

НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ

УДК 624.01

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ, ТЕХНИЧЕСКИХ И  
ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ  
СМОТРОВЫХ ШАХТ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ТУННЕЛЕЙ**

ГОНЧАРЕНКО Д. Ф.<sup>\*1</sup>, *д. т. н., проф.*,

ЯРОВОЙ Ю. Н.<sup>\*2</sup>, *к. т. н., проф.*,

ПЕРЕПЕЛИЦА Е. А.<sup>\*3</sup>, *асп.*,

ГАРМАШ А. А.<sup>\*4</sup>, *асп.*

<sup>1\*</sup> Кафедра технологии строительного производства, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, ул. Сумская, 40, 61002, Харьков, Украина, +38 (057) 700-02-40, e-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua, ORCID ID: 0000-0003-1278-0895

<sup>2\*</sup> Кафедра строительной механики, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, ул. Сумская, 40, 61002, Харьков, Украина, +38 (057) 752-91-64, e-mail: yarov.58@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0633-424X

<sup>3\*</sup> Кафедра строительной механики, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, ул. Сумская, 40, 61002, Харьков, Украина, +38 (057) 752-91-64, e-mail: ekaterina-perepelica@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0574-0038

<sup>4\*</sup> Кафедра технологии строительного производства, Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, ул. Сумская, 40, 61002, Харьков, Украина, +38 (057) 706-18-54, e-mail: usaemgs1@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0001-9644-1385

**Аннотация. Постановка проблемы.** Обеспечение надежной эксплуатации систем водоотведения является одной из важных задач коммунальных служб городов Украины. Канализационные трубопроводы и коллекторы в городах Украины имеют различный срок эксплуатации. В некоторых случаях срок эксплуатации работающих систем водоотведения составляет более 100 лет. Поддержание канализационных сетей в надежном состоянии требует значительных затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание и контроль. Канализационные трубопроводы, коллекторы и смотровые шахты эксплуатируются в условиях воздействия сильноагрессивной среды. Концентрации углекислого газа, аммиака, метана, сероводорода и других агрессивных веществ в газовой среде коллекторов и смотровых шахт зачастую на несколько порядков превышают предельно допустимые концентрации, что приводит к биогенной коррозии бетона. Проблема сохранения и восстановления действующих коллекторов также актуальна в связи с возросшими требованиями к экологии. Важной экологической задачей является защита грунтовых вод от агрессивных реагентов, которые могут попадать в грунтовые воды через разрушенные конструкции систем водоотведения. **Цель статьи** – обобщение опыта обследования шахт канализационных туннельных коллекторов в г. Харькове, разработка технических решений и рекомендаций по обеспечению их дальнейшей надежной и безопасной эксплуатации с использованием разработок, которые обеспечивают устойчивость конструкций шахт к биогенной коррозии. **Вывод.** Разработаны технические решения и рекомендации для приведения конструкций шахт к нормальному техническому состоянию с учетом агрессивности среды. Принятые решения позволят обеспечить нормальную эксплуатацию шахт в течение 20 лет. При проведении работ использованы современные коррозионноустойчивые материалы: бетон на сульфатостойком цементе, стеклопластиковая композитная арматура.

**Ключевые слова:** туннельный коллектор, шахта, биогенная коррозия, торкрет-бетон, сульфатостойкий цемент, стеклопластиковая композитная арматура

**РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ, ТЕХНІЧНИХ І  
ОРГАНІЗАЦІЙНИХ РІШЕНЬ ІЗ ВІДНОВЛЕННЯ ОГЛЯДОВИХ ШАХТ  
КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛІВ**

ГОНЧАРЕНКО Д. Ф.<sup>\*1</sup>, *д. т. н., проф.*,

ЯРОВИЙ Ю. М.<sup>\*2</sup>, *к. т. н., проф.*,

ПЕРЕПЕЛИЦЯ К. О.<sup>\*3</sup>, *асп.*,

ГАРМАШ А. А.<sup>\*4</sup>, *асп.*

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

<sup>2\*</sup> Кафедра будівельної механіки, Харківський національний університет будівництва та архітектури, вул. Сумська, 40, 61002, Харків, Україна, +38 (057) 752-91-64, e-mail: yarov.58@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0633-424X

<sup>3\*</sup> Кафедра будівельної механіки, Харківський національний університет будівництва та архітектури, вул. Сумська, 40, 61002, Харків, Україна, +38 (057) 752-91-64, e-mail: ekaterina-perepelica@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0574-0038

<sup>4\*</sup> Кафедра технології будівельного виробництва, Харківський національний університет будівництва та архітектури, вул. Сумська, 40, 61002, Харків, Україна, +38 (057) 706-18-54, e-mail: usaemgs1@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0001-9644-1385

