Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд

КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ ВОДОПРОПУСКНОЇ ТРУБИ З ПОСТІЙНИМ ВОДОТОКОМ З ВІДНОВЛЕННЯМ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ГІДРОІЗОЛЯЦІЄЮ КОНСТРУКЦІЙ. КОМПЛЕКСНИЙ ПРОЄКТ

Пояснювальна записка та розрахунки до
кваліфікаційної роботи бакалавра

123.192.2026 ПЗ

Розробив :студент групи 131-ПЦБ-Д23
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія» (роботу виконано самостійно, відповідно до принципів академічної доброчесності)

_____ Сергій БАЛО
(підпис)

Керівник доцент, канд. техн. наук,

_____ Олег КАЛІНІН
(підпис)

Рецензент доцент, канд. техн. наук

_____ Сергій МІРОШНІЧЕНКО
(підпис)

2026

Український державний університет залізничного транспорту

Факультет будівельний
Кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність G19 «Будівництво та цивільна інженерія»
Освітня програма «Промислове та цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
професор, д. т. н.
_____ Д.А. Плугін
(підпис)
«18» __червня____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Бало Сергію Володимировичу

1 Тема роботи Капітальний ремонт водопропускної труби з постійним водотоком з відновленням несучої здатності та гідроізоляцією конструкцій. Комплексний проєкт **керівник роботи** Калінін Олег Анатолійович, канд. техн. наук, доцент, затверджені розпорядженням по будівельному факультету від « 18 » травня 2026 року №5.
2 Строк подання студентом проекту « 15 » червня 2026 року.

3 Вихідні дані до проекту 1. Існуюча водопропускна труба 2. Картка на трубу та матеріали обстеження труби 3. Науково-технічна література та нормативна документація.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) конструктивні особливості та фізичний стан труби, технологічні рішення по відновленню експлуатаційних властивостей труби, техніко-економічні показники та календарний графік виконання робіт.

5 Перелік графічного матеріалу (зточним зазначенням обов'язкових креслень):
Схема труби та оголовків, карта дефектів водопропускної труби, будгенплан, схема бетонування вивалу в труби, схема улаштування металоін'єкційної сорочки, гідроізоляція та підсилення конструкції труби, календарний графік виконання робіт

6 Консультанти розділів роботи (якщо необхідно)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання « 20 » травня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітки
1	Конструктивні особливості та фізичний стан труби	18.05-28.05.26	
2	Технологія виконання робіт по ремонту труби, улаштування металоін'єкційної сорочки	29.05-10.06.26	
3	Складання календарного графіка виконання робіт капітального ремонту труби	11.06-15.06.26	

Здобувач _____ Сергій БАЛО
(підпис)

Керівник роботи _____ Олег КАЛІНІН
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота включає в себе 7 слайдів презентації, 75 аркушів пояснювальної записки формату А4, що включає 23 рисунка, 5 таблиць, 13 літературних джерел.

Ключові слова: ВОДОПРОПУСКНА ТРУБА, ДЕФЕКТИ, ПОШКОДЖЕННЯ, КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ, ГІДРОІЗОЛЯЦІЯ, СУПЕРПЛАСТИФІКОВАНА ЦЕМЕНТО-ВОДНА СУСПЕНЗІЯ, НАГНІТАННЯ, МЕТАЛОІН'ЄКЦІЙНА СОРОЧКА,

Об'єктом дослідження є водопропускна труба арочного типу під високим насипом.

Метою дослідження є з'ясування причин ушкоджень конструкцій труби та розробка технології ремонту водопропускної труби з відновленням її несучої здатності та гідроізоляцією конструкцій.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз особливостей конструкції та умов експлуатації труби, визначенні пошкодження труби та причині їх виникнення.

Для відновлення несучої здатності труби розроблена технологія ремонту, яка включає наступний комплекс робіт: влаштування розпірної плити та бетонування вивалів в стінах за допомогою оптимального складу бетону, підвищення несучої здатності труби шляхом улаштування на стінах та склепінні труби металоін'єкційної сорочки.

ABSTRACT

This qualification work includes 7 presentation slides, 75 sheets of explanatory notes in A4 format, including 23 figures, 5 tables, 13 literature sources.

Keywords: WATER CULVERT PIPE, DEFECTS, DAMAGE, MAJOR REPAIR, WATERPROOFING, SUPERPLASTICIZED CEMENT-WATER SUSPENSION, INJECTION, METAL INJECTION JACKET,

The object of the study is an arched culvert under a high embankment.

The purpose of the study is to determine the causes of damage to the pipe structures and develop a technology for repairing the culvert with the restoration of its bearing capacity and waterproofing of structures.

The qualification work analyzed the design features and operating conditions of the pipe, determined the damage to the pipe and the cause of their occurrence. To restore the bearing capacity of the pipe, a repair technology was developed, which includes the following set of works: installing a spacer plate and concreting the collapses in the walls using the optimal concrete composition, increasing the bearing capacity of the pipe by installing a metal injection jacket on the walls and arching the pipe.

Зміст

Вступ	5
1. Конструктивні особливості та фізичний стан труби	7
1.1 Загальна характеристика труби	7
1.2 Особливості конструкції та умови експлуатації труби	7
1.3 Дефекти конструкції	10
2 Технологічні рішення по відновленню експлуатаційних властивостей труби	17
2.1 Підготовчі роботи	17
2.2 Основні роботи	18
2.3 Заключні роботи	48
3 Техніко-економічні показники та календарний графік виконання робіт по ремонту труби	49
3.1 Визначення об'ємів матеріалів для виконання ремонтних робіт	49
3.2 Календарний графік виконання робіт по ремонту труби	62
Перелік використаних джерел	67
Додаток А. Ілюстративний матеріал	69

Вступ

Справний стан водопропускних труб для безперебійного та безпечного руху поїздів з встановленими швидкостями, а також тривалий строк служби труб забезпечується не тільки проектуванням та будівництвом, але й експлуатацією (утриманням).

В процесі експлуатації водопропускних труб, вони зазнають різні дії постійних та тимчасових навантажень (від ваги насипу та транспортних засобів), змінними у часі температура та вологість навколишнього середовища, діями водного потоку та льоду, сейсмічних навантажень. Під впливом цих факторів у трубах з часом виникають та накопичуються різні дефекти та деформації. Ряд деформацій і дефектів може виникнути від неповного обліку місцевих умов при проектуванні труб, а також із-за недоліків при їх будівництві та експлуатації.

Стосовно водопропускних труб з такими дефектами капітальні ремонти включають перекладку, заміну та підсилення окремих слабких та дефектних ділянок елементів труби.

Капітальний ремонт виконується з метою підвищення надійності та подовження строку експлуатації споруд. Необхідність проведення капітального ремонту, а також обсяг робіт в кожному окремому випадку визначають на підставі детального обстеження споруд з урахуванням вантажонапруженості даної залізничної колії, перспектив й розвитку та інших місцевих умов.

Капітальний ремонт виконується у плановому порядку. Фінансуються ці роботи по об'єктно, вартість визначається на основі кошторисно-фінансових розрахунків.

Найбільш розповсюджені засоби ремонту водопропускних труб:]

перекладка пошкоджених ділянок кладки тіла труби й оголовків;

заміна гідроізоляції тіла труби;

торкретування;

бетонування внутрішньої поверхні труб;

цементація кладки труби;

улаштування залізобетонної сорочки.

улаштування металевої гофрованої труби

Темою дипломного проекту є розробка й обґрунтування принципових конструктивних й технологічних рішень з метою створення проекту ремонту водопропускної труби ділянці РФ Львівськаї залізниця. Труба знаходиться у віданні Івано-Франківської дистанції колії.

Проект розробляється на підставі результатів досліджень конструктивних особливостей і фізичного стану труби, виконаний згідно ДБН В.2.3-6-2009 «Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження та випробування» спеціалістами кафедри «Будівельні матеріали, конструкції та споруди » разом зі студентами УкрДУЗТ та з робітниками РФ Львівської залізниці.

По результатам досліджень встановлено, що конструкція труби знаходиться в незадовільному стані, який можна вважати перед аварійним, й потребує негайного відновлення експлуатаційних властивостей, враховуючи несучу спроможність.

1 Особливості конструкції водопропускної труби та визначення пошкоджень труби

1.1 Загальна харктеристика водопропускної труби

Комбінована Труба арочного типу розташована під високім насипом на ділянці РФ «Львівська залізниця» АТ Укрзалізниця. Труба була споруджена в 1898 році.

