

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет будівництва та архітектури

ГАРМАШ Олексій Олександрович



УДК 628.24+69.059

**ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ
ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ КОМПЛЕКСУ СПОРУД
КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ТУНЕЛІВ**

05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Харків – 2017

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Харківському національному університеті будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Гончаренко Дмитро Федорович,
Харківський національний університет будівництва та архітектури, проректор з науково-педагогічної роботи.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Галінський Олександр Михайлович,
Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва імені В.С. Балицького», директор;


кандидат технічних наук, доцент
Данилюк Вадим Ілліч,
Одеська державна академія будівництва та архітектури, доцент кафедри технології будівельного виробництва.

Захист відбудеться 28 вересня 2017 р. о 13⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.056.01 Харківського національного університету будівництва та архітектури за адресою: 61002, м. Харків, вул. Сумська, 40.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету будівництва та архітектури за адресою: 61002, м. Харків, вул. Сумська, 40 та на сайті університету <http://kstuca.kharkov.ua/ndial/nauka/>.

Автореферат розіслано 28 серпня 2017 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., доц.



О.В. Гвоздецький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. Прокладені понад 40 років тому каналізаційні тунелі міста Харкова, що мають діаметр 2000 мм і більше, протяжністю близько 56 км внаслідок інтенсивної дії руйнівних чинників перебувають нині в аварійному чи передаварійному стані.

Ремонтно-відновлювальні роботи в каналізаційних тунелях глибокого залягання повинні проводитися за умов відсутності стічних вод і забезпечення необхідного вентилявання ділянок ремонту. Виконати ці умови у каналізаційних тунелях міста Харкова нині неможливо.

Важливу роль під час розроблення організаційно-технологічних рішень ремонту та відновлення каналізаційних тунелів міста відіграє наявність і функціонування дублюючих тунелів і пов'язана з ними система кільцювання, яка дає можливість звільнити ділянки, що підлягають обстеженню та ремонту, від стічних вод.

До сьогодні проект системи каналізаційних тунелів, розроблений інститутом «Укргіпрокомунпроект», а надалі інститутом «УкркомунНДПроект», не реалізований у повному обсязі. Зокрема, не введено в експлуатацію головний дублюючий колектор $L = 1,2$ км, а також колекторний тунель по пер. Досвідному (від вул. Клочківської до підключення до Іванівського колекторного тунелю). Цей тунель є однією з ланок по кільцюванню тунелів глибокого залягання, що сполучає головний каналізаційний тунель із Іванівським тунелем. Окрім того до початку їх введення в експлуатацію необхідно провести ретельне обстеження конструкцій тунелів з метою визначення їх здатності протистояти агресивній дії середовища.

У разі потреби може виникнути необхідність у виконанні робіт із захисту їх обробки від дії корозії.

Розглядаючи питання функціонування каналізаційних тунелів, слід зазначити, що їх експлуатаційна надійність та довговічність пов'язана з надійною експлуатацією оглядових шахт, що розташовані на них для їх обслуговування.

На час їх будівництва в країні були відсутні будівельні норми, які мали визначати відстані між оглядовими шахтами. Ці норми з'явилися пізніше, і внаслідок цього відстані між оглядовими шахтами на каналізаційних тунелях іноді досягають 1 км і більше. Таким чином, цей чинник став одним з основних, що утруднює ремонтно-відновлювальні роботи в тунелях на окремих ділянках, довжина яких, згідно з новими Державними будівельними нормами України, не повинна перевищувати 250-300 м.

Для того, щоб відстані між оглядовими шахтними стволами відповідали нормативним вимогам у найближчому майбутньому, необхідно побудувати понад 70 додаткових шахт.

Необхідно відзначити, що багато експлуатованих оглядових шахт на каналізаційних тунелях м. Харкова перебувають у передаварійному стані. В

окремих випадках стіни шахт мають руйнування внаслідок дії корозії до 50 % і більше.

Однією з головних задач, що вимагають вирішення, є їх обстеження і розроблення рішень із їх відновлення.

Усе це підтверджує актуальність обраної теми досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана в рамках наукової програми «Технологічне забезпечення надійності функціонування систем водопостачання і водовідведення» (державний реєстраційний номер РК 0116U006496), яка проводилася на кафедрі технології будівельного виробництва Харківського національного університету будівництва і архітектури.

Метою дисертаційної роботи є розроблення науково обґрунтованих організаційно-технологічних рішень, спрямованих на підвищення експлуатаційної довговічності комплексу споруд каналізаційних тунелів, що включають експлуатовані, дублюючі тунелі та оглядові шахти.

Задачі дослідження. Для досягнення мети в дисертаційній роботі поставлені такі задачі:

- дослідити стан конструкцій експлуатованих, дублюючих тунелів та оглядових шахт, а також чинники, що впливають на їх несучу здатність;
- розробити методики розрахунку та визначення несучої здатності пошкоджених конструкцій комплексу споруд каналізаційних тунелів. Виконати теоретичні розрахунки та запропонувати конструктивні рішення їх посилення для експлуатації в умовах агресивного середовища;
- дослідити методи відновлення та посилення конструкцій тунелів і оглядових шахт, а також виконати аналіз використовуваних для цих цілей матеріалів і конструкцій;
- розробити конструктивні, технологічні та організаційні рішення, що підвищують надійність і довговічність комплексу споруд каналізаційних тунелів.

Об'єкт дослідження. Технологічні процеси, що підвищують експлуатаційну довговічність комплексу споруд каналізаційних тунелів.

Предмет дослідження. Технологічні та організаційні параметри технологічних процесів ремонту та відновлення комплексу споруд каналізаційних тунелів.

Методи дослідження: бібліографічний пошук, натурні обстеження.

Напружено-деформований стан елементів захисного облаштування визначався за допомогою численних методів, реалізованих у програмних комплексах на базі методу скінченних елементів; дослідження корозійної стійкості композитного матеріалу проводилось експериментально.

Аналітичні методи опору матеріалів, будівельної механіки та механіки ґрунтів застосовано для проведення статичних розрахунків та визначення напружено-деформованого стану конструкцій оглядових шахт у нормальному технічному стані, після виникнення пошкоджень та після виконання підсилення. Метод скінченних елементів використано для виконання розрахунку несучої здатності шахт, що підсилені за допомогою торкет-бетонної

сорочки з армуванням композитною склопластиковою арматурою та за допомогою збірних залізобетонних панелей, що покриті шаром полімербетону.

Методи чисельного моделювання із використанням методу кінцевих елементів (МКЕ) застосовано для моделювання, розрахунку та аналізу напружено-деформованого стану конструкцій оглядових шахт колекторів, розташованих у тривимірному ґрунтовому масиві. Використання МКЕ дозволяє взяти до уваги основні розрахункові властивості ґрунту, виконати розрахунок у нелінійній постановці та урахувати спільну роботу конструкцій шахти і ґрунту, що найбільш повно відображає реальну роботу системи «оглядова шахта – ґрунт».

Добір складників важкого бетону здійснено відповідно до методик, які містяться у ДСТУ Б В. 2.7-215:2009 «Бетони. Правила добирання складу». Густина бетонної суміші визначали за методикою, викладеною у ДСТУ Б В. 2.7-114:2002 «Суміші бетонні. Методи випробувань». Міцність зразків бетону визначено за ДСТУ Б В. 2.7-214:2009 «Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками». Достовірність отриманих результатів забезпечено збігом результатів випробувань і аналітичних розрахунків.