**Анотація. Постановка проблеми.** Забезпечення надійної експлуатації систем водовідведення – одне з важливих завдань комунальних служб міст України. Каналізаційні трубопроводи та колектори в містах України мають різний термін експлуатації. У деяких випадках термін експлуатації діючих систем водовідведення становить понад 100 років. Підтримка каналізаційних мереж в надійному стані вимагає значних витрат на експлуатацію, технічне обслуговування та контроль. Каналізаційні трубопроводи, колектори та оглядові шахти експлуатуються в умовах впливу сильноагресивного середовища. Концентрації вуглекислого газу, аміаку, метану, сірководню та інших агресивних речовин у газовому середовищі колекторів та оглядових шахт часто на кілька порядків перевищують гранично допустимі концентрації, що спричинює біогенну корозію бетону. Проблема збереження і відновлення діючих колекторів також актуальна у зв'язку зі зростанням вимог до екології. Важливе екологічне завдання – захист ґрунтових вод від агресивних реагентів, які можуть потрапляти в ґрунтові води через зруйновані конструкції систем водовідведення. **Мета статті** – узагальнення досвіду обстеження шахт каналізаційних тунельних колекторів у Харкові, розроблення технічних рішень і рекомендацій щодо забезпечення їх подальшої надійної та безпечної експлуатації з використанням розробок, які забезпечують стійкість конструкцій шахт до біогенної корозії. **Висновок.** Розроблено технічні рішення та рекомендації для приведення конструкцій шахт до нормального технічного стану з урахуванням агресивності середовища. Прийняті рішення дозволять забезпечити нормальну експлуатацію шахт протягом 20 років. Під час проведення робіт використані сучасні корозієстійкі матеріали: бетон на сульфатостійкому цементі, склопластикова композитна арматура.

**Ключові слова:** тунельний колектор, шахта, біогенна корозія, торкрет-бетон, сульфатостійкий цемент, склопластикова композитна арматура

## AN IMPROVEMENT OF DESIGN, TECHNOLOGICAL AND ORGANIZATIONAL SOLUTIONS IN THE RECONSTRUCTION OF INSPECTION SHAFTS OF SEWAGE TUNNEL

GONCHARENKO D. F. <sup>\*1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

YAROVYOJ YU. N. <sup>\*2</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Prof.*,

PEREPELICA E. A. <sup>\*3</sup>, *Post-graduate.*,

GARMASH A. A. <sup>\*4</sup>, *Post-graduate*

<sup>1\*</sup> Department of Construction Technology, Kharkiv National University of construction and architecture, 40, Sumska str., Kharkiv 61002, Ukraine, +38 (057) 700-02-40, e-mail: gonch@kstuca.kharkov.ua, ORCID ID: 0000-0003-1278-0895

<sup>2\*</sup> Department of Structural Mechanics, Kharkiv National University of construction and architecture, 40, Sumska str., Kharkiv 61002, Ukraine, +38 (057) 752-91-64, e-mail: yarov.58@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0633-424X

<sup>3\*</sup> Department of Structural Mechanics, Kharkiv National University of construction and architecture, 40, Sumska str., Kharkiv 61002, Ukraine, +38 (057) 752-91-64, e-mail: ekaterina-perepelica@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-0574-0038

<sup>4\*</sup> Department of Construction Technology, Kharkiv National University of construction and architecture, 40, Sumska str., Kharkiv 61002, Ukraine, +38 (057) 706-18-54, e-mail: usaemgs1@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0001-9644-1385

**Annotation. Formulation of the problem.** Ensuring reliable operation of wastewater systems is one of the important tasks of community services Ukrainian cities. Sewer pipelines and collectors in Ukrainian cities have different operation life. In some cases, the operation life of wastewater working systems is more than 100 years. Significant operating costs, maintenance and inspection of sewer networks are made to keep them in reliable condition. Sewer pipes, sewers and inspection of the mine are operated at highly aggressive conditions. The concentrations of carbon dioxide, ammonia, methane, hydrogen sulfide and other corrosive substances greater than the maximum allowable concentration in the gas environment of collectors and inspection shafts. This leads to corrosion of concrete nutrient. The problem of preservation and revitalization of existing collectors is relevant because to environmental requirements increase. An important environmental challenge is the protection of groundwater against aggressive reagents, which can get into the groundwater through a rotten constructions of wastewater systems. **Purpose.** Consolidation of experience survey dredging well collector in Kharkiv, an improvement of technical solutions and recommendations of ensure their continued reliable and safe operation with development, which provide resistance to dredging well construction of biogenic corrosion. **Conclusion.** Technology and recommendations were designed to bring construction of dredging well to normal technical condition. The aggression of the environment has been taken into account. The decisions will ensure the normal operation of dredging well for 20 years. At work was used modern corrosion-resistant materials: concrete of sulfate-resistant cement, glass-plastic composite reinforcement.