Отвір труби 2,8 м, висота труби у просторі 3,9 м. Довжина труби без оголовків складає 11,1 м, з оголовками 22,0 м. Вихідний та вхідний оголовок портального типу

Труба розташована в кривій R=300м та ухилі 11,2%, Ділянка колії одноколійна.

Дільниця над водопропускною трубою не електрифікована.

Характеристика верхньої будови колії:

- Тип рейок Р65;
- Колія на дерев'яних шпалах;
- Щебеневий баласт;
- Ухил колії 11,2‰.

Схема вхідного та вихідного оголовка , розріз по висі водопропускної труби, наведені в графічній частині дипломного проєкту

1.2 Особливості конструкції та умови експлуатації труби

Труба має форму арочного контуру, стіни – з кам'яної кладки, склепіння – з цегляної кладки. Отвір труби 2,5 м, висота у просторі, дорівнює 3,7 м. Повна довжина труби дорівнює 21,1 м. Переріз склепіння дорівнює 0,6 м. Товщина кам'яних стін труби, складає 0,6 м. Ґрунт за трубою являє собою суглинки тугопластичні.

Висота насипу в районі труби дорівнює 6,76 м до бровки земляного полотна, висота насипу до підошви рейки – 7,16 м.

Труба розміщується на природній основі.

Вхідний та вихідний оголовки портального типу, виконані із кам'яної кладки. На рисунку 1.1 зображений вхідний та вихідний оголовок труби.

У 1997 році дистанція колії виконала розшивку швів кладки стін і склепіння з оковкою слабих цеглин, але це ефекту не дало. На маяках, які були встановлені виявлені тріщини.

В трубі постійний водотік – захоплюючий лог, який в сухий період року має дуже низький рівень. На момент обстеження водотік в трубі мав глибину близько 10 см.

Русло в трубі заросло, заболочено. Русло водотоку біля вхідного оголовку вигинається і під час злив потік несе багато дрібних часток розмитого ґрунту. Так як русло перед входом в трубу змінює свій напрямок по декілька раз, а також зменшується повздовжній ухил, то це сприяє інтенсивному відкладенню наносів в трубі. Товщина наносу в межах труби складає від 30 до 40 см.

Технічний стан труби незадовільний



Рисунок 1.1 Вхідний оголовок водопропускної труби



Рисунок 1.2 Вихідний оголовок водопропускної труби

1.3 Дефекти конструкції

З метою визначення стану труби та поповнення вихідних даних додатковою інформацією на об'єкті було проведено обстеження. Результати обстеження відносно з'ясування конструктивного стану конструкції та дефектів труби приведені нижче.

Труба має арочний переріз. При візуальній оцінці стану труби було виявлено наступні порушення цілісності конструкції:

труба коротка, відбувається відрив оголовків, зокрема на вихідному оголовку (рисунок 1.3) спостерігаються тріщини, у верхній частині, та помітні повздовжні зміщення каменів, внаслідок надлишкового навантаження ґрунту, захисний шар частково зруйнований. Вхідний оголовок знаходиться у гіршому стані (рисунок 1.4), в склепінні, на відстані 10 см від краю виявлена поперечна тріщина, довжи-ною близько 2 м, склепіння труби навколо тріщини знаходиться у вологому, стані захисний шар частково зруйнований, спостерігається морозне руйнування цегли, на глибину 5 см; [4-7]



Рисунок 1.3 – Верхня частина вихідного оголовка



Рисунок 1.4 – Дефектні місця вхідного оголовка

- на відстані близько 1 м від вхідного оголовка розташована волога ділянка склепіння(довжиною близько 50см), де присутнє морозне руйнування цегли та невеликий капіж, що в подальшому буде сприяти морозному руйнуванню;

- в склепінні труби наявні дві поперечні тріщини(рисунок 1.5), на відстані 4 м від вхідного оголовка(одна довжиною 2 м, друга – 1 м), ширина розкриття цих тріщин до 2 мм, причиною виникнення тріщин на наш погляд є втрата несучої здатності цегляної кладки труби, подальший розвиток всіх тріщин може привести до руйнування кладки;



Рисунок 1.5 – Поперечна тріщина в склепінні

- по всій довжині склепіння присутні вологі ділянки, які частково переходять на стіни труби, це свідчить про те, що шви кладки не є герметичними і з часом втратили свою міцність, що в подальшому може привести до випадіння цегли. Такі ділянки спостерігаються шириною до 60см і довжиною до 1 м;
- на вихідному порталі спостерігається морозне руйнування каменів та кладки;
- на правій стіні, на відстані 2 м від вхідного оголовка, спостерігається вивал каменів довжиною близько 3,4 м на всю висоту та товщину. Для попередження подальшого руйнування, в районі вивалу змонтовано підсилюючу металеву раму. Вищевказані пошкодження зображені на рисунках 1.6 та 1.7;
- слабка кладка стін і склепіння слабка, присутні слабкі камені та цегла (рисунки 1.8 та 1.9).
- фонтануюча теча зі шва кам'яній кладці водопропускної труби (рисунок 1.10)

- дефекти вихідного оголовка водопропускної труби (рисунок 1.11)



Рисунок 1.6 – Вивал в стіні труби



Рисунок 1.7 – Підсилююча рама в районі вивалу



Рисунок 1.8 – Слабкі камені та цегла



Рисунок 1.9 – Слабка кладка на лівій стіні водопропускної труби



Рисунок 1.10 – Фонтануюча теча зі шва кам'яній кладці водопропускної труби

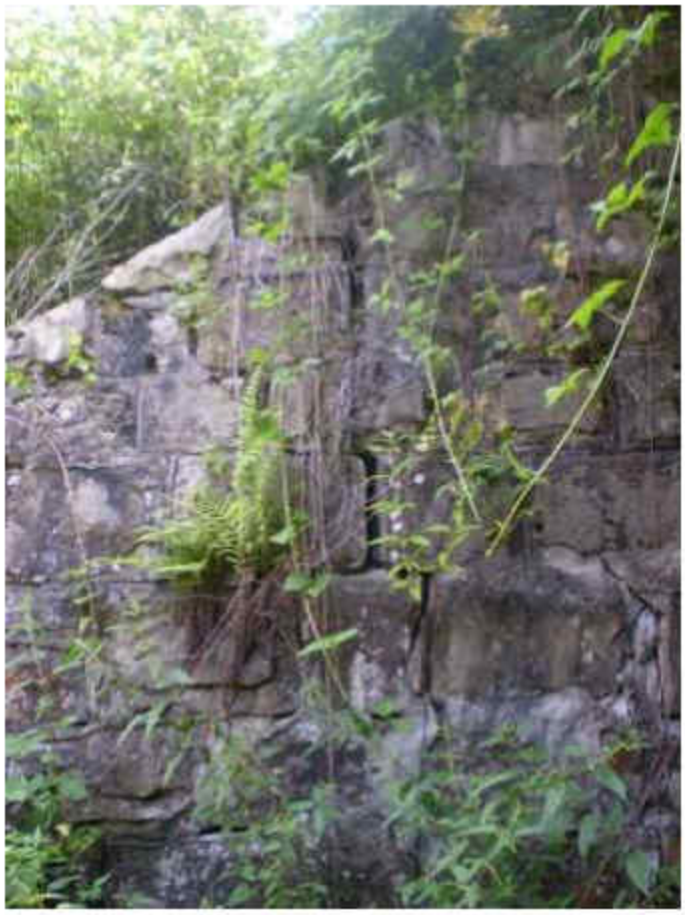


Рисунок 1.11 – Дефекти вихідного оголовка водопропускної труби

Перераховані вище дефекти занесені до карти дефектів труби і зображені у графічній частині на листі.

Виявлені пошкодження є небезпечними, які знижують несучу здатність конструкції труби, що може привести до виникнення аварійного стану в трубі. Для усунення значних ушкоджень необхідно зробити підсилення труби.

Труба підлягає капітальному ремонту, який включає заходи з підсилення та захисту її конструкції від морозного руйнування і корозії. Також з метою оцінки гідрогеологічних умов була проведена зйомка навколишньої території із складанням плану місцевості навколо труби, який зображено у графічній частині.