Наукова новизна отриманих результатів:

- розроблено рекомендації щодо вибору матеріалів, конструкцій та методів виконання ремонтно-відновлювальних робіт, спрямованих на підвищення експлуатаційної довговічності комплексу споруд каналізаційних тунелів;

- з урахуванням розроблених рекомендацій прийнято конструктивні рішення щодо ремонту та відновлення каналізаційних тунелів та оглядових шахт на підставі розрахунку їх несучої здатності із застосуванням методу скінченних елементів;

- розроблено технологію ремонту та відновлення тунелів із використанням елементів, виготовлених із вторинних полімерних композитних матеріалів;

- виконано добір бетонної суміші високої щільності та проведено дослідження отриманих зразків для створення відсутньої обробки дублюючих каналізаційних тунелів;

- розроблено конструктивні, технологічні та організаційні рішення щодо ремонту та відновлення оглядових шахт на експлуатованих тунелях.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати, викладені в дисертаційній роботі, досягнуті здобувачем особисто. У основних наукових працях здобувачеві належать:

- аналіз стану каналізаційних тунелів Харкова;

- розробка технологічних рішень, які підвищують експлуатаційну довговічність оглядових шахт та каналізаційних тунелів;

- наукове обґрунтування та розробка технологічних та організаційних рішень щодо ремонту та відновлення тунелів з використанням елементів із вторинних полімерних композиційних матеріалів.

Практичне значення отриманих результатів:

- розроблено організаційно-технологічні рішення щодо ремонту та відновлення каналізаційних тунелів із використанням елементів із вторинних полімерних композитних матеріалів. Для зневоднення каналізаційного тунелю під час виконання ремонтно-відновлювальних розроблено рішення щодо прокладання всередині тунелю труби-катетера, яка транспортує стічні води від стартової до цільової шахти;
- проведено роботи з відновлення оглядових шахт із використанням композитної арматури та бетонної суміші, яка після набору міцності має якості протистояти агресивному середовищу;
- виконано лабораторні дослідження бетонних сумішей для їх застосування при створенні бетонної обробки дублюючих тунелів та заповнення міжстінного простору при використанні конструктивних елементів із вторинного полімерного композитного матеріалу.

Апробація матеріалів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на: IV Міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозощаджувальні технології в будівництві» (Харків, ХНУБА, 2016 р.), Міжнародній науково-технічній конференції «Ефективні технології у будівництві» (Київ: КНУБА, 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Транспортування води централізованими системами комунального господарства. Час нових рішень» (Чорноморськ, ДП «НДКТІ МГ», 2016 р.), VII Всеукраїнському науковому семінарі «Методи підвищення ресурсу інженерних інфраструктур» (Харків, ХНУБА, 2016 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна та техногенна безпека населених пунктів України. Проблеми утилізації та видалення побутових і промислових відходів» (Харків, НЮА ім. Ярослава Мудрого, 2016 р.), 71-й та 72-й науково-технічних конференціях Харківського національного університету будівництва та архітектури (2016 р., 2017 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 19 друкованих праць, з яких: 7 – у збірках і журналах, рекомендованих Міністерством освіти і науки України для публікації результатів дисертаційних досліджень, з них 3 – у збірках, які включені в наукометричні бази; 7 опублікованих праць апробаційного характеру і 5 додаткових публікацій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, кожний з яких містить окремий список використаних джерел інформації (у першому – 41 джерело, другому – 31, третьому – 45, четвертому – 46), загальних висновків та рекомендацій, двох додатків. Робота викладена на 206 сторінках, містить 91 рисунок і 29 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету і завдання досліджень; визначено об'єкт і предмет досліджень, вказано методи досліджень, наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення;

описано особистий внесок здобувача; наведено структуру і обсяг дисертаційної роботи.

У **першому розділі** розглянуто проблеми безаварійної експлуатації об'єктів, що входять до комплексу споруд каналізаційних тунелів Харкова. Приділена увага конструктивним рішенням тунелів, що експлуатуються на протязі багатьох десятиріч, дублюючих тунелів та оглядових шахт. Показано що із 46 км тунелів, які знаходяться в експлуатації, 31 км прокладено з використанням щита ПЩ-2,6. Основними конструкціями тунелів є залізобетонні тубінги та внутрішня обробка, яка виконана із монолітного залізобетону. Дублюючі тунелі, при будівництві яких використовувався щит ПЩ-3,2, мають аналогічні конструктивні рішення.

В роботі приведені конструктивні рішення оглядових шахт, які були збудовані з монолітного залізобетону. Приведені дані, що свідчать про неремонто- та «неоглядопридатність» тунелів. Причиною цього є: по-перше – відстань між оглядовими шахтами, яка набагато перевищує показники закладені в будівельних нормах, по-друге – відсутність кільцювання основних і дублюючих тунелів, будівництво яких до цього часу не закінчено.

В **першому розділі** виконано аналіз наукових праць, які присвячені питанням експлуатації, ремонту та відновленню тунелів та оглядових шахт. Значна увага вирішенню цих задач приділена в наукових працях Е.С. Обухова, В.І. Бабушкіна, І.О. Абрамовича, Д.Ф. Гончаренка, І.В. Корінька, Ю.Б. Клейна, А.В. Коваленко, Ф.В. Кармазінова, В.І. Орлова, Н.К. Розенталя, Д. Штайна, Р. Штайна, А. Бегма, Р. Білетті та інших.

Аналіз наукових праць вітчизняних та закордонних вчених показав, що проблема підвищення довговічності каналізаційних тунелів, до складу яких входять основні та дублюючі тунелі, оглядові шахти та ділянки кільцювання, повинна розв'язуватися комплексно з урахуванням поточної ситуації.

У **другому розділі** виконано аналіз стану конструкцій об'єктів, що входять до комплексу споруд каналізаційних тунелів. Розглянуто чинники, що ведуть до відмови функціонування тунелів та оглядових шахт. Проведені наукові дослідження В.О. Юрченко, Н.К. Розенталем, С.Д. Паркером та іншими вченими, показують, що корозія бетону в газовому середовищі колекторів стічних вод розвивається внаслідок дії сірчаної кислоти, що продукується аеробними тіоновими бактеріями. Крім цього, окиси вуглецю, сірки, азоту чинять вплив на корозійний стан бетону. Приведений механізм перебігу сірчано-кислотної корозії частково заповненого тунелю в розрізі. На представлених в розділі ілюстраціях приведені приклади руйнації склепової частини каналізаційних тунелів Харкова.

Як показав досвід експлуатації каналізаційних тунелів Харкова, залізобетонні конструкції оглядових шахт схильні до швидшого руйнування, ніж конструкції пов'язаних з ними тунелів. Наведені в роботі результати обстеження оглядових шахт діючих каналізаційних тунелів свідчать, що більшість із них знаходиться в передаварійному стані.

Аналіз стану конструкцій дублюючих тунелів, які до цього часу не введені в експлуатацію, показав, що вони в багатьох місцях не мають

залізобетонної обробки, в окремих місцях відсутня герметизація стиків тубінгів, внаслідок чого спостерігається інфільтрація ґрунтових вод. Проектні показники характеристик залізобетонних конструкцій дублюючих тунелів (табл. 1) не відповідають нормативним показникам діючих ДБН України.

Таблиця 1

Характеристики залізобетонних конструкцій Головного дублюючого тунелю

Вид конструкції	Клас міцності на стиснення		Водонепроникність W		Морозостійкість F	
	нормативний	проектний	нормативна	проектна	нормативна	проектна
Залізобетонні блоки обробки суцільні або ребристі	B 30	B 25	12	4	75	100
Залізобетонні блоки обробки монолітні	B 25					
Бетонні обробки монолітні	B 15	B 15	12	4	75	100
Внутрішні бетонні та залізобетонні конструкції монолітні	B 15					
Внутрішні залізобетонні конструкції збірні	B 25					
Попередньо напружені залізобетонні конструкції	B 25					

В даному розділі приведено аналіз досліджень, присвячених питанням зниження впливу агресивного середовища на конструкції каналізаційних тунелів. Розглянуті особливості проведення ремонтно-відновлювальних робіт в умовах агресивного середовища, яке має місце в каналізаційних тунелях та оглядових шахтах.