**Keywords:** tunnel collector, dredging well, biogenic corrosion, shotcrete, sulfate-resistant cement, glass-plastic composite reinforcement

**Постановка проблеми.** Обеспечение надежной эксплуатации систем водоотведения является одной из важных задач коммунальных служб городов Украины. Канализационные трубопроводы и коллекторы в городах Украины имеют различный срок эксплуатации. В некоторых случаях срок эксплуатации работающих систем водоотведения составляет более 100 лет. Поддержание канализационных сетей в надежном состоянии требует значительных затрат на эксплуатацию, техническое обслуживание и контроль.

Канализационные трубопроводы, коллекторы и смотровые шахты эксплуатируются в условиях воздействия сильноагрессивной среды. Концентрации углекислого газа, аммиака, метана, сероводорода и других агрессивных веществ в газовой среде коллекторов и смотровых шахт зачастую на несколько порядков превышают предельно допустимые концентрации, что приводит к биогенной коррозии бетона.

Проблема сохранения и восстановления действующих коллекторов также актуальна в связи с возросшими требованиями к экологии. Важной экологической задачей является защита грунтовых вод от агрессивных реагентов, которые могут попадать в грунтовые воды через разрушенные конструкции систем водоотведения.

**Анализ публикаций.** Вопросы расчета, проектирования, строительства и эксплуатации сетей и сооружений водоотведения рассмотрены в работах И. А. Абрамовича [1, 2], Е. Б. Клейна [8], А. Н. Добромыслова [5], Р. И. Бергена [7].

Анализ причин разрушения железобетонных конструкций канализационных сетей приводится в работах Г. Я. Дрозда [6], А. А. Плугина [10], В. Л. Чернявского, В. А. Юрченко [11; 12].

Восстановление шахтных стволов осуществляют методом нанесения защитных антикоррозионных покрытий и методом облицовки. Особенности эксплуатации и методы восстановления и ремонта сетей

водоотведения представлены в работах Д. Ф. Гончаренко [3, 4].

**Цель статьи.** Обобщение опыта обследования шахт канализационных туннельных коллекторов в г. Харьков, разработка технических решений и рекомендаций по обеспечению их дальнейшей надежной и безопасной эксплуатации с использованием разработок, которые обеспечивают устойчивость конструкций шахт к биогенной коррозии.

**Изложение материала.** В 2016 г. сотрудниками Харьковского национального университета строительства и архитектуры выполнено обследование шахт туннельных коллекторов г. Харьков:

- шахта № 10 канализационного туннельного коллектора 761-го микрорайона по пр. Московскому;
- шахта № 3 щитового канализационного туннельного коллектора «Автозапчасть» около р. Лопань;
- шахта № 1 Основьянского канализационного туннельного коллектора по ул. Достоевского.

Смотровые шахты пересекают насыпные грунты, суглинки и пески.

Замеры газовой среды в шахте № 10, которые проводились лабораторией «Харьковкоммуночиствод», показали превышение гранично допустимой концентрации (ГДК) сероводорода ( $H_2S$ ) и сернистого газа ( $SO_2$ ) в 2-3 раза. Расчетный темп коррозии бетона составляет 19 мм в год.

Шахты № 3 и № 1 также эксплуатируются в условиях агрессивной среды. Замеры газовой среды в шахтах выполнены лабораторией КП «Харьковводоканал» и показали превышение ГДК  $SO_2$  в шахте № 3 более чем в 3 раза. В шахте № 1 концентрации агрессивных веществ не превышают ГДК.

Шахта № 10 построена в 1984 году как часть коллекторного канализационного туннеля 761-го микрорайона г. Харьков на стыке с коллекторным канализационным туннелем ПШ-2.1 по Московскому проспекту согласно проекту, разработанному институтом

«УкркоммунНИИпроект». Стоки 761-го микрорайона отводятся внутриквартальными коллекторами в коллекторный туннель. Кроме того, от насосной станции в коллектор поступают стоки от Роганского жилищного массива и промышленных предприятий, расположенных по ул. Роганской.

В 1998 году выполнен внеплановый капитальный ремонт шахты, во время которого было заменено перекрытие шахты

и выполнено торкретирование внутренней поверхности крепи. На момент обследования в шахте проводились подготовительные ремонтно-восстановительные работы.

Шахта круглой формы в плане с внутренним диаметром 4,7 м и глубиной лотка 11,7 м. Конструктивная схема шахты № 10 описана в [9]. Схематический план и разрез шахты представлены на рисунке 1.