2 Технологічні рішення по відновленню експлуатаційних властивостей труби

2.1 Підготовчі роботи

Підготовчі роботи на об'єкті виконуються протягом 4 робочих днів в одну зміну, за винятком підготовчих робіт проведених на базі.

До робіт підготовчого періоду належать:

- планування технологічної площадки 200 м^2, розташованої біля вхідного оголовку;

- зведення тимчасових споруджень: улаштування навісу для збереження запасів матеріалу, місця для схову інструменту, електроустаткування, місця для розміщення вмивальника, туалету, побутового приміщення, риштувань та опалубки, нагнітаючого насосу, бетонозмішувача, компресорів;

- вибір місць для розміщення складу піску та складу щебеню;

- налагодження устаткування та інструменту;

- планування під'їзного автомобільного шляху.

На технологічній площадці також влаштовують навіс для зберігання цементу і полімерних компонентів в герметичних ємкостях.

На площадку повинна бути підведена питна вода та електроенергія.

Для влаштування металоізоляційної сорочки та нанесення полімеркомпозиційного складу ЗС-3М, повинні бути підготовлені переносні риштування. Встановлення риштувань допускається тільки на міцній і щільній основі. Всі опорні стійки повинні бути встановленні по високу. Кінці стійок повинні спиратись на підкладки з дошок товщиною не менше 50 мм і довжиною на 400 мм більше, ніж відстань між двома стійками у поперечному напрямку.

Ширина настилу на риштуваннях повинна складати не менше 1,2 м.

Настил повинен мати рівну поверхню. Між дошками або щитами допустимі зазори не більше 10 мм. З'єднання щитів дозволяється по їх довжині, кінці стикових

елементів повинні бути розташовані на опорі та перекривати її не менш ніж на 0,2 м в кожен бік.

Для сполучення ярусів риштувань встановлюється драбина (ухилом не менше 60 градусів), верхні кінці яких надійно закріплюється.

Стійкість риштувань в поздовжньому напрямку забезпечується зв'язком стійок жорсткими конвертами.

2.2 Основні роботи

Основні роботи по ремонту труби починаються відразу ж після закінчення підготовчих робіт і виконуються відповідно до календарного графіка виконання робіт.

2.2.1 Влаштування розпірної плити

Для влаштування розпірної плити попередньо виконується вручну очищення русла труби від мулу на необхідну товщину з вивезенням наносів за межі труби в сторону вхідного оголовка ручними візками з подальшим вивезенням його автосамоскидами. Так як в трубі постійний водотік, то пропуск води буде здійснюватися по тимчасовому водовідводу, ближче до лівої стіни труби.

Після виконання робіт по очищенню русла труби, ця ж бригада у складі 4 чоловік починає засипати русло труби щебенем, товщиною до 15 см.

Бетонування розпірної частини труби виконується в дві стадії. Спочатку виконується бетонування розпірної частини труби біля правої стіни труби.

Приготування бетонної суміші виконується на будівельному майданчику за допомогою бетономішалки з підвезенням бетонної суміші до місця укладення за допомогою ручних візків.

Перед укладенням суміші поверхня щебеню змочується водою.

Після укладення бетонної суміші вона ущільнюється за допомогою віброрейки. Товщина плити після бетонування становить 15 см, довжина 10,8 м.

Після закінчення робіт 1-ї стадії бетонування через день виконується робота по фарбуванню цієї частини плити полімеркомпозиційним складом ЗС-3М.

Після закінчення фарбування, на наступний день тимчасовий водовід осушується і засипається щебенем, а пропуск води здійснюється вже по лотку, який планується в 1 стадії бетонування розпірної плити.

Роботи по бетонуванню 2 стадії розпірної плити виконуються по аналогічній технології. Об'єм бетонної суміші для улаштування всієї розпірної плити складає 4,05 $м^3$, робота виконується бригадою із 8 чоловік.

2.2.2 Гідроструменева обробка стін труби

Гідроструменевий спосіб очищення використовується для підвищення ефективності очистки та запобігання виділення в повітрі пилу, що відбувається при піскоструменевій обробці.

Обробку стін труби виконують за допомогою апарату високого тиску фірми «КЕРХЕР», який зображено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Апарату високого тиску фірми «КЕРХЕР»

2.2.3 Підсилення стіни кам'яної частини труби

Підсилення стіни труби на довжину 3,4 м, товщиною 0,6 м, висотою 2,7 м, виконується з метою відновлення та підвищення її несучої здатності і жорсткості.

Перед бетонуванням конструкції підсилення стін труби їх необхідно очистити від бруду, різних масляних плям. Очищення виконують частково вручну, а також за допомогою гідроструменевого апарату. Цеглу забруднену маслом, мазутом піддають хімічній обробці 10% розчином каустичної соди, протиранню за допомогою бензину або ацетону.

Після обробки каустичною содою поверхню поливають водою. Плями від масла, які не піддаються вимиванню та очищенню, вирубують до чистої цегли.

Після підготування поверхні виконують роботи по влаштуванню арматурних сіток. Для цього в цеглі пробурюємо отвори 56 штук, діаметром 14 мм на відстані 40

см під кутом 15% в горизонті, в які встановлюються анкера діаметром 12 мм та довжиною 1000 мм, арматура класу А-II і заробляються епоксидним компаундом.

Після того, як склад для зароблення анкерів набере необхідну міцність, на анкері навішується арматурна сітка з розмірами комірки 200×200 мм та діаметром арматури 10 мм. Довжина одного стержня поздовжньої арматури 3,4 м, а одного стержня поперечної арматури 2,7 м.

Загальна довжина анкерної арматури – 56 м, загальна довжина арматури для арматурних сіток – 168 м.

Арматурна сітка може виготовлятися на будівельному майданчику або арматура зв'язується дротом на місці.

Також анкери (довжиною 150мм) встановлюються в просвердлені отвори у розпірній плиті на відстані 100 мм від стіни з відповідним кроком 200 мм і прив'язуються дротом до поперечних стержнів арматурної сітки або приварюються електродуговою зваркою по мірі можливості. Ці ж анкери можуть бути попередньо встановлені в цих місцях при бетонуванні розпірної плити на відповідній відстані і з відповідним кроком.

Після установлення арматурної сітки виконується встановлення опалубки з використанням дошок та металевих листів. Конструкція опалубки показана у графічній частині.

Після встановлення опалубки виконується бетонування конструкції при обов'язковому вібруванні.

Для опалубки необхідно використовувати пиломатеріали із деревини хвойних порід, особливо сосну, ялину II сорту з вологістю до 23%. Дозволяється використання деревини піхти та листяних порід. Вологість деревини, яка використовується для виготовлення щитів, в тому числі каркасів щитів не повинна відрізнятися більш ніж на 5-19%.

Міцнісні характеристики (нормативний та тимчасовий опір) деревини, яка використовується для виготовлення елементів опалубки, повинні відповідати вимогам, вказаним для сортів деревини.

Ширина дошок опалубки, які безпосередньо прилягають до бетону, рекомендується не більше 20 см, товщина дошок не повинна бути менше 20 мм.

Бетонна суміш для бетонування повинна бути класу В 25 з оптимальними показниками міцності, тріщиностійкості та водонепроникності. Розрахунок бетонної суміші наведений у 8 розділі ПЗ.

Матеріали для приготування бетонної суміші повинні відповідати вимогам нормативних документів. Пісок для бетону повинен відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови»і ДСТУ Б В.2.7-43-96 «Бетони важкі. Технічні умови». Вода для замішування бетонної суміші та приготування розчинів хімічних добавок повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-273:2011 Вода для бетонів і розчинів. Технічні умови.

Для виготовлення бетону допускається використання щебеню та гравію з розмірами фракції до 20 мм. Зерновий склад кожної фракції повинен відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-71-98 Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт.

Морозостійкість щебеню, гравію та щебеню із гравію повинні забезпечувати отримання бетонів з морозостійкістю не нижче Мр3-300.

Не допускається забруднення заповнювачів карбонатами (крейда, вапняк) основами (вапно, цемент) та залізним пилом (стальним, цинковим). Вологість наповнювачів повинна бути не нижче 97-98%.

Для покращення властивостей розчину вводиться суперпластифікатор.

Портландцемент використовується марками не нижче ПЦ 500, ПЦ 400 згідно ДСТУ Б В.2.7-46:2010 Будівельні матеріали. Цементи загально-будівельного призначення. Технічні умови.

Приготування бетонної суміші ведеться в бетономішалці, транспортування до місця укладення – ручними візками.