Третій розділ присвячений дослідженню матеріалів та методів ремонту та відновлення конструкцій комплексу споруд каналізаційних тунелів.

Розглянуто вимоги до матеріалів та конструкцій, які експлуатуються в умовах надводного простору каналізаційних тунелів. В роботі підкреслено, що методи і матеріали, які використовуються для їх експлуатації в умовах агресивного середовища називають методами пасивного захисту, оскільки їх застосування, як правило, можливе або на стадії будівництва, або при ремонті та відновленні споруд. Особлива увага при виборі матеріалів для захисту від

корозії в роботі приділена водонепроникності бетону. При цьому ефективним є застосування кислотостійких та полімер бетонів. Приведені склади кислотостійких та полімерсилікатних бетонів на рідкому склі, які були розроблені вченими ХНУБА.

Високу ефективність має розроблена під керівництвом проф. В.І. Бабушкіна спільно з фірмою «Віа-Телос» (Харків) проникна гідроізоляція «Віатрон», яка успішно пройшла багаторічну апробацію при захисті конструкцій від корозії на багатьох об'єктах різного призначення (табл. 2).

Таблиця 2

Фізико-механічні характеристики захисного складу «Віатрон»

Показник	Розмірність	Величина
Міцність при згині	МПа	45-50
Міцність при стисненні	МПа	7-8
Морозостійкість	цикли	300-400
Водонепроникність	МПа	1,2-1,6
Адгезія до бетону	МПа	2,0-2,5
Водопоглинання	%	Менше 1

Значна увага приділена методам ремонту та відновлення залізобетонних конструкцій каналізаційних тунелів. Розглянуті метод ремонту за схемою «труба в трубі» з використанням поліетиленових труб SPIRO, склопластикових та базальтопластикових труб з ін'єктуванням міжтрубного простору. Приведені технологічні схеми транспортування та установки труб в пошкодженій корозією тунель. Розглянуто застосування для ремонту та відновлення тунелю закритого методу за допомогою спіраль-навивної технології SPR (Sewage Pipe Renewal), яка дозволяє виконувати роботи при частковій наявності в тунелі стічних вод. Розглянуто розроблений в Англії метод протягування в пошкодженій тунель шлангового рукава діаметром до 2600 мм при довжині протягування 600 м, а також відомі за кордоном технології KM Liner, Inpipe, Trolining та інші.

При дослідженні методів ремонту та відновлення оглядових шахт розглянуто вітчизняні технології з використанням захисного покриття «Адгезив», «Кальматрон», «VMX-Базальт», профільованого поліетилену, шлаколитих панелей, цегляної кладки з використанням розчину на сульфатостійкому цементі. Приведені приклади із закордонного досвіду захисту стін оглядових шахт з використанням поліуретану «PUR Bautec» та поліетиленової плівки «AGRUSAFE».

Четвертий розділ присвячено розробці технічних та організаційно-технологічних рішень, що підвищують експлуатаційну довговічність каналізаційних тунелів. В роботі обґрунтовано вибір вторинних полімерних композиційних матеріалів (ВПКМ) для ремонту та відновлення каналізаційних тунелів. Перспективним напрямком вирішення проблеми накопичення полімерних матеріалів, як і відходів інших видів, є рециклінг полімерів, тобто повернення використаних полімерів у виробництво, створення замкнутих циклів обороту сировини. Проведені дослідження ефективності використання

ВПКМ дозволили зробити висновок, що основні види полімерних матеріалів, їх суміші та композиції на їх основі придатні для виготовлення великогабаритних виробів з високими експлуатаційними характеристиками.

Враховуючи сучасні технологічні можливості вторинної переробки полімерів і виробництво виробів із вторинних композиційних матеріалів, в роботі запропоновано спосіб відновлення каналізаційних тунелів, основними особливостями якого є:

використання вторинної полімерної сировини для виготовлення виробів;
збірність конструкції захисного покриття з окремих елементів, що сполучаються за рахунок кромки із «замковими» стиками (рис. 1, 2).

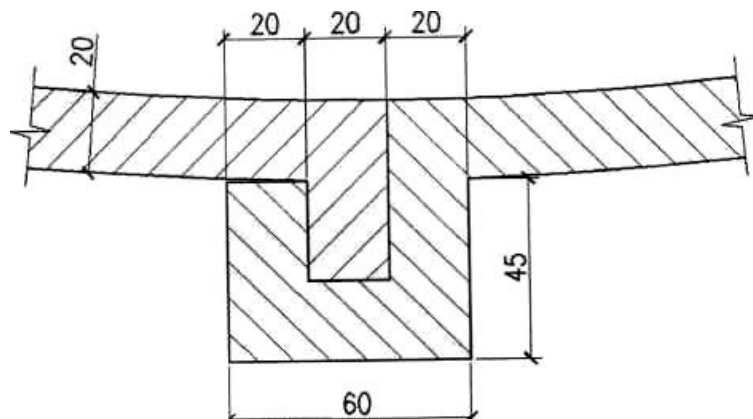


Рис. 1. Замкове з'єднання елементів по довжині

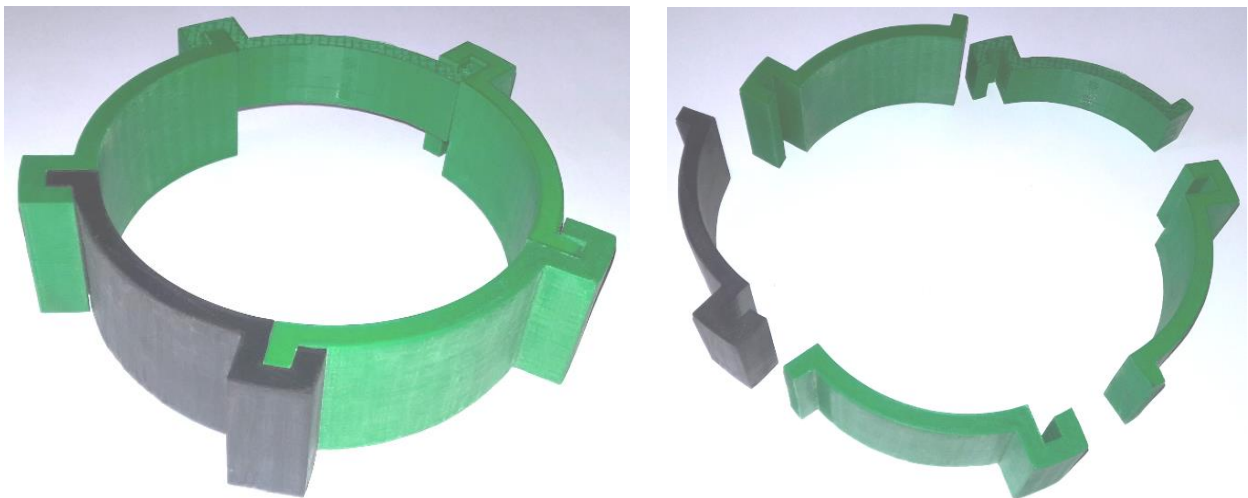


Рис. 2. Конструкція обробки тунелю з ВПКМ у масштабі 1:10

Технологічний цикл виконання робіт із відновлення тунелів складається з таких основних етапів:

- 1) очищення і підготовка внутрішніх поверхонь конструкцій обробки тунелю (рис. 3, а);
- 2) армування міжтрубного простору в разі необхідності посилення (рис. 3, б);
- 3) монтаж елементів облицювального покриття із вторинних полімерних композитних матеріалів (рис. 3, в);
- 4) заповнення міжтрубного простору методом ін'єктування (рис. 3, г).