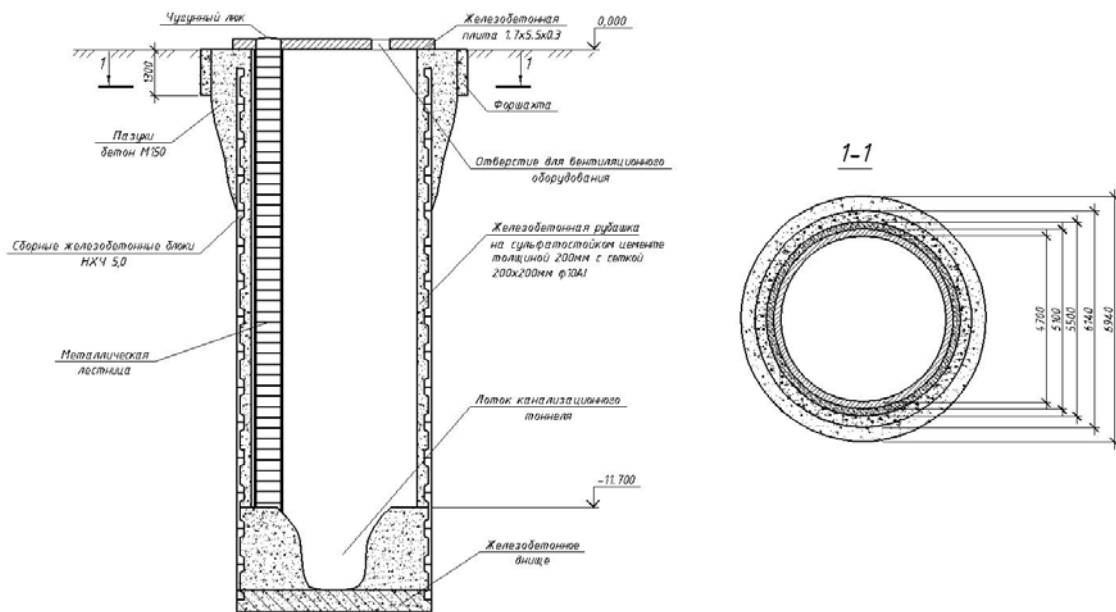


Рис. 1. Схематический план и разрез шахты № 10

Шахта № 3 щитового канализационного туннельного коллектора построена в 1985 году. Бассейном коллектора является микрорайон завода им. Шевченко, от которого стоки отводятся внутриквартальными коллекторами в щитовой коллектор ПЩ-2.56. Кроме того, в шахту поступают стоки от промышленных предприятий, расположенных рядом.

Капитальный ремонт шахты проведен в 1995 году.

Шахта прямоугольной формы в плане с внутренними размерами 3,8×3,3 м в верхнем сечении и 2,9×2,3 м – в нижнем. Глубина до лотка составляет 15,66 м. Диаметр входного и выходного коллекторов составляет 1,84 м. Шахта оборудована железобетонным карманом на глубине 6,49 м для приема

стоков от подключения (металлическая труба диаметром 500 мм).

Фундамент шахты – монолитный железобетонный.

Крепь шахты – монолитная, выполнена из бетона С12/15 на сульфатостойком цементе, армирована двутаврами № 20 с шагом 500–600 мм.

Перекрытие шахты – сборные железобетонные плоские плиты 1,8×4,8 м толщиной 300 мм с отверстиями для устройства люка и вентиляционной системы. Нижняя поверхность антикоррозионной защиты не имеет.

Элементы лестницы (косоуры, ступени, ограждения) – металлические. Схематические планы и разрезы шахты представлены на рисунке 2.