Перед укладанням нового бетону поверхню труби необхідно зволожувати.

Бетонувати необхідно горизонтальними шарами, бетонування ведеться захватками. Необхідно слідкувати, щоб не було розшарування при укладенні та вібруванні. Робочі шви, не передбачені технологічним процесом, не допускаються. Ущільнення бетонної суміші в опалубці виконується за допомогою вібробулави.

В період набору міцності бетоном в опалубці повинен дотримуватися, як вимагається вологий режим. При цьому необхідний контроль вологого режиму, оскільки свіжо укладений матеріал по великій площі контактує із камінням.

Вимоги до опалубки

При виборі типа опалубки для влаштування залізобетонної сорочки необхідно передбачити заходи по зниженню шкідливих наслідків осадження бетону та температурних деформацій.

Виготовляють та встановлюють опалубку по спеціально розробленим або типовим проектам. Точність виготовлення форм та встановлення опалубки повинні забезпечувати проектні розміри конструкцій з врахуванням допусків, які вказані у ДБН В.2.6-163:2010.

Опалубка повинна відповідати наступним вимогам:

а) мати міцність, стійкість, жорсткість та бути незмінною при дії на неї навантажень від ваги та бокового тиску свіже укладеної бетонної суміші, а також навантажень, які виникають в процесі виконання робіт;

б) бути щільною, повинна включати витікання розчину;

в) забезпечувати правильність форми, розмірів та взаємного розміщення частин споруди, що зводиться;

г) допускати можливість вторинного використання для однотипних елементів;

д) бути простою у виготовленні та допускати можливість попередньої заготовки її елементів в опалубочній майстерні;

е) забезпечувати можливість укладання арматури та бетону в безпечних умовах;

ж) допускати розбирання з мінімальними пошкодженнями матеріалів без потрясінь, які визивають перенапруження бетону.

Витрата матеріалів для опалубки та підмость показані в графічній частині кваліфікаційної роботи.

Якщо при ремонті є можливість забезпечити обертання опалубки, використовують розбірно-переставну дерев'яну опалубку із раніше виготовлених елементів – щитів.

Для простоти виготовлення опалубки необхідно використовувати для з'єднання цвяхи або болти.

Найважливішою вимогою до розбірно-переставної опалубки є можливість її розбирання без яких-небудь пошкоджень складових елементів. Для цієї мети необхідно дотримання наступних умов:

а) спряження щитів між собою в горизонтальних і вертикальних стиках не повинно створювати взаємного защемлення, яке перешкоджає розбиранню;

б) з метою зменшення зчіплення опалубки з бетоном для змащування дерев'яної опалубки повинні використовуватися: вапняне молоко, глиняний розчин.

Поверхня цегли, яка прилягає до бетону, повинна забезпечувати гідну якість поверхні бетону, а поверхню, яка контактує з лицевою поверхнею бетону, повинна бути рівною.

Роботи по свердлінню шпурів, встановленню анкерів та навішуванню сіток ведуться з підмость.

Роботи по ремонту труби на висоті більше двох метрів повинні виконуватися з використанням драбин, підвісних риштувань та інших допоміжних влаштувань. Крім того робітники повинні використовувати запобіжні пояси та інші засоби, які задовольняють вимогам безпечного ведення робіт.

Риштування повинні бути виготовленні по затвердженому проекту та допущені до експлуатації тільки після того, як пройдуть випробування на протязі 1 години статичним навантаженням, яке перебільшує нормативне на 20% та динамічною, яка перевищує нормативну на 10%.

Всі випробування необхідно підтвердити актом. Ширина риштувань повинна бути не менше 1 м.

При влаштуванні риштувань необхідно керуватися вказівками, які приведені нижче:

а) вимоги, котрі повинні задовольняти риштування:

- висока надійність та зручність виконання робіт;

- мінімальна вага;

- можливість виготовлення елементів раніше на будівельному подвір'ї;

- простота збирання та розбирання;

- мала витрата матеріалів;

б)доцільно риштування збирати на місці із готових елементів (щитів настилу і т.д.);

в)дерев'яні риштування необхідно виготовляти із деревини хвойних порід II сорту.

Забороняється використання для риштувань лісоматеріалів, які мають значні пошкодження. Дерев'яні риштування не повинні мати дощок, які виступають або не пришиті цвяхами, що стирчать, скоби, болти.

При переміщенні риштування повинні бути звільнені від матеріалу і на них не повинні знаходитися люди.

Працювати механізованим інструментом з приставних драбин забороняється.

Риштування повинні бути огородженні міцними перилами, висотою не менше 1 м, а в нижній частині мати бортову дошку висотою не менше 15 см.

Технологія виконання робіт по влаштуванню залізобетонної сорочки наведена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

2.2.4 Підсилення кам'яних стін труби в зоні тріщин СПЦВС

Підсилення стін труби в зоні тріщин та у вологих містах та капіжу передбачено виконати шляхом ін'єктування суперпластифікованої цементно-водної суспензії (СПЦВС), зі спеціальною добавкою суперпластифікатором С-3. Добавка дозволяє отримувати суспензію з водо-цементним відношенням 0,3 - 0,35 у відміну

від цементно-водяних складів з В/Ц 0,8-1,0, які традиційно використовуються для нагнітання. [10]

Значення В/Ц = 0,32 близько до оптимального при якому отримують максимальну міцність, щільність і водонепроникність. Тому розроблений склад порівняно з традиційним не розшаровується, скоріше схоплюється і твердіє, що зумовлює його більш високу стійкість до вимивання відразу після нагнітання, характерні його більш високі показники. При твердінні він піддається значно меншій усадці, а в затверділому виді володіє набагато більшою міцністю і практично повною водонепроникністю. Використання добавки С-3 практично не збільшує вартості складу, завдяки її невеликої вартості і її невеликої кількості.

Перед встановленням ін'єкторів та нагнітанні СПЦВС виконується підготовка стін труби.

Нагнітання СПЦВС виконуються через ін'єктори, які встановлюються в отвори, які свердлують за допомогою перфораторів в конструкції труби. Отвори просвердлюють на всю товщину труби через 30 см по кожній тріщині. Шви між ін'єкторами карбують цементно-піщаним розчином оптимального складу. Діаметр отворів складає 20 мм.

СПЦВС виготовляють безпосередньо на місці застосування в розчинозмішувачі, встановленому по близькості до місця проведення робіт. Склад нагнітають за допомогою ручного розчинонасоса, який дозволяє створити тиск не менш 1,6 МПа, через шланги високого тиску й ін'єктори. Нагнітання проводять під тиском 0,2-0,6 МПа до одержання відмови. При одержанні відмови тиск підвищують поступово по 0,2 МПа, витримуючи кожну ступінь по 2 хвилини. Обпресування роблять тиском 1,2 МПа, що витримують не менш 10 хвилин. Буріння свердловин у стінах і склепінні за допомогою пневматичних перфораторів діаметром 20 ÷ 24 мм і глибиною до 1,2 м з виходом у водоносні тріщини і порожнини у заобробному просторі труби. Буріння виконують послідовно, по мірі нагнітання - знизу нагору й по ділянці - від центра до країв труби. Склад СПЦВС наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 2.1 – Склад СПЦВС

Компоненти	Витрати компонентів	
	На 1 м^3	Усього
1	2	3
Портландцемент М 500, т	1,49	4,47
Добавка суперпластифікатор С-3, кг	4,48	13,44
Вода, т	0,52	1,56

До матеріалів пред'являються наступні вимоги:

1) Цементно-водний розчин готують на портландцементі марки 400 або 500. Цемент повинен бути просіяний через сито з розміром отворів 5 мм для виключення попадання в розчин цементних грудок. Для отримання цементного каменя максимальної міцності, водонепроникності і тріщиностійкості в суміш вводиться суперпластифікатор в оптимальній кількості, в залежності від мінерального складу цементу;

2) Розчин наготовлювати по дозуваннях УкрДАЗТ залежно від мінерального состава цементу й застосовуваного суперпластифікатора;

3) Суперпластифікатор С-3 – добавка на основі натрієвих солей продуктів конденсації нафталіносульфокислоти і формальдегіду з можливим додатковим введенням лігносульфонатів і сульфату натрію. Рідина темно-коричневого кольору густиною 1,15 – 1,20 г/см^3. Поставляється у вигляді водного розчину 33 – 39 % - ї концентрації в цистернах і металевих бочках або у вигляді легкорозчинного, що не злежується, порошку світло-коричневого кольору. Не має запаху, при зберіганні не виділяє шкідливих газів і пари, малотоксичний. Водні розчини добавки пожежо- і вибухобезпечні, не змінюють своїх властивостей при нагріванні до 85°С та заморожуванні до - 40°С. Гарантійний термін зберігання – 1 рік. При температурі нижче 5°С можливе утворення осаду (сульфат натрію, натрієва сіль, β-нафталіносульфокислоти, смолисті продукти). У цьому випадку перед

застосуванням суперпластифікатора його рекомендується розчинити шляхом підігрівання рідкої фази гострою парою або розведенням водою при старанному перемішуванні. Можлива заміна на суперпластифікатор "Дофен" (українського виробництва) після проведення виробничої перевірки.

