитный бетонный слой разрушен, арматура оголена; третий – бетон разрушен на глубину больше толщины защитного слоя, при этом площадь поперечного сечения арматуры уменьшилась. В зависимости от степени разрушения разработаны следующие конструктивные решения восстановления стен: защитное пленочное покрытие; монолитный железобетон с ребристым полиэтиленовым покрытием и сборный железобетон, который имеет профилированное полиэтиленовое покрытие [10].

При применении полиэтиленовых листов принимались во внимание такие требования:

- анкерные ребра полиэтиленовых листов в покрытиях размещаются только вертикально, чтобы исключить образование пустот;
- полиэтиленовые листы изготавливаются в заводских условиях и с габаритами, обеспечивающими минимальное количество швов;
- демонтажное укрупнение элементов на строительной площадке выполняется в зависимости от технологии ремонта [2].

Технологическая схема выполнения работ предусматривает очищение поверхности стен, разрушенных коррозией. После подготовки стен производится монтаж цельносекционных блоков (рис. 3). Зазор между смонтированными секциями и стенами ствола заполняется бетоном, затем монтируются последующие секции. Заканчивается монтаж секций свариванием стыков профилированного полиэтилена (рис. 4). Плиты покрытия шахтного ствола изготавливались с нанесением на внутреннюю поверхность профилированного полиэтилена, который в данном случае рассчитан на восприятие гидростатического давления атмосферных осадков. Вода, которая может проникать через бетонную толщину стен, стекает по заплечному зазору через отводной шланг в тоннель. По верхнему и нижнему пленочному покрытию устанавливаются прижимные шины, включающие диффузию агрессивных газов в заплечный зазор (рис. 5) [2].

К преимуществам технологии ремонта и восстановления шахтных стволов с использованием ребристого полиэтилена можно отнести его высокую стойкость к химически агрессивным воздействиям растворов многочисленных сред в диапазоне Рн от 2 до 12 при температуре до 50 °С, а также значительный срок эксплуатации (50 и более лет).



Рис. 3. Подготовленные к монтажу цельносекционные блоки



Рис. 4. Сваривание стыков профилированного полиэтилена



Рис. 5. Шахта после восстановления панелями, облицованными ребристым полиэтиленом

Весьма эффективным является также применение технологии облицовки разрушенных коррозией стен шахтных стволов панелями из шлакокаменного литья, получаемого из отходов ферросплавной промышленности Украины [11, 12]. Проведенные лабораторные испытания образцов из шлакокаменного литья показали, что данный материал является кислото- и щелочестойким, так как значения коэффициентов кислото- и щелочестойкости составляют 0,992 и 0,991 и превышают требуемое значение 0,8 (в соответствии с ГОСТ 25246-82 «Бетоны химически стойкие. Технические условия»). Такие панели не имеют недостатков, присущих железобетонным панелям, облицованным полиэтиленом [12].

В соответствии с разработанными

технологическими и организационными решениями ремонтно-восстановительных работ, была обустроена строительная площадка смотровой шахты № 8 Немышлянского коллектора Харькова (рис. 6). Облицовка стен шахтного ствола выполнялась снизу вверх отдельными заходками, равными высоте монтируемой панели [2, 3].

Технологический цикл производства облицовочных работ состоял из четырех основных последовательно выполняемых операций: установка анкеров и направляющего крепежного профиля; монтаж армированных шлаколитых панелей; заполнение бетонной смесью засекционного пространства; покрытие стыков плит модифицированным эпоксидным полимером или полиуретаном.



Рис. 6. Общий вид обустроенной строительной площадки смотровой шахты в процессе монтажа шлаколитых панелей

Для достижения прочности и долговечности конструкций, бетонируемых в несъемной опалубке-облицовке (в нашем случае это армированная шлаколитая панель), необходимо обеспечить надежное сцепление с ней бетонной смеси, укладываемой в межстенное пространство. В некоторых случаях требуется равнопрочность шва-контакта между опалубочной (облицовочной) панелью и бетоном массива. Одной из конструктивных мер, способствующих повышению адгезии, является устройство шероховатой активной поверхности, анкерующих выпусков и змеек [2, 3].

Проведенные исследования состояния шахтных стволов из мелкоштучных керамических изделий, которые построены в 1914 г. в Харькове по ул. Грековской, позволили сделать вывод о высокой стойкости керамических изделий к агрессивным воздействиям на сетях водоотведения [11, 12].