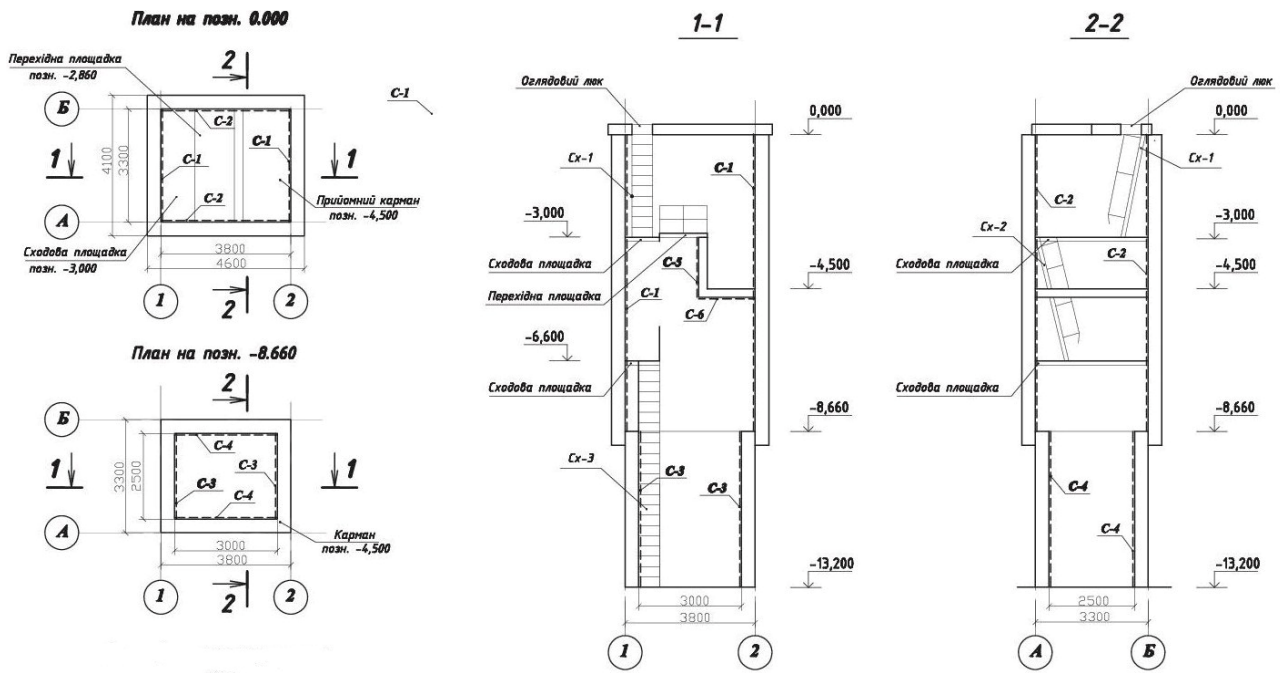


Рис. 2. Схематические планы и разрезы шахты № 3

Шахта № 1 построена в 1976 году. Бассейном коллектора является микрорайон Основа, от которого стоки отводятся внутриквартальными коллекторами в Основянский туннельный коллектор. Кроме того, в шахту поступают стоки от промышленных предприятий, расположенных рядом. Данные о капитальном ремонте шахты отсутствуют.

Шахта прямоугольной формы в плане с внутренними размерами 7,0×7,5 м в верхнем сечении, 3,7×4,7 м – в нижнем. Глубина до лотка составляет 22,91 м. Диаметр выходного коллектора составляет 1,84 м. Подключена металлическая труба диаметром 400 мм на глубине 6,0 м.

Фундамент шахты – монолитный железобетонный.

Крепёж шахты – монолитная железобетонная из бетона С12/15 на сульфатостойком цементе, армированная двутаврами № 20 с шагом 500-1000 мм.

Перекрытие шахты – сборные железобетонные плиты 1,5×4,2 м толщиной 240 мм с отверстиями для устройства люка и вентиляционной системы. Плиты опираются на крепёж и несущую металлическую балку, которая выполнена из двух двутавров № 45. Нижняя поверхность плит антикоррозионной защиты не имеет.

Элементы лестницы (косоуры, ступени, ограждения) – металлические.

В ходе обследования шахты № 10 не выявлено отклонений форшахты от проектного положения, значительных коррозионных и механических повреждений.

Внутренний изолирующий слой крепи частично разрушен и удален во время очистки внутренней поверхности крепи (рис. 3, а).

Плиты перекрытия шахты значительных коррозионных и механических повреждений не имеют.

По результатам выборочных инструментальных испытаний класс бетона форшахты и крепи по прочности на сжатие не ниже С8/10, плит – не ниже С12/15.

Выявлены повреждения лестниц в виде коррозионного износа косоуров, ступеней и ограждения с потерей до 40 % от изначального сечения. Коррозия элементов – слоистая. Отдельные элементы имеют разрывы в местах соединения (рис. 3, б).

Внутренний слой крепи шахты № 3 и кармана прокорродировал на глубину до 50–60 мм и частично разрушен (рис. 4, а).





а



б

*Рис. 3. Повреждения конструкций шахты № 10:  
а – разрушение железобетонной рубашки; б – коррозионный износ лестницы*

Плиты перекрытия имеют коррозионные повреждения внутренней поверхности. Защитный слой разрушен, рабочая арматура оголена (рис. 4, б).

По результатам выборочных инструментальных испытаний класс бетона

крепи и плит по прочности на сжатие не ниже С12/15.

Выявлены повреждения лестниц в виде коррозионного износа косоуров, ступеней и ограждения с потерей до 40 % от изначального сечения. Коррозия элементов – слоистая.