По фізико-хімічним показникам суперпластифікатор повинен відповідати вимогам і нормам, зазначених в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вимоги до суперпластифікатора

Показник	Норма
Зовнішній вигляд	Однорідна рідина без суспензій, коричневого кольору
Масова частка сухого залишку, %	29 – 50
Густина при 20 ° С, кг/м3, в межах	1153 – 1257
Концентрація товарного розчину, %	25 – 40
Кількість сухої речовини в 1 л товарного рочину, г	334,37 – 629,75
pH 2,5 %-ного водного розчину суперпластифкатора	7 – 9

Примітка 1. Суперпластифікатор С-3 може використовуватися разом з протиморозними добавками.

Примітка 2. Використання суперпластифікатора С-3 при виготовленні цементних розчинів, бетонів і виробів на їх основі підвищує їх довговічність за рахунок збільшення водонепроникності і морозостійкості цементного каменю. При використанні суперпластифікатора С-3 не з'являються поверхневі висоли, не виникає корозія арматури в залізобетонних виробах і в монолітних конструкціях із бетону.

Устаткування для нагнітання тампонажного розчину (суперпластифікованої цементно-водної суспензії СПЦВС) .

Для нагнітання розчинів і композицій застосовують розчинонасоси з розчиноводами й розчинозмішувачами. Приєднання розчиноводів здійснюється за

допомогою ін'єкторів, оснащених кульовими кранами, які забезпечують герметизацію отвору для нагнітання.

Розчинонасос експлуатується в закритих приміщеннях або під навісом при температурі повітря від 0° до 40°С (рис 2.2). Створюваний тиск нагнітання не перевищує 0,2 МПа.

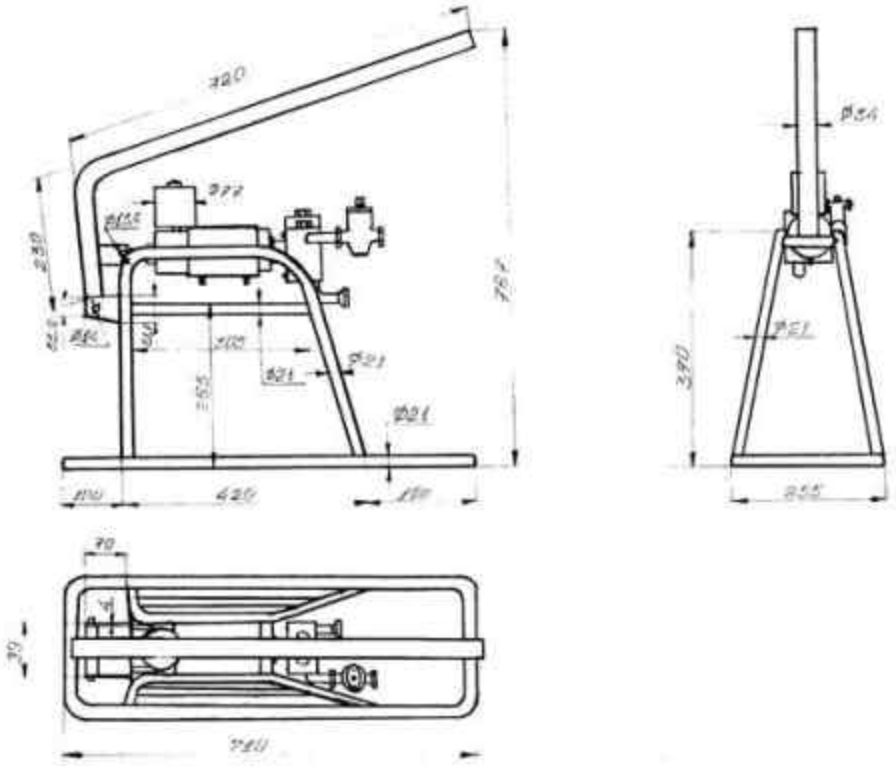


Рисунок 2.2- Ручний розчинонасос

2.2.5 Виконання робіт з підсилення цегляного склепіння водопропускної труби

Підсилення та гідроізоляція цегляного склепіння верхньої частини конструкції водопропускної труби виконується шляхом створення металоін'єкційної сорочки. дозволить підвити її несучу здатність та відновити експлуатаційні властивості. Металоін'єкційна сорочка - це жорсткий силовий каркас, який монтується на пошкоджений елемент конструкції. Металоін'єкційна сорочка

складається з трьох головних елементів: кутники (розташовуються на кінцях склепіння водопропускної труби), тіло сорочки (виготовляються з листового металу, які зварюються один до одного та приварюються до вертикальних кутників по всьому периметру із заданим кроком), опорні підкладки(використовуються для створення проміжку між конструкцією склепіння ти листами сорочки). Дана конструкція використовується для підвищення несучої здатності зруйнованого цегляного склепіння водопропускної труби та суттєво підвищити гідроізоляційні показники конструкції верхньої частини водопропускної труби.

Для створення конструкції металоін'єкційної сорочки передбачено наступні технологічні операції:

2.2.5.1 Нарізування сталевих листів для тіла сорочки.

Сталеві листи для створення конструкції металоін'єкційної сорочки вирізаються по проєктним розмірам. Товщина листа складає 0.02-0.03 м, ширина 1 м, довжина листа визначається відповідно до площі розгортки цегляного склепіння водопропускної труби. Нарізування сталевих листів для тіла сорочки (рисунок 2.3). виконується кутовою шліфувальною машиною(«болгарка»). Звичайна кутова шліфувальна машина має просту, але технологічну конструкцію, що забезпечує ефективністю її роботи. Кутова шліфувальна машина (КШМ)- це універсальний електроінструмент, що складається з корпусу з електродвигуном, кутового редуктора та робочого органу. Завдяки високій швидкості обертання, вона використовується для різання сталевих листів. Вона складається з корпусу із універсальним електричним двигуном, ручки, яка створена для зручного використання пристрою, шпинделю, що використовується для надійного запобігання надмірного нагрівання при роботі шліфувальної машини застосовується вентилятор. Для захисту від іскор, що виникають при передбачається захисний кожух.



Рисунок 2.3. Нарізування сталевих листів для тіла сорочки

2.2.5.2 Очищення поверхні сталевих листів сорочки

Підготовка поверхні сталевих листів сорочки виконується шляхом очищення листів від мастил, продуктів корозії та забруднення. Порізані сталеві листи сорочки знежирюються за допомогою розчинників (хімічна обробка). При цьому потрібно виставити сталеві листи під кутом 45-60 градусів до вертикальної поверхні (стіни труби). Очищення сталевих листів від мастил та забруднення виконується за допомогою ганчірок. Підготовка поверхні сталевих листів сорочки зображена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 Очищення поверхні сталевих листів сорочки

2.2.5.3 Підготовка сталевих листів сорочки

Підготовка сталевих листів сорочки передбачає наступні технологічні операції: - розмітка сталевих листів сорочки;

- свердління отворів та приварювання сталевих трубок до листів для створення ін'єкторів;

- свердління отворів в сталевих листах для прикріплення листів до конструкції склепіння за допомогою сталевої арматури (анкерів);

- приварювання сталевої підсилюючої арматури до внутрішньої поверхні сталевих листів сорочки.

Розмітка сталевих листів сорочки виконується згідно робочим кресленням. Просвердлювання отворів для забиття металевої арматури (анкерів) в цегляне склепіння труби (рис. 2.5) та отворів для приварювання металевих трубок(ін'єкторів) в листах сорочки виконують за допомогою свердлильної машинки (дрилі) , оснащеною свердлами с алмазним напиленням. Після просвердлювання отворів

біля них приварюються металеві трубки(ін'єктори) через які буде нагнітатися супер пластифікована цементо-водна суспензія (СПЦВС).