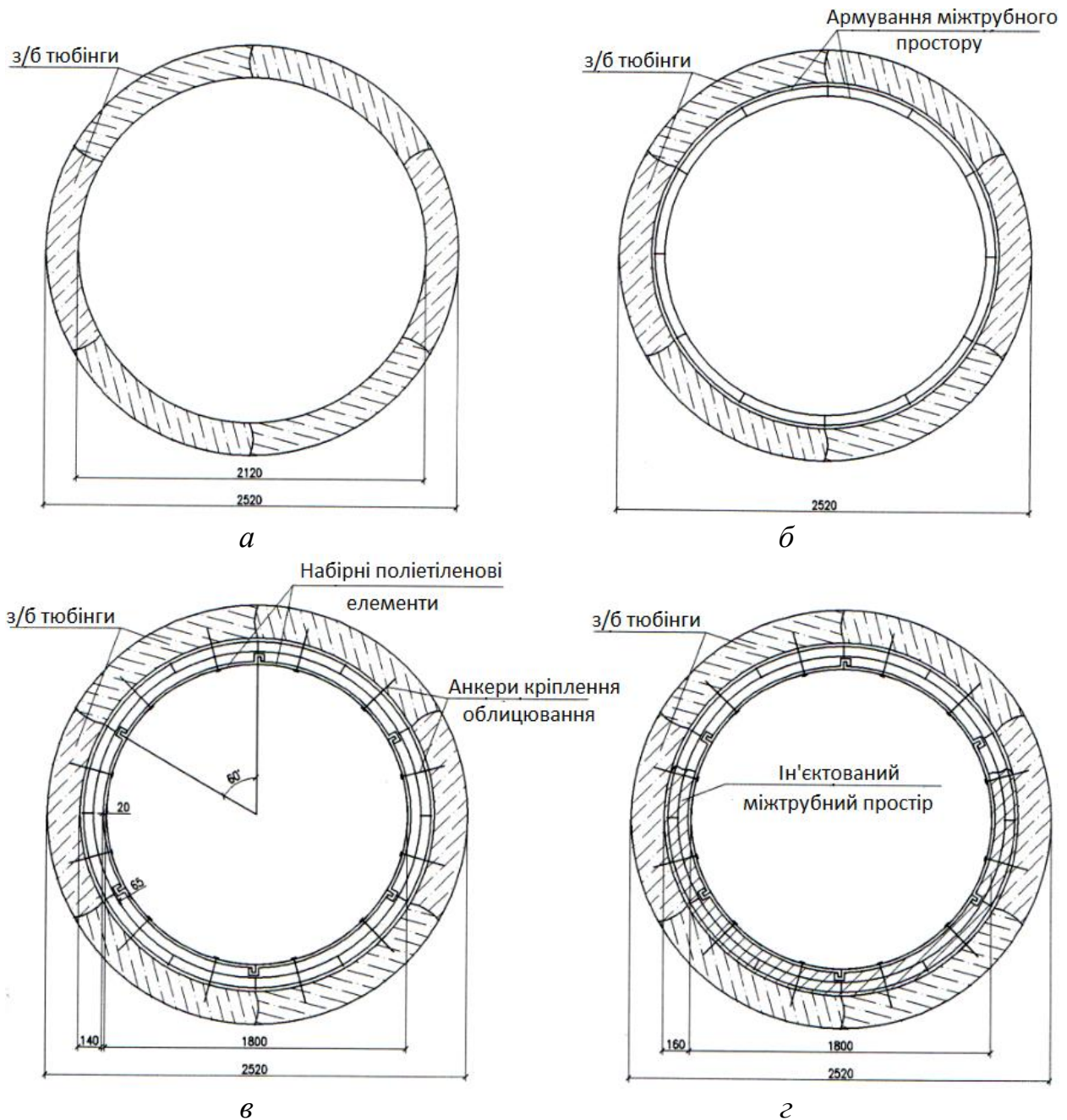


Рис. 3. Етапи відновлення каналізаційного тунелю з використанням елементів із вторинних полімерних композитних матеріалів:

а – очищення і підготовка внутрішньої поверхні (I етап); *б* – армування міжтрубного простору (II етап); *в* – встановлення композитних елементів облицювального покриття (III етап); *г* – бетонування міжтрубного простору методом ін'єктування (IV етап)

На рис. 4 представлено конструктивну схему відновлення каналізаційного тунелю з використанням елементів із вторинних полімерних композитних матеріалів.

В основі цього методу лежить довговічність конструкції, що зумовлюється товщиною утворюваного полімерного покриття (близько 20 мм) і стійкістю матеріалу до дій характерного для систем каналізації агресивного середовища.

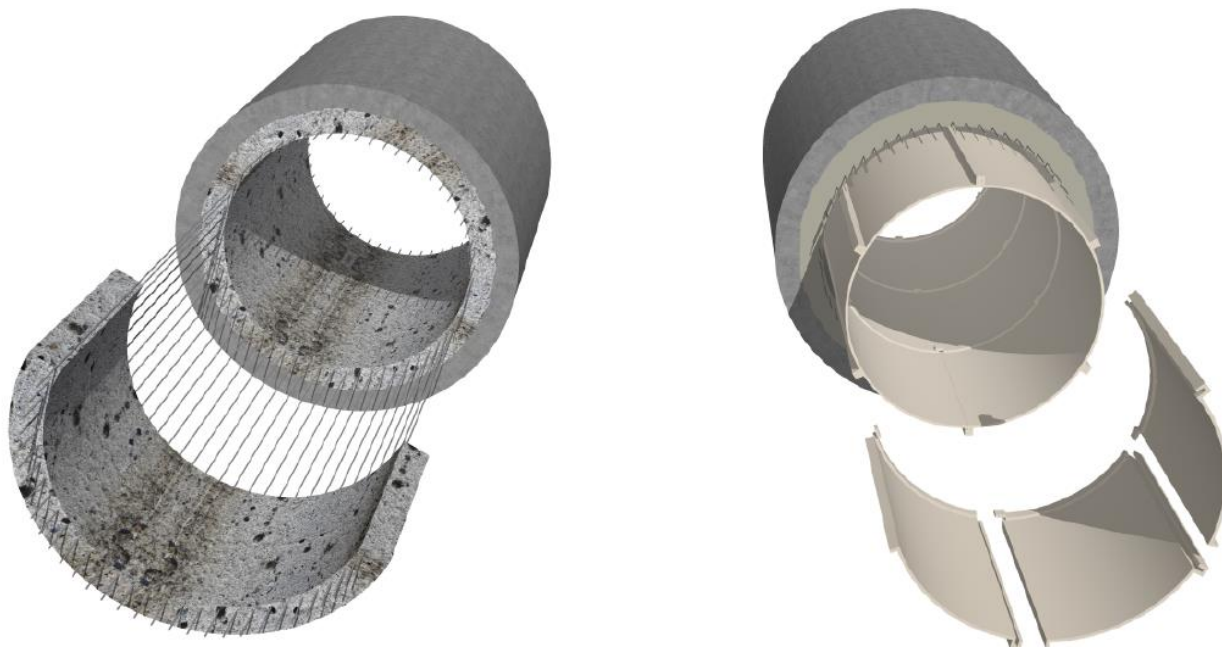


Рис. 4. Технологічна схема відновлення тунелю

Запропонований спосіб відновлення каналізаційних тунелів із застосуванням виробів із вторинних полімерних композитних матеріалів відповідає необхідним вимогам і має широкі можливості застосування, завдяки чому є конкурентоспроможною альтернативою наявним способам і забезпечує можливість економічно ефективного рішення проблеми відновлення надійності каналізаційних тунелів великих міст.

Крім того, цей метод відновлення має низку переваг:

- не потрібні значні розміри шахт для подання елементів у ствол тунелю;
- технологічність, точність і простота монтажу, що забезпечується за рахунок точності виготовлення елементів у заводських умовах.

Проведено розрахунок захисної обробки тунелю, виконаного з композитних полімерних елементів.