а



б

*Рис. 4. Повреждения конструкций шахты № 3:  
а – разрушение железобетонной крепи; б – коррозионный износ плиты*

Внутренний слой крепи шахты № 1 и кармана прокорродировал на глубину до 10-20 мм и частично разрушен. Плиты имеют коррозионные повреждения внутренней поверхности. Защитный слой частично разрушен на глубину до 10 мм.

По результатам выборочных инструментальных испытаний класс бетона крепи и плит по прочности на сжатие не ниже С12/15. Несущие металлические балки имеют незначительные коррозионные повреждения. Поверхность балок покрыта

продуктами коррозии. Коррозия элементов балок – поверхностная (рис. 5, а).

Выявлены повреждения лестниц в виде коррозионного износа косоуров, ступеней и ограждения с потерей до 50 % от изначального сечения. Коррозия элементов – слоистая. Крепления элементов разрушены. На момент обследования лестница обрушена в шахту (рис. 5, б).

Восстановление шахтных стволов осуществляют методом нанесения защитных антикоррозионных покрытий и методом облицовки.



а



б

Рис. 5. Повреждения конструкций шахты № 1:  
а – коррозия несущей балки; б – обрушение лестницы

В качестве антикоррозионных применяют покрытия: окрасочные, мастичные, шпаклевочные, наливные, оклеечные, гуммированные, на основе жидких резиновых смесей.

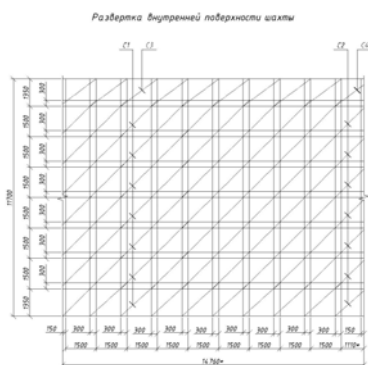
Облицовку шахтных стволов выполняют из искусственных кислотоупорных материалов, камнелитых, шлакоситалловых и углеродистых изделий на химически стойких вяжущих.

По конструкции покрытия делят на однослойные, многослойные и комбинированные.

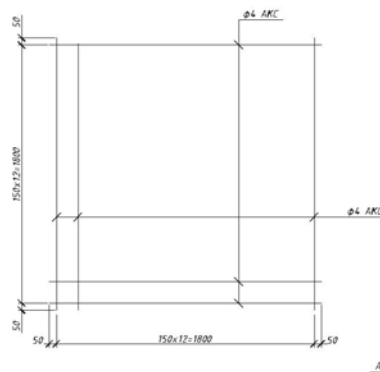
При восстановлении шахты № 10 был использован метод восстановления

внутренней изоляции при помощи рубашки из торкрет-бетона с армированием композитной стеклопластиковой арматурой. Схема армирования рубашки представлена на рисунке 6.

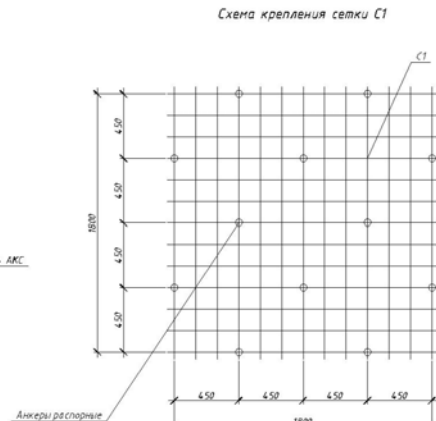
Перед устройством рубашки усиления выполнена предварительная подготовка внутренней поверхности шахты – поверхность очищена от неплотного и частично разрушенного слоя бетона. Для улучшения сцепления наносимого слоя торкрет-бетона с внутренней поверхностью шахты. Выполнение очистки поверхности показано на рисунке 7, а.



а



б



в

Рис. 6. Схема армирования рубашки:

а – развертка внутренней поверхности шахты; б – сетка C1; в – схема крепления сетки C1

Выполнена пропитка внутренней поверхности бетона с помощью гидроизолирующего материала типа «пенетрон». 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 – стекловолокно, связанный полимером на основе эпоксидной смолы. Сетки выполнены размером 1 800 × 1 800 мм. Крепление сеток выполнено с помощью



распорных анкеров М8, расположенных в шахматном порядке с шагом 900 мм.

Для восстановления шахты понадобилось 80 сеток. Расход арматуры  $\varnothing 4$  АКС на восстановление шахты № 10 составил 4 255 п.м., 85 кг. Смонтированные на внутренней поверхности шахты сетки представлены на рисунке 7, б, в.

После нанесен слой торкрет-бетона класса С25/30 на сульфатостойком цементе.