Для придання більшої жорсткості з внутрішньої сторони листа виконується приварка арматурних стрижнів (по довжині листа) діаметром 12мм що забезпечить просторову жорсткість металоін'єкційної сорочки та унеможливіть вигинання листів сорочки при нагнітанні СПЦВС.



Рисунок 4.5 Просвердлювання отворів в сталевих листах сорочки.

2.2.5.3 Підготовка поверхні сталевих листів сорочки до фарбування.

Підготовка (очищення) зовнішньої поверхні сталевих листів сорочки до нанесення антикорозійних фарб виконується за допомогою піскоструминного апарату. Піскоструминна обробка - це метод абразивно-струминного очищення металевих поверхонь від іржі, нагару та забруднень за допомогою повітря, що подається під високим тиском з абразивним матеріалом (піском). Процес

піскоструминного очищення полягає в тому, що частинки піску під тиском до 10 атмосфер при вилиті з сопла спрямовуються на оброблювану металеву поверхню з високою швидкістю, яку їм надає потік стисненого повітря. Тому цей спосіб найбільш ефективний, якісний і швидкий методів очистки листів металоін'єкційної сорочки. Внаслідок застосування піскоструминної обробки поверхня металевих листів сорочки додатково активується, що суттєво збільшує адгезію захисних покриттів до металу.

Для виконання робіт з піскоструминної обробки з очищення зовнішньої поверхні сталевих листів сорочки, вони встановлюються під кутом 10-28° до вертикальної поверхні і прикріплюються до неї , так як високій тиск при виході піску із сопла піскоструминного апарату приведе к їх падінню та засмічення поверхні. Піскоструминна обробка виконується за допомогою пересувного піскоструминного апарату камерного (напірного) типу ПСК-1, який застосовується в будівництві (рис.2.6). Після проведення робіт з піскоструминної обробки поверхні листів перед нанесенням захисних покриттів вони повинні бути очищенні від залишків піску та пилу.



Рисунок - 2.6 Піскоструминна обробка поверхні сталевих листів сорочки пересувним піскоструминним апаратом ПСК-1.

2.2.5.3 Фарбування зовнішньої поверхні сталевих листів сорочки полімеркомпозиційним складом ЗС-3М.

Для фарбування зовнішньої поверхні сталевих листів використовується пневматичний спосіб нанесення покриттів. Пневматичне розпилення – це процес, при якому лакофарбові та полімеркомпозиційні матеріали наносяться за допомогою фарборозпилювачів, що функціонують при застосуванні стисненого повітря. Цей метод є одним з найбільш значущих і широко використовуваних для розпилення лакофарбових та полімер композиційних матеріалів. Цей спосіб здійснює дуже тонке та однорідне розпилення, що у свою чергу забезпечує високу якість покриття. При цьому отримане покриття має однорідну товщину та не має дефектів поверхні. Для пневматичного розпилення використовується компресор та фарбопульт. Принцип роботи пневматичного фарбопульта з компресором ґрунтується на розпиленні фарби потоком стисненого повітря. Компресор нагнітає повітря, яке, проходячи через пістолет, дробить фарбу на мікрочастинки які потрапляють на поверхню сталевих листів сорочки (рис. 2.7).

Для фарбування сталевих листів використовується полімеркомпозиційний захисний склад ЗС-3М. Цей склад було розроблено фахівцями кафедри «БМКС» Українського державного університету залізничного транспорту для заміни більш коштовних антикорозійних покриттів. Перевагою розробленого полімеркомпозиційного захисного складу ЗС-3М є те, що від може виготовлятися безпосередньо перед нанесенням у необхідної кількості, з урахуванням необхідного терміну часу на дозування та змішування компонентів складу та часу на нанесення повної кількості виготовленого складу . Термін полімеризації (твердіння) полімеркомпозиційного захисного складу ЗС-3М на поверхні металевих листів складає від 45 до 60 хвилин. Фарбування сталевих листів металоін'єкційної сорочки полімеркомпозиційним захисним складом ЗС-3М наведено на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7- Нанесення полімеркомпозиційного складу ЗС-3М на поверхню сталевих листів металоін'єкційної сорочки

Полімеркомпозиційний захисний склад ЗС-3М складається із компонентів:

- Епоксидна (епоксидно-діанова) смола марок ЕД-16 абоЕД-20;

- Високоактивний затверджувач (УП-583Д), що застосовується для полімеризації при низьких температурах в умовах підвищеної вологості та під водою;

- Кам'яновугільна смола (КВС) марок МКФ-1, НПС-3, Оксилин-5 ;

- Розчинник марок Р-646 або Р-647.

Полімерний композиційний захисний склад ЗС-3М виготовляється відповідно до технічних умов ТУ У 45.2-01116472-105:2006 «Склади захисні кольорові ЗС-1М і ЗС-3М для бетонних, залізобетонних і металевих конструкцій». Згідно даних технічних умов, виготовляється і наноситься в теплу погоду при вологості повітря 40–60% , температурі повітря не нижче +10°С і не вище +35°С.

Згідно даних технічних умов, дозування компонентів полімеркомпозиційного захисного складу ЗС-3М виконується по масі з точністю зважування смол ±2-4% (для розчинника та затверджувача ±1-1.5%).

Полімеркомпозиційного склад ЗС-3М виготовляється вручну об'ємом 3-5 л, або в будь якому типі змішувача примусової дії необхідного об'єму.

Технологія виготовлення та використання ЗС-3М:

- перемішування кам'яновугільної та епоксидної смоли;
- для придання необхідної в'язкості полімерної суміші до неї додається розчинник Р647. Тривалість змішування компонентів не менше 7 хвилин.

Безпосередньо перед виконанням робіт з нанесення в готову суміш додається затверджувач УП-583Д. Тривалість перемішування не менше 5 хвилин.

Життєздатність полімеркомпозиційного складу ЗС-3М об'ємом 0,5л складає 35-40 хвилин при температурі 20°С.

2.2.5.3 Підготовка цегляної поверхні склепіння водопропускної труби.

Перед встановленням листів металоін'єкційної сорочки виконується підготовка склепіння водопропускної труби. Для забезпечення максимально щільного прилягання металоін'єкційної сорочки до поверхні склепіння за допомогою перфоратора та кутової шліфувальної машинки збиваються та зрізаються всі нерівності та випуклості цегляної поверхні склепіння.

Необхідний проміжок між листами металоін'єкційної сорочки та склепінням водопропускної труби (товщина нагнітаємого за сорочку шару суперпластифікованої цементно – водної суспензії) забезпечується спеціальними фіксаторами та підсилюючою арматурою, яка приварена до внутрішньої поверхні сталевих листів сорочки.

2.2.5.4 Улаштування конструкції металоін'єкційної сорочки на склепінні труби.

Висота від низу водопропускної труби до вверху склепіння водопропускної труби складає 3,9 м , тому всі роботи по улаштуванню металоін'єкційної сорочки

виконуються на спеціальних підмостях, з виконанням всіх правил безпечного виконання робот та охорони праці.

Притиснувши сталеві листи до цегляного склепіння, через просвердлені отвори в листах за допомогою перфоратора, свердлами с алмазним напиленням, просвердлюємо шпури в цегляному склепінні на глибину 1 м, діаметр шпура складає - 0,014 м.

Для міцного зчеплення анкерів з шпурами в склепінням труби для забезпечення неможливості виривання листів сорочки при нагнітанні СПЦВС, перед забиванням, анкери, попередньо змащуються епоксидним компаундом (рис. 2.8)

Забивання анкерів в отвори цегляного склепіння труби через отворі, які були просвердлені в листах сорочки проводиться вручну(за допомогою молотів). Для уникнення можливого затвердіння епоксидного компаунда проміжок часу між змащуванням анкера епоксидним компаундом і його забиванням в отвори цегляного склепіння труби не повинен бути більше 15 хвилин.



Рисунок 2.8 - Змащуванням анкера епоксидним компаундом

2.2.5.5 Створення суцільної конструкції металоін'єкційної сорочки на склепінні.