Розрахунок виконувався для визначення необхідної товщини захисної обробки і розроблення технологічного процесу відновлення каналізаційного колектора з проектним діаметром 1840 мм.

Початкові положення, прийняті в розрахунках:

1. Несуча здатність залізобетонної обробки приймається забезпеченою;
2. Як розрахункові випадки для захисної обробки з полімерних елементів приймаються такі умови навантаження:
 - а) зовнішній гідростатичний тиск бетонної суміші при бетонуванні міжтрубного простору;
 - б) зовнішній гідростатичний тиск води, що фільтрується в ґрунті і проникає крізь залізобетонну конструкцію кріплення.

Розрахунок виконувався методом скінченних елементів в ПК СКАД.

Розрахункова схема є фрагментом циліндричної оболонки діаметром 1,8 м і довжиною 1,2 м, що складається з плоских чотирикутних кінцевих елементів оболонки (тип КЕ – 44) з розмірами 0,12×0,12 м.

Граничні умови прийнято у вигляді зв'язків і об'єднань переміщень (шляхом введення жорстких тіл) у вузлах, розташованих по периметру крайніх перерізів даної ділянки, що відповідає шарнірній сполуці суміжних ділянок захисної обробки з тимчасовим (на період бетонування) підкріпленням жорсткими діафрагмами.

Прийняті такі параметри кінцевих елементів розрахункової схеми:

товщина – 30 мм;

модуль деформації $E=1,4 \cdot 10^4$ МПа;

коефіцієнт Пуассона $\nu=0,3$.

Межу міцності при розтягуванні для полімерного матеріалу прийнято 170 МПа.

Виконані розрахунки показали, що конструкція запропонованого варіанту захисної обробки каналізаційних тунелів із набірних композитних полімерних виробів при застосуванні технологічних заходів (тимчасового кріплення діафрагмами на період бетонування міжтрубного простору) має необхідну міцність і жорсткість, що дозволяє забезпечити відсутність істотних деформацій при бетонуванні міжтрубного простору.

Товщину елементів захисної обробки для відновлення каналізаційного тунелю з проектним діаметром 1840 мм рекомендується приймати не менше 20-30 мм з можливим збільшенням до 40-50 мм, виходячи з технологічних вимог, а також з урахуванням конструкції вузлів поздовжніх і кільцевих сполучень елементів.

Технологія виконання робіт у каналізаційному тунелі з внутрішнім діаметром 1840 мм для ділянки довжиною 300 м передбачає такі етапи:

тимчасове перекриття транспортування стічних вод;

монтаж конструкції перекриття тунелю, що входить до стартової шахти і не підлягає санації, з улаштуванням у перекритті входу труби-катетера;

монтаж у стартовій шахті на трубі-катетері однієї засувки при транспортуванні стічних вод у трубі діаметром 600 мм, двох засувок та між ними насоса для труби діаметром 300 мм;

монтаж труби-катетера в тунелі, що підлягає відновленню, від стартової до цільової шахти;

транспортування стічних вод через трубу-катетер;

підготовка склепової та лотокової частини тунелю до монтажних робіт;

монтаж трубопроводу із плоских, заздалегідь виготовлених у заводських умовах, конструкцій із ВПКМ

заміна по ходу виконання монтажних робіт опорних частин труби-катетера з початкового їх спирання на лотокову частину тунелю з подальшим спиранням на лотокову частину труби, складеної з елементів ВПКМ;

ін'єктування міжстінного простору бетонною сумішшю за допомогою бетононасоса.

На рис. 5 представлено схему ремонтно-відновлювальних робіт при застосуванні однієї засувки для труби-катетера діаметром 600 мм.

На рис. 6 представлено графік виконання робіт для розглянутої технології ремонтно-відновлювальних робіт із діаметром труби-катетера 600 мм.

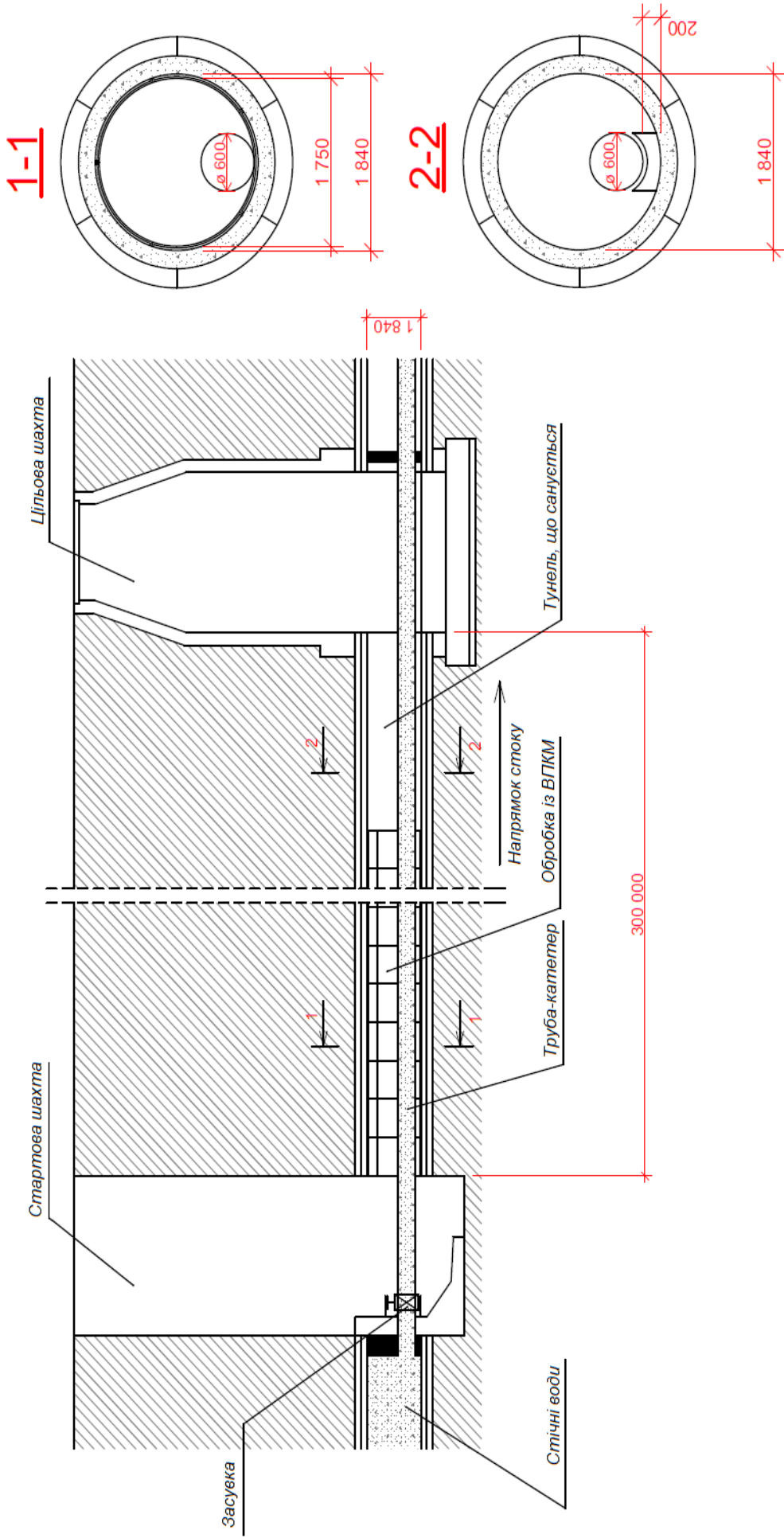


Рис. 5. Технологічна схема ремонтно-відновлювальних робіт із транспортування стічних вод через трубу-катетер діаметром 600 мм

Згідно з розробленими конструктивними рішеннями простір між знову зводжуваною конструкцією з вторинних полімерних композитних матеріалів і пошкодженою корозією конструкцією заповнюється бетонною сумішшю.