Для ремонта стен смотровой шахты, разрушенных коррозией, на канализационном коллекторе по ул. 17-го Партсъезда в Харькове была разработана технология облицовки стен керамическим кирпичом. В соответствии с разработанным проектом, конструкции смотровой шахты восстанавливались путем установки дополнительного арматурного каркаса и бетонирования стены, где в качестве вяжущего использовался

сульфатостойкий цемент. При этом процессу бетонирования стен предшествует кирпичная кладка толщиной в половину керамического кирпича марки 100 на растворе из сульфатостойкого цемента, которая также выполняет роль несъемной опалубки. Технологический процесс ремонта шахтного ствола включает следующие этапы: демонтаж плит покрытия; очистка стен от продуктов коррозии; монтаж полиэтиленовых труб диаметром 1500 мм длиной 7 м в боковых отводах коллектора; инъектирование пространства между старыми и новыми трубами сульфатостойким бетоном на мелком заполнителе; дополнительное армирование поврежденных коррозией стен; поэтапная кладка стен в $\frac{1}{2}$ кирпича; бетонирование межстенного пространства [2, 10].

При бетонировании использовался бетон класса В 15 на сульфатостойком цементе М500 на мелком заполнителе. В технологическом процессе восстановления стен особое внимание уделялось набору прочности кирпичной кладки и монолитного бетона в межстенном пространстве. Кладка стены в полкирпича выполнялась на высоту не более 1 м и заанкеривалась за предварительно установленную и закрепленную к стенам арматуру. На рис. 7 показана готовая к перекрытию восстановленная стена смотровой шахты [2].

Выполнено крепление к внутренней поверхности шахты сеток армирования из стеклопластиковой композитной арматуры (АКС) Ø4 мм, с шагом в продольном и поперечном направлении 150 мм. Материал арматуры – стеклоровинг, связанный полимером на основе эпоксидной смолы. Сетки выполнены размером 1800×1800 мм. Крепление сеток выполнено с помощью распорных анкеров М8 расположенных в шахматном порядке с шагом 900 мм.

Перед устройством рубашки усиления выполнена предварительная подготовка внутренней поверхности шахты – поверхность очищена от неплотного и частично разрушенного слоя бетона до неповрежденной. Проведение подготовки позволяет улучшить сцепление наносимого слоя торкрет-бетона с внутренней поверхностью шахты. Выполнение очистки поверхности показано на рис. 9, а.

Для восстановления шахты понадобилось 80 сеток. Расход арматуры Ø4 АКС на восстановление шахты №10 составил

4255 п.м., 85 кг. Сетки, смонтированные на внутренней поверхности шахты, представлены на рис. 9, б и в.

После нанесен слой торкрет-бетона класса С25/30 на сульфатостойком цементе. Общая толщина слоя торкрет-бетона составляет 60 мм. Такое покрытие позволяет защитить конструкции смотровой шахты от коррозии в сильноагрессивной среде. Нанесение торкрет-бетона показано на рис. 9, г.

Для уникальных условий, в которых эксплуатируется рассмотренная шахта, не было возможности применить другие методы восстановления в связи с конструктивными, эксплуатационными и техническими параметрами.

Выводы.

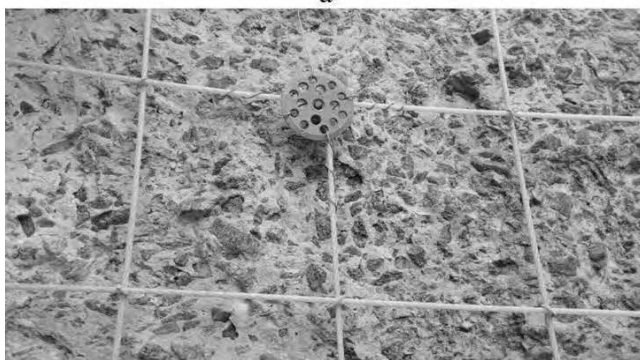
Полученный в последние годы опыт ремонта и восстановления смотровых шахт на коллекторах глубокого заложения свидетельствует о высокой эффективности применяемых при этом технологий с использованием конструкций из различных защитных материалов.