а

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 рисунке 7, г.

Разрушенная лестница демонтирована. Новая выполнена по ранее разработанному проекту.



б



в



г

Рис. 7. Работы по восстановлению шахты № 10:

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

Для обеспечения дальнейшей нормальной эксплуатации шахт № 3 и № 1 также необходимо:

- внутреннюю поверхность крепи очистить от неплотного и частично разрушенного бетона до неповрежденной части;

- выполнить пропитку внутренней поверхности бетона с помощью гидроизолирующего материала «пенетрон»;

- выполнить армирование внутренней поверхности крепи и кармана с помощью сеток из композитных материалов;

- выполнить теркретирование внутренней поверхности крепи бетоном на основе сульфатостойкого цемента;

- очистить поверхность и арматуру плит перекрытия;

- выполнить торкретирование внутренней поверхности плит бетоном на основе сульфатостойкого цемента;

- нанести на отремонтированную поверхность слой гидроизоляции;

- установить новую лестницу по ранее разработанному проекту.

**Выводы.** Выполнено обследование шахт № 10, 3, 1 канализационных туннельных коллекторов в г. Харьков. В результате обследования установлено, что конструкции шахт находятся в состоянии, непригодном к нормальной эксплуатации (категория III).

Разработаны технические решения и рекомендации для приведения конструкций



шахт к нормальному техническому современныe коррозионноустойчивые состоянию с учетом агрессивности среды. материалы: бетон на сульфатостойком Принятые решения позволяют обеспечить цементе, стеклопластиковая композитная нормальную эксплуатацию шахт в течение арматура. 20 лет. При проведении работ использованы

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович И. А. Канализация города Харькова (1912–1980 гг.). Опыт проектирования и строительства / И. А. Абрамович. – Харьков : Основа, 1997. – 220 с.
2. Абрамович И. А. Сети и сооружения водоотведения: расчет, проектирование, эксплуатация / И. А. Абрамович. – Харьков : Коллегиум, 2005. – 228 с.
3. Гончаренко Д. Ф. Технология ремонта и восстановления шахтных стволов на сетях водоотведения глубокого заложения / Д. Ф. Гончаренко, И. В. Коринько, Д. А. Бондаренко // Водоснабжение и санитарная техника. – 2012. – № 6. – С. 51–55.
4. Гончаренко Д. Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения : монография / Гончаренко Д. Ф. – Харьков : Консум, 2007. – 520 с.
5. Добромыслов А. Н. Примеры расчета конструкций железобетонных инженерных сооружений : справ. пособие / А. Н. Добромыслов. – Москва : АСВ, 2010. – 269 с.
6. Дрозд Г. Я. Биологический фактор как причина разрушения канализационных сетей / Г. Я. Дрозд, Н. В. Сытниченко, И. В. Сатин // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – Вып. 1. – С. 82–83.
7. Инженерные конструкции / Р. И. Берген, Ю. М. Дукарский, В. Б. Семенов, Ф. В. Расс ; под ред. Р. И. Бергена. – Москва : Высш. шк., 1989. – 415 с.
8. Клейн Е. Б. По пути совершенства / Е. Б. Клейн, Г. М. Выставной. – Харьков : Оригинал-р, 1996. – 64 с.
9. Обследование шахты № 10 канализационного тоннельного коллектора 761-го микрорайона в г. Харьков / Е. А. Перепелица, Ю. Н. Яровой, Д. Ф. Гончаренко, А. А. Гармаш // Науковий вісник будівництва : зб. наук. пр. / Харк. нац. техн. ун-т буд-ва та архітектури. – Харків, 2016. – Вип. 86. – С. 95–97.
10. Плагин А. А. Формирование агрессивности эксплуатационной среды сетей и сооружений водоотведения. Состав сред и основные реакции / А. А. Плагин, В. И. Бабушкин, В. А. Юрченко // Науковий вісник будівництва : зб. наук. пр. / Харк. нац. техн. ун-т буд-ва та архітектури. – Харків, 2002. – Вип. 16. – С. 121–125.
11. Чернявский В. Л. К вопросу о коррозионно-адаптационном механизме взаимодействия бетона с биогенной средой / В. Л. Чернявский, В. А. Юрченко // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту / Півн.-схід. наук. центр трансп. акад. України, Укр. держ. ун-т залізн. трансп. – Харків, 2007. – Вип. 87. – С. 55–60.
12. Юрченко В. А. Кинетические характеристики микробиологической коррозии бетона в сетях водоотведения / В. А. Юрченко, Е. В. Бригада // Вода и экология: проблемы и решения. – 2014. – № 1 (57). – С. 51–61.