Розрахунок економічної ефективності розробленого рішення показав, що вартість одного погонного метра конструкцій із ВПКМ становить близько 2000 грн; вартість труб з поліетилену – 17210 грн на погонний метр; склопластикових труб – 24140 грн на погонний метр.

Розроблена технологія ремонтно-відновлювальних робіт із відновлення стін оглядових шахт дозволила з незначними трудовими і матеріальними витратами відновлювати стіни шахт. При цьому виконано роботи з використанням торкрет-бетонних установок, розроблених ученими ХНУБА. При виконанні цих робіт застосовано композитну арматуру для армування пошкоджених корозією стін і дібрано склад корозійностійкої бетонної суміші.

Для влаштування монолітної залізобетонної обробки дублюючих тунелів було дібрано склади бетонної суміші, в яких для досягнення високої структурної щільності було запропоновано комбінацію з цементу і золи-виносу в кількості 15 % від маси цементу і гідрофобної добавки Sika-1 у кількості 0,8 % від ПЦ. Гідрофобна добавка повинна вводитися з водою зачнення.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі науково обґрунтовано та розроблено організаційно-технологічні рішення, спрямовані на підвищення експлуатаційної довговічності комплексу споруд каналізаційних тунелів.

1. Проведені дослідження показали, що каналізаційні тунелі великих міст України зношені внаслідок тривалої експлуатації, неефективних рішень щодо захисту конструкцій від впливу агресивного середовища, низької якості матеріалів і конструкцій, які застосовувались під час будівництва. Відновлення нормативних експлуатаційних характеристик, підвищення довговічності каналізаційних тунелів – витратна і технічно складна задача, вирішення якої гостро необхідне для запобігання аваріям, у тому числі таким, що мають серйозні екологічні наслідки. Існуючі сучасні технології виконання робіт, матеріали та конструкції, що застосовуються для ремонтно-відновлювальних робіт із різною ефективністю, вирішують ці задачі, разом з тим потреба зниження витрат на ремонтно-відновлювальні роботи вимагає пошуку економічно ефективних матеріалів, конструкцій та методів виконання робіт.

2. Основними факторами, які не дозволяють ефективно виконувати ремонтно-відновлювальні роботи в каналізаційних тунелях міста Харкова, є:

- відсутність кільцювання мережі каналізаційних тунелів із включенням до мережі кільцювання дублюючих тунелів, які до цього часу не експлуатуються. Це не дає можливості вести роботи в тунелях за умов відсутності стічних вод;

- на сьогодні відстані між оглядовими шахтами на каналізаційних тунелях у 3-4 рази перевищують нормативні, що пояснюється відсутністю держаних норм на момент їх будівництва. Відстань між оглядовими шахтами,

яка в окремих випадках перевищує 1 км, по-перше – погіршує експлуатацію тунелів через неможливість їх вентиляції, по-друге – ускладнює виконання робіт з їх ремонту та відновлення.

3. Виконаний аналіз факторів, які ведуть до руйнації залізобетонних конструкцій тунелів та оглядових шахт на прикладі мереж водовідведення м. Харкова, підтвердив висновки вітчизняних та зарубіжних фахівців, що основною причиною руйнації конструкцій є утворення сірководню в склеповій частині тунелю та оглядових шахтах, який ініціює біогенну сірчаноокислотну агресію.

4. При дослідженні матеріалів і конструкцій, які дозволяють підвищити корозійностійкість конструктивних елементів тунелів і шахт, встановлено, що особлива увага повинна приділятися бетонним сумішам із хімічними добавками, полімерним матеріалам і конструкціям. Одним із ефективних методів ремонту та відновлення тунелів є «метод вставок» із застосуванням поліетиленових, склопластикових та базальтопластикових труб.

5. Проведені дослідження показали, що не тільки поліетилен, але і матеріали, виготовлені із вторинних полімерних композитних матеріалів, є достатньо ефективними для захисту конструкцій від корозії. З використанням результатів досліджень, отриманих фахівцями КП «Харківводоканал», в роботі розроблено технологію ремонту та відновлення тунелів із використанням елементів, виготовлених із вторинних полімерних композитних матеріалів. Організаційно-технологічні рішення ремонту тунелів передбачають захист конструкцій від корозії шляхом монтажу кільця із цих елементів із попереднім армуванням міжстінного простору та подальшим ін'єктуванням цього простору бетонною сумішшю класу В25.

Попередній розрахунок носійної здатності нової конструкції, з використанням методу скінченних елементів, показав її високу носійну спроможність.

Розроблена технологія відновлення тунелів із використанням конструкцій із вторинних полімерних композитних матеріалів дозволяє виконувати роботи не на всій протяжності тунелю, а на окремих його ділянках у разі часткового пошкодження його склепової частини. Використання труби-катетера для транспортування стічних вод дає можливість проводити роботи в умовах відсутності стічних вод у тунелі. При цьому виконання обробки із великоформатних листів, виготовлених із ВПКМ, можна здійснювати без демонтажу труби-катетера в оглядовій шахті. У цьому полягає відмінність від технології робіт із використанням труб із поліетилену або склопластику, коли при кожній подачі труби у відновлюваний тунель необхідно демонтувати трубу-катетер в оглядовій шахті з подальшим, після подачі труби, її відновленням.

Розрахунок економічної ефективності розробленого рішення показав, що вартість одного погонного метра конструкцій з ВПКМ становить близько 2000 грн.; вартість труб з поліетилену – 17 210 грн на погонний метр; склопластикових труб – 24 140 грн на погонний метр.

6. Для ремонту та відновлення частково зруйнованих стін оглядових шахт у роботі для армування застосовано композитну арматуру та бетонну суміш на сульфатостійкому цементі, яка наноситься за допомогою торкрет-бетонних установок. При ремонті та відновленні стін, які зазнали пошкодження більш ніж на 50 %, застосовано стінні панелі з покриттям із внутрішньої сторони полімербетоном. Розрахунок носійної здатності конструкцій, виконаний з використанням методу скінченних елементів, показав їх високу носійну здатність.

7. Для підготовки до експлуатації дублюючих тунелів, водонепроникність конструкцій яких не відповідає нормативним вимогам, у роботі дібрано склад бетонної суміші, в якій для досягнення високої структурної щільності запропоновано комбінацію із золи-виносу в кількості 15 % від маси цементу та гідрофобної добавки Sika-1 в кількості 0,8 % від ПД. Зразки було досліджено в лабораторії, що підтвердило їх проектну міцність. Нанесення бетонної суміші на стіни дублюючих тунелів передбачається або торкрет-бетонними установками, або з використанням тунельної опалубки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у спеціалізованих виданнях України:

1. Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В., Гармаш А.А. Состояние канализационных сетей Харькова // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. – Вип. 2(80). – С. 75-78. *(Особистий внесок: дослідження корозії залізобетонних конструкцій каналізаційних мереж Харькова, як основного фактору, що призводить до їх руйнації).*

2. Гончаренко Д.Ф., Яровой Ю.Н., Перепелица Е.А., Гармаш А.А. Разработка конструктивных, технических и организационных решений по восстановлению смотровых шахт канализационных тоннелей // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ПДАБА, 2016. – Вип. 12. – С. 10-19. *(Особистий внесок: рекомендації щодо технології ремонту та відновлення стін оглядової шахти з використанням композитної арматури та торкретбетонування корозійностійкими бетонними сумішами на основі сульфатостійких цементів).*

3. Гончаренко Д.Ф., Убийвовк А.В., Гармаш А.А. Конструктивные, технологические решения восстановления канализационных тоннелей с использованием элементов из вторичных полимерных композитных материалов // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ПДАБА, 2017. – Вип. 1. – С. 37-42. *(Особистий внесок: рекомендації щодо використання конструкцій із вторинних полімерних композитних матеріалів для відновлення та ремонту пошкоджених корозією тунелів діаметром 1840 мм; детальне дослідження технологічної послідовності робіт).*