Для створення суцільної конструкції металоін'єкційної сорочки виконується наступний комплекс робіт:

- приварювання шайб до анкерів;
- обрізання анкерів;
-зварювання швів між листами

Після того як, забиті в отвори склепіння труби анкери міцно зчепились з цеглою склепіння (за рахунок полімеризації епоксидного компаунда) для запобігання відриву листів при нагнітанні СПЦВС та кращого зчеплення анкерів до листів сорочки до них приварюються квадратні шайби товщиною 5 мм. розміром 50×50 мм і отвором 13 мм.

Перед початком робіт по зварюванню сталевих листів металоін'єкційної сорочки, необхідно зрізати за допомогою кутової шліфувальної машинки (болгарка) виступаючу за листи частину анкерів(рис. 2.9). Зрізання сталевих анкерів необхідно проводиться тільки після того зварювальний шов між шайбою та анкером повністю захолонув.



Рисунок 2.9 - Обрізання виступаючих частин анкерів

Зварювання швів між листами виконуються за допомогою напівавтоматичного зварювання. Це найбільш популярний метод для створення суцільної конструкції металоін'єкційної сорочки (рис. 2.10). Зварювальний дріт подається автоматично до зони вуглекислого газу або аргону. Таким чином забезпечується висока швидкість роботи та акуратний шов на листах товщиною від 0.5–3 мм. Перед зварюванням з поверхні сталевих листів необхідно видалити масляні плями, окалину та іржу. Так як товщина сталевих листів складає 2-3 мм, тому важливо час роботи з листами запобігти пропалюванню металу. При виконанні робіт з створення суцільної конструкції металоін'єкційної сорочки необхідно виконувати заходи з охорони праці та використовувати засоби індивідуального захисту (зварювальна маска, спецодяг та взуття, краги).



Рисунок 2.10 - Створення суцільно конструкції металоін'єкційної сорочки

2.2.6 Технологія проведення робіт з приготування та ін'єктування СПЦВС в проміжок між металоін'єкційною сорочкою і склепінням труби

Після закінчення робіт по створенню суцільної конструкції металоін'єкційної сорочки на ін'єктори встановлюються шарові крани для запобігання витоку СПЦВС після нагнітання в ін'єктор.

Для нагнітання проміжок між металоін'єкційною сорочкою і склепінням труби застосовується склад цементного суспензії (СПЦВС) зі спеціальною добавкою – суперпластифікатор С-3. Дана добавка виготовлюється з відходів целюлозно - паперової промисловості і є рідиною середньої щільності – водний розчин модифікованого за спеціальним методом лігносульфанату натрія. Молекули суперпластифікатору адсорбуються на поверхні частинок цементу і новоутворень, що формуються, утворюючи найтонший моно- або бімолекулярний шар, при цьому зменшується міжфразова енергія зчеплення і полегшується дезагрегація частинок цементу. Застосування суперпластифікатора С-3 дозволяє суттєво знизити водо-цементне відношення до 0,3-0,35. Значення цементного відношення (0,3-0,35), дозволяє отримувати суміші, які після затверджування мають максимально високі показники міцності, щільності та водонепроникності. При чому розроблена суміш не розшаровується, має більш швидкі терміни твердіння, що забезпечує стійкість до розмивання водою відразу після нагнітання проміжок між металоін'єкційною сорочкою і склепінням труби. Також при наборі міцності вона має значно меншу усадку, а після кінця твердіння має високі показники міцності, тріщиностійкості та водонепроникності. Невелика кількість добавки суперпластифікатора С-3 фактично не збільшує вартість СПЦВС.

Виготовлення СПЦВС проводиться безпосередньо перед його використання. Склад нагнітається ручним поршневим насосом, який призначений для транспортування розчинів по розчиноводу і використовується для нагнітання розчинів. Розчинонасос експлуатується в закритих приміщеннях або під навісом при температурі повітря від 0° до 40°С. Ручний розчинонасос забезпечує тиск не менше

1,6 МПа, та нагнітає СПЦВС через розчиноводи високого тиску в ін'єктори, які попередньо були приварені до листів металоін'єкційної сорочки . Нагнітання СПЦВС виконуються під тиском 0,2-0,6 МПа до підвищення тиску . При отриманні «відказу» та зменшення тиску через деякий період часу, тиск підвищують ступенями по 0,2 МПа, витримуючи кожну ступінь не менше 2 хв. Після цього виконуються роботи з «опресування» ін'єктора при максимальному тиску 1,2 МПа, який витримують не менше 10 хв. Нагнітання СПЦВС виконується за визначеною методикою по контуру склепіння водопропускної труби – знизу до середини з обох сторін, по ділянці – від середини водопропускної труби в напряму до оголовків. При виникненні витікання СПЦВС назовні металоін'єкційної сорочки, течі необхідно усувати цементом ГИР-2.

При нагнітанні розчиновод від розчинонасоса з'єднується з ін'єктором через шаровий кран. Для запобігання витоку СПЦВС після нагнітання, зняття кулькового крана і зрізання ін'єкторів з листів металоін'єкційною сорочкою виконується через 12-36 год. Нагнітання СПЦВС виконується з підмостків, на яких встановлені ручний розчинонасос з розчиноводами і ємкість для приготування СПЦВС..

Після нагнітання СПЦВС проміжок між металоін'єкційною сорочкою і склепінням труби .виконуються роботи з нанесення другого шару полімеркомпозиційного складу ЗС-3М. Конструкція металоін'єкційної сорочки у готовому вигляді наведена на рисунку 2.11.



Рисунок 2.9 Конструкція металоін'єкційної сорочки у готовому вигляді

2.2.7 Технологія виконання гідроізоляційних робіт за допомогою суміші проникаючої дії « ВІАТРОН - Універсал»

Технологію розроблено для проведення робіт з гідроізоляції, захисту від агресивного середовища стін труби із застосуванням матеріалу ВІАТРОН Універсал.

Роботи з гідроізоляції, захисту від агресивного середовища конструкцій і споруд виконуються при температурі навколишнього повітря і поверхні не нижче 1 ° С і не вище 40 ° С, виключаючи попадання прямих сонячних променів, у виняткових випадках, при виконанні термінових ремонтних робіт не нижче-10 ° і не вище 50 ° С.

Не допускається проводити роботи під час дощу або відразу після дощу, при вітрі, швидкість якого перевищує 10 м /с, при наявності криги на поверхні. Зазначені умови повинні підтримуватися не менше ніж за 2 доби до початку робіт і до здачі об'єкта в експлуатацію.

Технологічні стадії виробництва відновлювальних, ремонтних робіт

- підготовка поверхні стін труби
- підготовка матеріалів, пристроїв та їх приготування
- нанесення ремонтних матеріалів
- зміцнення, закладення тріщин, герметизація цементно-піщаних швів.

Технологія передбачає оптимальний темп виконання технологічних операцій, дотримання послідовності їх виконання, розподіл праці робітників відповідно до їх кваліфікації.

Технологія передбачає усунення наявних дефектів стін труби:

- відколи, тріщини, антикорозійний захист, відновлення конструкцій;
- заліковування тріщин в стінах з розкриттям від 0,01 мм до 0,3 мм на глибину не менше 7 мм. та експлуатацію конструкцій при температурі від мінус 30 ° С до плюс 50 ° С (довгостроково) після набору міцності розчином «Віатрон-Універсал».

Технічні вимоги до сухої суміші «Віатрон-Універсал» регламентовані: технічними умовами ТУ 26.6-31634788-001: 2006.

Характеристики застосовуваного матеріалу та умови доставки та зберігання.

З метою забезпечення подальшої надійної експлуатації стін труби для проведення ремонтно-відновлювальних робіт слід використовувати «ремонтну систему» - матеріали, узгоджуються між собою за хімічною природою та фізико-хімічними показниками.

Матеріали, що входять до складу «ремонтної системи» мають:

- аналогічні показники міцності з поверхнею, що ремонтується;
- високу адгезію;
- водостійкість;
- стійкість до впливів атмосферних навантажень;
- низьку усадку;
- високу паропроникність.

Виробництво робіт з даним матеріалом здійснюється за методом штукатурних робіт. Особлива формула складу матеріалів Віатрон забезпечує проникнення цього матеріалу в структуру швів цементного розчину через капілярну систему, що приводить до утворення кристалізації і герметизації пір в бетоні і, як наслідок, до утворення захисного гідроізоляційного бар'єру. Цементний розчин зберігає придбані властивості (збільшення водонепроникності, міцності на стиск і корозійної стійкості) на весь термін служби.