а



б



в



г

Рис. 9. Работы по восстановлению шахты № 10:

а – подготовка внутренней поверхности шахты; б, в – смонтированные сетки из стеклопластиковой композитной арматуры; г – нанесение торкрет-бетона

Смотровые шахты являются одними из важнейших элементов подземных коммуникаций сетей водоотведения, поэтому выбор оптимальной технологии их ремонта и восстановления является актуальной задачей. Высокую эффективность показали технологии облицовки разрушенных стен шахтных стволов с использованием профилированного полиэтилена, армированных шлаколитых панелей, керамического кирпича и нанесения защитных покрытий. Перечисленные технологии реконструкции и восстановления обладают рядом преимуществ:

- облицовка профилированным полиэтиленом позволяет повысить срок эксплуатации до 50 лет и более, так как полиэтилен отличается высокой химической стойкостью при работе в агрессивных средах;
- шлаколитые панели не имеют недостатков, присущих железобетонным панелям, покрытым полиэтиленом, при облицовке ими трудозатраты ниже по сравнению с облицовкой кирпичом;
- облицовка керамическим кирпичом позволяет снизить материальные затраты на ремонт и увеличить срок эксплуатации шахтных стволов;
- нанесение защитного покрытия с применением бетона на сульфатостойком цементе и стеклопластиковой композитной арматуры позволит обеспечить нормальную эксплуатацию шахты в течении 20 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Alexei Garmash, Dmitrii Bondarenko, Gennadii Zubko, Dmitrii Goncharenko. On renovation of the destroyed tunnel sewer collector in Kharkiv // *World Journal of Engineering*, 2016. – Vol. 13 Iss: 1, PP. 72-76.
2. Гончаренко Д.Ф. Технология ремонта и восстановления шахтных стволов на сетях водоотведения глубокого заложения: [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, И.В. Коринько, Д.А. Бондаренко // *Водоснабжение и санитарная техника*. – Москва, 2012. – Вып. 6. – С. 51-55.
3. Гончаренко Д.Ф. Выбор конструктивных и технологических решений строительства смотровых шахт на действующих сетях водоотведения глубокого заложения: [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, Д.Ю. Олейник, Д.А. Бондаренко // *Вода и экология: проблемы и решения*. – СПб: ЗПО «Водопроект-Гипроооммунводоканал Санкт-Петербург», 2014. – Вып. 4. – С. 59–68.
4. Гончаренко Д.Ф. Стан облицовання шахтних стволів каналізаційних колекторів і способи їх ремонту: [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, І.В. Коринько, Г.О. Санков // *Будівництво України*. – Київ, 1997. – Вип. 12. – С. 10-12.
5. Орлов А.М. Защита строительных конструкций и технологического оборудования от коррозии: Справочник строителя: [Текст] / А.М. Орлов. – М: Стройиздат, 1991. – 304 с.
6. Гончаренко Д.Ф. Ремонт и восстановление канализационных сетей и сооружений: [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, И.В. Коринько. – Харьков: Рубикон, 1999. – 369 с.
7. Гончаренко Д.Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения: [Текст] / Д.Ф. Гончаренко. – Харьков: Консум, 2008. – 400 с.
8. Гончаренко Д.Ф. Ремонт зруйнованих газовою корозією шахтних стволів на каналізаційних мережах Харкова: [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, І.В. Коринько, С.С. Піліграмм // *Будівництво України*. – Київ, 2000. – Вип. 2. – С. 23-25.
9. Гончаренко Д.Ф. Разработка технологии возведения защищенных от коррозии шахтных стволов на действующих канализационных коллекторах глубокого заложения: [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, Д.Ю. Олейник // *Наук. вісн. будівництва*. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2014.– Вип. 76. – С. 52–55.
10. Гончаренко Д.Ф. Особенности возведения коррозионностойких шахтных стволов глубокого заложения на действующих сетях водоотведения: [Текст] / Д. Гончаренко, Д. Олейник, В. Кайдалов // *MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences*. – Lublin, 2014. – Vol. 16. – № 6. – P. 3-10.

11. Гончаренко Д.Ф. Восстановление несущей способности конструкций смотровой шахты с использованием мелкоштучных изделий: [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, О.В. Кичаева, А.В. Убийвовк, В.В. Запорожец // Наук. вісн. будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТБ АБУ, 2009. – Вип. 55. – С. 83–92.