## REFERENCES

1. Abramovich I.A. *Kanalizaciya goroda Xar'kova (1912–1980 gg.). Opyt proektirovaniya i stroitel'stva* [Sewerage system in the city of Kharkiv (1912-1980). Experience in the design and construction]. Xar'kov, Osnova, 1997, 220 p. (in Russian)
2. Abramovich I.A. *Seti i sooruzheniya vodootvedeniya: raschet, proektirovanie, ekspluatsiya* [Wastewater systems and structures: calculation, design, operation]. Xar'kov, Kollegium, 2005, 228 p. (in Russian)
3. Goncharenko D.F., Korin'ko I.V. and Bondarenko D.A. *Texnologiya remonta i vosstanovleniya shaxtnyx stvolov na setyax vodootvedeniya glubokogo zalozheniya* [Repair and restoration technology of shafts on wastewater systems deep foundations]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya texnika* [Water supply and sanitary engineering]. 2012, no. 6. pp. 51–55. (in Russian)
4. Goncharenko D.F. *Ekspluatsiya, remont i vosstanovlenie setej vodootvedeniya* [Operation, repair and rehabilitation of wastewater systems]. Xar'kov, Konsum, 2007, 520 p. (in Russian)
5. Dobromyslov A.N. *Primery rascheta konstrukcij zhelezobetonnyx inzhenernyx sooruzhenij* [Examples of calculation of reinforced concrete engineering structures]. Moskva: ASV, 2010, 269 p. (in Russian)
6. Drozd G.Ya., Sytnichenko N. V. and Satin I.V. *Biologicheskij faktor kak prichina razrusheniya kanalizacionnyx setej* [The biological factor as the cause of the destruction of wastewater systems]. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya texnika* [Water supply and sanitary engineering]. 2002, iss. 1. pp. 82–83. (in Russian)
7. Bergen R.I., Dukarskij Yu.M., Semenov V.B. and Rass F.V. *Inzhenernyye konstrukcii* [Engineering construction]. Moskva: Vysshaya shkola, 1989, 415 p. (in Russian)

8. Klejn E.B. and Vystavnoj G.M. *Po puti sovershenstva* [On the way to perfection]. Xar'kov: Original-r, 1996, 64 p. (in Russian)
9. Perepelica E.A., Yarovoj Yu.N., Goncharenko D.F. and Garmash A.A. *Obsledovanie shaxty № 10 kanalizacionogo tonnel'nogo kollektora 761-go mikrorajona v g. Xar'kov* [Observing shaft №10 of outer sewer 761 urban districting in Kharkiv city]. *Naukovyi visnyk budivnistva* [Scientific Bulletin of Construction]. Khark. nats. tekhn. un-t bud-va i arkhит. [Kharkiv National University of Construction and Architecture]. 2016. iss. 86, pp. 95–97. (in Russian)
10. Plugin A.A., Babushkin V.I., Yurchenko V.A. *Formirovanie agressivnosti ekspluatacionnoj sredy setej i sooruzhenij vodootvedeniya. Sostav sred i osnovnye reakcii.* [Formation of aggressive operational environment systems and wastewater systems. Composition of the reaction and basic media]. *Naukovyi visnyk budivnistva* [Scientific Bulletin of Construction]. Khark. nats. tekhn. un-t bud-va i arkhит. [Kharkiv National University of Construction and Architecture]. 2002, iss. 16, pp. 121–125. (in Russian)
11. Chernyavskij V.L. and Yurchenko V.A. *K voprosu o korrozionno-adaptacionnom mexanizme vzaimodejstviya betona s biogennoj sredoj* [On the mechanism of interaction of corrosion and concrete adaptation with nutrient medium]. *Visnyk naukovikh prats Ukrainскої derzhavnoi akademii zaliznichnoho transportu* [Bulletin of scientific works of Ukrainian State Academy of Railway Transport], Pivn.-skhid. nauk. tsentr transp. akad. Ukrainy, Ukr. derzh. un-t zalizn. transp. [Northeast Science Center Transport Academy of Ukraine, Ukrainian National University of Railway Transport]. 2007. Issue 87. pp. 55–60. (in Russian)
12. Yurchenko V.A. and Brigada E.V. *Kineticheskie xarakteristiki mikrobiologicheskoy korrozii betona v setyax vodootvedeniya.* [Kinetic characteristics of microbial corrosion in concrete wastewater systems]. *Voda i ekologiya: problemy i reshenia* [Water and Ecology: Problems and Solutions]. 2014. no. 1 (57), pp. 51–61. (in Russian)

*Рецензент: Савицький М. В., д-р т. н., проф.*

Надійшла до редколегії: 24.10.2016 р. Прийнята до друку: 30.10.2016 р.