4. Перепелица Е.А., Гармаш А.А. Технические решения по восстановлению смотровой шахты канализационного тоннельного коллектора в г. Харькове // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ,

2017. – Вип. 87(1). – С. 116-120. *(Особистий внесок: доведення ефективності використання для відновлення стін оглядової шахти залізобетонних панелей з захисним покриттям із полімербетону, який в змозі протистояти корозії).*

Публікації у виданнях іноземних держав та у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз:

5. Гончаренко Д., Бондаренко Д., Гармаш А. Восстановление разрушенного коллектора в г. Харькове // MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin, 2015. – Vol. 17. – № 6. – S. 69-76. **(Видання включено у МНБД Index Copernicus)**. *(Особистий внесок: визначено технологічну послідовність ліквідації аварії на каналізаційному тунелі; запропоновано декілька варіантів відновлення склепової частини тунелю, крім того, що прийнятий до впровадження).*

6. 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. **(Видання включено у МНБД Scopus)**. *(Особистий внесок: детальне дослідження причин, що привели до обвалення залізобетонного тубінгу; рекомендації щодо технологічних рішень із тимчасового підсилення склепової частини біля місця руйнування).*

7. Гончаренко Д., Гармаш А., Булгаков В. Пути повышения эксплуатационной надежности канализационных тоннелей // MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin, 2016. – Vol. 18. – № 6. – S. 3-10. **(Видання включено у МНБД Index Copernicus)**. *(Особистий внесок: аналіз технологічних особливостей ремонту та відновлення каналізаційних тунелів з використанням методу «вставок»; детальне дослідження технологічної послідовності робіт з використанням цього методу).*

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

8. Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В., Булгаков Ю.В., Гармаш А.А. Методы восстановления разрушенного коллектора в г. Харькове // Промислове будівництво та інженерні споруди: Наук.-виробн. журнал. – Київ, 2015. – Вип. 3. – С. 2-10. *(Особистий внесок: обґрунтування доцільності виконання ремонту та відновлення склепової частини колектора шляхом його часткового облицювання з використанням композитної арматури; виконання статичного розрахунку монолітної залізобетонної обробки).*

9. Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В., Бондаренко Д.А., Гармаш А.А. Эффективный метод ремонта и восстановления канализационных тоннелей // Промислове будівництво та інженерні споруди: Наук.-виробн. журнал. – Київ, 2016. – Вип. 3. – С. 33-36. *(Особистий внесок: дослідження модифікацій SPR методу та ефективності його застосування для санації тунелів частково заповнених стічними водами).*

10. Гончаренко Д.Ф., Бондаренко Д.А., Булгаков В.А., Гармаш А.А. К вопросу обеспечения ремонтпригодности канализационных тоннелей в

г. Харькове // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. – Вип. 2(84). – С. 144-148. *(Особистий внесок: аналіз стану каналізаційних тунелів Харкова з точки зору їх придатності до огляду та ремонту; обґрунтування необхідності кільцювання тунелів та підтримки надійного стану головного дублюючого тунелю; дослідження етапів кільцювання).*

11. Гармаш А.А. Организационные и технологические задачи ремонта и восстановления конструкций комплекса сооружений канализационных тоннелей г. Харькова // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. – Вип. 3(85). – С. 85-87.

12. Перепелица Е.А., Яровой Ю.Н., Гончаренко Д.Ф., Гармаш А.А. Обследование шахты № 10 канализационного тоннельного коллектора 761-го микрорайона в г. Харькове // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2016. – Вип. 4(86). – С. 94-97. *(Особистий внесок: обґрунтування ефективності застосування гідроізолюючого матеріалу «Пенетрон» для покращення адгезії існуючого шару стіни шахти та нового, який наноситься за допомогою торкретування; визначення товщини шару, що наноситься, з точки зору ефективності ремонтно-відновлювальних робіт).*

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

13. Гончаренко Д.Ф., Гармаш О.О. Фактори, що визначають ремонтоздатність каналізаційних тунелів // Тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції «Ефективні організаційно-технологічні рішення та енергозберігаючі технології в будівництві». – Харків, ХНУБА, 2016. – С. 22-23. *(Особистий внесок: аналіз стану каналізаційних тунелів м. Харкова, детальне вивчення можливості проведення в них оглядових та ремонтно-відновлювальних робіт).*

14. Гончаренко Д.Ф., Гармаш А.А. Факторы, влияющие на эксплуатационную долговечность свода канализационных тоннелей // Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Ефективні технології в будівництві». – Київ: КНУБА, 2016. – С. 44. *(Особистий внесок: аналіз стану склепових частин тунелів та дослідження основних факторів, що призводять до їх руйнації).*

15. Гончаренко Д.Ф., Гармаш О.О. Методи відновлення конструкцій каналізаційних тунелів // Тези доповідей 71-ї науково-технічної конференції ХНУБА. – Харків: ХНУБА, 2016. – С. 10. *(Особистий внесок: обґрунтування ефективності використання бетонної суміші з синтетичними волокнами, якими є поліпропілен, поліакрил, базальт, а також комплексної добавки ХНЧ, для ремонту зруйнованої корозією поверхні склепіння).*

16. Гончаренко Д.Ф., Гармаш А.А. Технологические решения восстановления сводовой части канализационных тоннелей глубокого заложения // Збірка матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Транспортування води централізованими системами комунального господарства. Час нових рішень». – Чорноморськ: ДП «НДКТІ МГ», 2016. – С. 19-22. *(Особистий внесок: дослідження варіантів рішень по відновленню склепової частини тунелів глибокого залягання).*

17. Гончаренко Д.Ф., Гармаш А.А. Комплексное решение задач обеспечения надежного функционирования канализационных тоннелей г. Харькова // Тезисы доклада VII Всеукраїнського наукового семінару «Методи підвищення ресурсу інженерних інфраструктур». – Харків: ХНУБА, 2016. – С. 89-90. (*Особистий внесок: доведення ефективності методів, які дозволяють успішно функціонувати каналізаційним тунелям за умови їх кільцювання з дублюючими тунелями*).

18. Гончаренко Д.Ф., Гармаш А.А. Канализационные тоннели Харькова – проблемы и пути их решения // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Экологическая и техногенная безопасность населенных пунктов Украины. Проблемы утилизации и удаление бытовых и промышленных отходов». – Харьков: НЮУ им. Ярослава Мудрого, 2016. – С. 31-33. (*Особистий внесок: дослідження перспектив вирішення задач по надійній експлуатації каналізаційних тунелів*).

19. Гончаренко Д.Ф., Гармаш О.О. Технологія відновлення склепової частини каналізаційних тунелів // Тезисы доповідей 72-ї науково-технічної конференції ХНУБА. – Харків: ХНУБА, 2017. – С. 43-44. (*Особистий внесок: обґрунтування доцільності застосування важкого дрібнозернистого бетону класу В30 при використанні методу «труба в трубі» для заповнення міжтрубного простору; надання рекомендацій щодо технології нагнітання суміші*).

АНОТАЦІЯ

Гармаш О.О. Організаційно-технологічні рішення, що забезпечують експлуатаційну довговічність комплексу споруд каналізаційних тунелів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.08 «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва» (19 – Архітектура та будівництво). – Харківський національний університет будівництва та архітектури, Харків, 2017.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню задач забезпечення експлуатаційної довговічності комплексу споруд каналізаційних тунелів шляхом розробки ефективних технічних, технологічних та організаційних рішень їх ремонту та відновлення. Розглянуто конструктивні рішення тунелів, які майже півстоліття знаходяться в експлуатації, дублюючих тунелів та оглядових шахт. Розглянуто стан конструкцій тунелів та оглядових шахт, факторів, що обумовлюють їх довговічність, в першу чергу – вплив корозії на стан конструкцій тунелів та шахт. Особливу увагу приділено питанням ремонтпридатності тунелів, що викликано значними відстанями між шахтами та відсутністю кільцювання основних та дублюючих тунелів.