12. Гончаренко Д.Ф. Обеспечение надежного крепления армокриолитовых плит при ремонте смотровых шахт сетей водоотведения: [Текст] / Д.Ф. Гончаренко, В.А. Воблых, О.В. Кичаева, В.А. Вороненко // Наук. вісн. будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТБ АБУ, 2006. – Вип. 35. – С. 95–102.

REFERENCES:

1. Garmash, A., Bondarenko, D., Zubko, G., & Goncharenko, D. (2016). On renovation of the destroyed tunnel sewer collector in Kharkiv. *World Journal of Engineering*. (Vol. 13), (pp. 72–76).

2. Goncharenko, D., Korin'ko, I., Bondarenko, D. (2012). Technology of repair and restoration of mine shafts on drainage networks of deep laying. Moscow, Russia: *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*. (Vol. 6), pp. 51–55.

3. Goncharenko, D., Olejnik, D., Bondarenko, D. (2014). The choice of constructive and technological solutions for the construction of inspection mines on existing deep-water drainage networks. SPb, Russia: «Vodoproekt-Giprokommunvodokanal Sankt-Peterburg». (Vol. 4), pp. 59–68.

4. Goncharenko, D., Korin'ko, I., Sankov, G. (1997). State shafts lining sewers and repair methods. Kyiv, Ukraine: *Budivnitstvo Ukraïni*. (Vol. 12), pp. 10–12.

5. Orlov, A., (1991). Protection of building structures and process equipment against corrosion. Moscow, Russia: *Strojizdat*, 304.

6. Goncharenko, D., Korin'ko, I. (1999). Repair and restoration of sewer networks and structures. Kharkiv, Ukraine: *Rubikon*, 369.

7. Goncharenko, D., (2008). Operation, repair and restoration of water disposal networks. Kharkiv, Ukraine: *Konsum*, 400.

8. Goncharenko, D., Korin'ko, I., Piligramm, S. (2000). Repair damaged by corrosion gas shafts for sewer networks Kharkov. Kyiv, Ukraine: *Budivnitstvo Ukraïni*. (Vol. 2), pp. 23–25.

9. Goncharenko, D., Olejnik, D. (2014). Development of the technology of erecting

corrosion-protected shafts in existing deep-seated sewers. Kharkiv, Ukraine: *Nauk. visn. Budivnitstva*. (Vol. 76), pp. 52–55.

10. Goncharenko, D., Olejnik, D., Kajdalov., V. (2014). Features of the construction of corrosion-resistant shafts of deep laying on the existing sewerage networks. Lublin, Poland: *MOTROL*. (Vol. 16), pp. 3–10.

11. Goncharenko, D., Kichaeva, O., Ubijvovk, A. (2009). Restoring the bearing capacity of the construction of the inspection shaft using small pieces. Kharkiv, Ukraine: *Nauk. visn. Budivnitstva*. (Vol. 55), pp. 83–92.

12. Goncharenko, D., Voblykh, V., Kichaeva, O. (2006). Providing reliable fixing of armoric-iron plates during repair of inspection mines of sewerage networks. Kharkiv, Ukraine: *Nauk. visn. Budivnitstva*. (Vol. 35), pp. 95–102.

АНОТАЦІЯ

Розглянуто питання ремонту та відновлення оглядових шахт на каналізаційних тунелях глибокого залягання. Наведено технічна та технологічні рішення з використанням профільованого поліетилену, армованих шлаколитих панелей, керамічної цегли, нанесення захисного покриття. Показано переваги та недоліки представлених технологій, а також приклади їх практичного застосування.

Ключові слова: каналізаційні тунелі, оглядова шахта, ремонт, поліетилен, шлаколита панель, керамічна цегла.

ANNOTATION

Inspection shafts are important objects in the water disposal networks and are exposed to strong influence of destructive processes. The technical and technological solutions using profiled polyethylene, reinforced slag cast panels, ceramic bricks and protective coating, were presented. The advantages and disadvantages of the proposed technologies as well as examples of their practical application were demonstrated. Implementation of works on reconstruction and strengthening an emergency section of inspection shafts without reducing its capacity.

Keywords: sewer tunnels, inspection shaft, repair, polyethylene, slag cast panel, ceramic bricks.