Розглянуто технології, матеріали та конструкції, які дозволяють запобігати руйнівним корозійним процесам.

В роботі запропоновано застосування при ремонтно-відновлювальних роботах в тунелях конструктивних елементів із вторинних полімерних композиційних матеріалів (ВПКМ). Розроблено технічні та організаційно-технологічні рішення облицювання внутрішньої поверхні тунелів з використанням конструкцій із ВПКМ, композитної арматури та кислотостійкого бетону для заповнення між стінного простору. Розроблено методику розрахунку конструкції облицювання.

Розроблено технічні, та організаційно-технологічні рішення ремонту та відновлення оглядових шахт на діючих тунелях.

Виконано дослідження корозійностійких бетонів для улаштування відсутньої обробки в дублюючих тунелях та ремонту оглядових шахт.

В роботі обґрунтовано економічну ефективність запропонованих технічних та організаційно-технологічних рішень.

Ключові слова: каналізаційні тунелі, шахти, корозія залізобетонних конструкцій, методи ремонту, полімерні матеріали, бетонні суміші, організаційно-технологічні рішення.

АННОТАЦИЯ

Гармаш А.А. Организационно-технологические решения, обеспечивающие эксплуатационную долговечность комплекса сооружений канализационных тоннелей. – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.08 «Технология и организация промышленного и гражданского строительства» (19 – Архитектура и строительство). – Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков, 2017.

Диссертационная работа посвящена решению задач обеспечения эксплуатационной долговечности комплекса сооружений канализационных тоннелей путем разработки эффективных технических, технологических и организационных решений их ремонта и восстановления. Рассмотрены конструктивные решения тоннелей, которые почти полвека находятся в эксплуатации, дублирующих тоннелей и смотровых шахт. Рассмотрено состояние конструкций тоннелей и смотровых шахт, факторов, обуславливающих их долговечность, в первую очередь – влияние коррозии на состояние конструкций тоннелей и шахт. Особое внимание уделено вопросам ремонтпригодности тоннелей, которые вызваны значительными расстояниями между шахтами и отсутствием кольцевания основных и дублирующих тоннелей.

Рассмотрены технологии, материалы и конструкции, позволяющие противостоять разрушительным коррозионным процессам.

В работе предложено применение при ремонтно-восстановительных работах в тоннелях конструктивных элементов из вторичных полимерных композиционных материалов (ВПКМ). Разработаны технические и организационно-технологические решения облицовки внутренней поверхности тоннелей с использованием конструкций из ВПКМ, композитной арматуры и кислотостойкого бетона для заполнения межстенного пространства. Разработана методика расчета конструкции облицовки.

Разработаны технические и организационно-технологические решения ремонта и восстановления смотровых шахт на действующих тоннелях.

Выполнены исследования коррозионностойких бетонов для устройства отсутствующей облицовки в дублирующих тоннелях и ремонта смотровых шахт.

В работе обоснована экономическая эффективность предложенных технических и организационно-технологических решений.

Ключевые слова: канализационные тоннели, шахты, коррозия железобетонных конструкций, методы ремонта, полимерные материалы, бетонные смеси, организационно-технологические решения.

ANNOTATION

Garmash O.O. Organizational and Technological Solutions to Ensure Operational Durability of Complex of Structures for Sewer Tunnels. – Qualifying Scientific Paper. Manuscript.

Thesis for a candidate degree of technical sciences in specialty 05.23.08 «Technology and Organization of Industrial and Civil Construction» (19 – Architecture and Construction). – Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv, 2017.

The thesis is devoted to solving the problems of ensuring the operational durability of a complex of sewage tunnel facilities by developing effective technical, technological and organizational solutions for their repair and restoration.

The construction of tunnels was carried out for absence of building codes that had to regulate the distance between inspection shafts. Adopted in 1985, the codes allowed the distance between inspection shafts to be up to 300 m. Adopted in 2013, Ukrainian building codes for gravity tunnels allow the distance to be up 300 m. The analysis of condition of sewer tunnels in Kharkiv showed that the distances in some cases are equal to 1 km and more.

Carried out in the thesis the analysis of design solutions for inspection shafts showed that they were constructed from monolith reinforced concrete structures having a section of circular, square and rectangular shape of different sizes.

The absence of link between operating and backup tunnels causing impossibility to have a ringing of the tunnel system, as well as location of inspection shafts at large distances that exceed regulations, created a system that does not allow performing inspection, repairing and renewal effectively. Solving these problems is the basis of the research paper.

Conducted in the paper studies of the factors that result in failure of functioning tunnels and shafts, show that the main cause of destruction of reinforced concrete structures is a formation of hydrogen sulfide in the tunnel vault initiating biogenic sulfur acid aggression. It depends on sewage composition, concentration of sulfates, organic compounds and their correlation. During the process of exposure of concrete to biogenic sulfuric acid, a chemical reaction takes place to form gypsum in the outer layer of concrete. The paper's studies showed that reinforced concrete structures of inspection shafts are subject to more rapid destruction than the structures of tunnels linking with them.

The paper presents the technology of repair and restoration of inspection shafts and wells on the water disposal systems. The particular attention is paid to the materials and structures used. Technological solutions for structures repair using polyurethane, AGRUSAFE polyethylene film, antegmite PBX tiles, as well as «Adhesive» protective coating are considered. The examples of repair and renovation of inspection shafts of sewer tunnels in Kharkiv with usage of ribbed polyethylene film, slag molding panels, laying of clinker bricks, as well as «VMX-Basalt» protective coating are discussed.

The paper deals with the technology of manufacturing of structural elements from secondary polymeric composite materials (SPCM) which has been developed by the «Kharkivvodokanal» municipal enterprise. The technology has been successfully implemented and operated under aggressive environment conditions of inspection shafts on the deep tunnels. Taking into account significant amounts of waste in the cities of Ukraine, the use of SPCM structures at the same time can solve several urgent problems for the country, including environmental, technological, technical and economic ones.

Based on the results of the studies, that indicate the efficiency of SPCM structures in the water supply and water disposal systems, the structures of lining internal surface of the sewer tunnels in the form of spherical panels with locking connection have been developed.

In order to increase the waterproofness of concrete, the fly-ash in the amount of 15% of the cement mass and the Sika-1 hydrophobic additive in the amount of 0.8% of the sand-cement ratio were introduced into the concrete mix with water. The cubes for compressive strength were tested in the laboratory with the result of 310 kg/cm².

The economic efficiency of adopted organizational and technological solutions that improve operational durability of complex of structures for sewer tunnels is shown in the paper. According to the calculations, the adopted solutions for repairing and renovation of inspection shafts give the possibility to extend their failure-free operation for 30 years.

Repairing and restoration of sewer tunnels, the inner diameter of 1840 mm, with using structures made from secondary polymeric composite materials is 2-3 times cheaper than using Spiro plastic pipes, as well as basalt plastic and fiberglass pipes.

Keywords: sewer tunnels, shafts, corrosion of reinforced concrete structures, repairing methods, polymeric materials, concrete mixes, organizational and technological solutions.

Підписано до друку 14.06.2017. Папір офсетний. Друк цифровий.
Формат 60×84/16. Умов. друк. арк. 0,9. Обл.-вид. арк. 0,9.
Тираж 100 прим. Замовлення № 1484.

Надруковано у друкарні ФОП Тарасенко В. П.
Свідоцтво № 24800170000043751 від 21.02.2002 р.
61124, м. Харків, вул. Зерова 6/267.
Тел./факс: (0572) 52–82–11