Матеріал «Виатрон Універсал» готують централізовано в заводських умовах і на будівельному майданчику доводяться до готового стану шляхом додавання води.

Вода для приготування розчинів із сухих сумішей застосовується відповідно до вимог СТБ 1114-98. Матеріал «ВІАТРОН Універсал» доставляють автомобільним транспортом критого типу відповідно до правилами перевезення вантажів, що діють на даному виді транспорту. При транспортуванні має бути виключено попадання в склади атмосферних опадів, порушення однорідності, попадання прямих сонячних променів.

Матеріал «ВІАТРОН Універсал» поставляють в багатошарових паперових мішках. Доставлені на будмайданчик матеріали складують у закритих складах. Матеріали у вигляді сухих будівельних сумішей допускається зберігати і

транспортувати при негативній температурі. Мішки складують на піддони в ряди по висоті не більше 1,8 м, дотримуючись відстань між піддонами рівне 1 м для вільного підходу. Ремонтно-відновлювальні роботи із застосуванням матеріалів «ВІАТРОН Універсал» виконуються згідно СНиП 3.04.03-85 і СНиП 3.04.01-87.

Для ефективного проведення ремонтних робіт необхідно встановити причини, ступінь і обсяг пошкоджень. Обсяг робіт визначається в залежності від вихідного стану відновлюваної поверхні

Поверхня стін труби при виробництві гідроізоляційних робіт попередньо очищають від цементного молочка, пилу, забруднень, жирових плям, сольового нальоту та інших речовин, здатних послабити адгезію. Ретельно просочити підставу водою до насичення.

При неможливості видалення з них продуктів вилуговування по тріщині виконується оброблення механізованим або ручним інструментом на глибину до 5 мм.

Матеріали «ВІАТРОН» готують до застосування безпосередньо за допомогою міксера або механізованим способом в розчинозмішувачі.

Суху суміш висипають у воду і ретельно розмішують до тих пір, поки не отримають густу однорідну пластичну масу без грудок. Розмішування роблять за допомогою низькооборотної електромішалки або перфоратора, електродрилі зі спеціальною насадкою (міксером).

При нанесенні витрата матеріалу складає 1,8-2,0 кг. на 1 м^2. Розчин повинен знаходитися в стані спокою приблизно 5 хвилин, після чого його знову перемішують. Готується стільки розчину, скільки необхідно для роботи протягом 45-60 хвилин. У процесі роботи перемішування розчину періодично повторюють. Співвідношення сухої суміші до води повинно бути на 1 кг сухої

Поверхня в період схоплювання і твердіння суміші повинні бути забезпечені від заморожування, висихання, механічних пошкоджень і хімічних впливів: протягом 12 годин.

Покриття по досягненні 70% -ної проектної міцності (через 8-10 годин після нанесення) необхідно зволожувати розпорошеною струменем води. Режим зволоження призначають залежно від температури та вологості повітря . Найменше число зволожень протягом доби при температурі повітря 10-25° С повинно бути від 2 до 4 разів на протязі 7 діб. При температурі повітря нижче +5° С зволожувати поверхню не слід. При відносній вологості повітря більше 90% можна змочувати поверхню потрібно один раз на добу. Вода, використовувана для поливання, повинна задовольняти вимогам, що пред'являються до води, застосовуваної для замішування ремонтної суміші. В умовах безпосереднього впливу сонячних променів на бетонну поверхню і сильного вітру, крім регулярної поливання в процесі твердіння суміші, бетонну поверхню слід вкривати поліетиленовою плівкою або вологою мішковиною.

Перевірку якості виконаних робіт виробляють ретельним зовнішнім оглядом. Покриття повинне бути рівним, без пропусків. Через добу після обробки не повинно бути лущення поверхні. Перевірку якості гідроізоляції конструкцій здійснювати не раніше ніж через 48 годин після застосування ремонтних матеріалів.

2.2.8 Підсилення вхідного оголовка

Підсилення вхідного оголовка, виконується з метою відновлення та підвищення його несучої здатності і жорсткості.

Перед ремонтом конструкції підсилення оголовка труби їх необхідно очистити від бруду. Очищення виконують частково вручну, а також за допомогою гідропіскоструминого апарату. Після підготування поверхні виконують роботи по влаштуванню анкерів. Для цього в цегляному склепінні пробурюємо отвори 10 штук, діаметром 14 мм на відстані 50 см, паралельно горизонтальній вісі труби, в які встановлюються анкери діаметром 12 мм та довжиною 1000 мм, арматура класу А-II і заробляються епоксидним компаундом. Кожному анкеру, на кінці, приварюється металева шайба, розміром 50×50 мм. Після чого усі анкери з'єднуються між собою одним стержнем арматури, діаметром 12 мм.

Підсилення конструкції закінчується штукатуркою її поверхні бетонним розчином, товщина шару якого становить 2 см.

2.2.9 Виробництво робіт по нанесенню на внутрішню поверхню захисного складу ЗС-3М

Захисний склад ЗС – 3М призначений для ізоляції кам'яних , бетонних, розчинних і цементних поверхонь від дії атмосферних факторів.

Він складається з епоксидної смоли ЕД-20, отверджувача УП-583 кам'яновугільної смоли, розчинник Р-647. КВС – кам'яновугільна смола, є побічним продуктом пироліза при коксуванні кам'яного вугілля на коксохімічних заводах. КВС являє собою в'язку чорну рідину із специфічним запахом.

Нанесення складу виконується за допомогою пересувного агрегату СО – 92 А повітряного розпилення. Технічні характеристики агрегату СО – 92 А наведено в таблиці 2.4. Агрегат має високу продуктивність. Нанесений на поверхню швів склад повинен являти собою надійне покриття, товщиною 0.5-2мм.

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика агрегату СО – 92 А

Показники	Значення
Продуктивність по фарбуванню, $м^2/ч$	500
Обсяг баку, л	50
Робочий тиск, МПа	0,4
Висота подання, м	40
Компресор:	
тип	СО – 7Б
робочий тиск, МПа	0,6
встановлена потужність, кВт	4
напруга, В	380
Габаритні розміри агрегата без дишла, мм	1700×9200×1100
Маса агрегата, кг	540

Склад ЗС– 3М повинен виготовлятися безпосередньо перед використанням часу, необхідного для дозування компонентів, перемішування, нанесення.

Склад ЗС–3М використовують при температурі навколишнього середовища не нижче $+10^0$С і не вище $+35^0$С

Перед використанням в суміш епоксидної смоли, кам'яновугільної смоли та портландцементу в потрібних співвідношеннях додають отверджувач УП – 583. Час змішування – не менше 5 – 7 хвилин.

Перед нанесенням складу на поверхню необхідно підготувати поверхню. Вона повинна бути відчищена від продуктів корозії, забруднень, жирів.

Відчистку поверхні від забруднень рекомендується виконувати гідроструйним або піскоструйним способами.

.

2.3 Заключні роботи

Після закінчення виконання основних робіт виконуються заключні роботи.

В заключний період необхідно прибрати все сміття з будівельного майданчика, вивезти пусту тару з під матеріалів, які використовувались.

Провести розкомплектування будівельного майданчика, вивезти обладнання, установки та пристрої. Виконати розробку пристроїв освітлення на майданчику. Необхідно залишити ділянку навколо труби у належному стані.

3 Техніко-економічні показники та календарний графік виконання робіт по ремонту труби

3.1 Визначення об'ємів матеріалів для виконання ремонтних робіт

3.1.1 Визначення витрат щебеню та бетону для влаштування розпірної плити

Кількість щебеню для щебеневої підготовки під розпірну плиту, розраховується за формулою:

$$V_{ш.під.}=L_{ст.тр.}\times h_{ш.під.}\times b, \quad (3.1)$$

де $L_{ст.тр.}$ – довжина труби (м);

$h_{ш.під.}$ – товщина щебеневої підготовки (м);

b – ширина труби (м).

$$V_{ш.під.}=10,8\times 0,15\times 2,5=4,05 \text{ м}^3.$$

Об'єм бетону для влаштування розпірної плити, визначається за формулою:

$$V_{бет.}=L_{ст.тр.}\times h_{п.}\times b, \quad (3.2)$$

де $L_{ст.тр.}$ – довжина труби (м);

$h_{п.}$ – товщина плити (м);

b – ширина труби (м).

$$V_{бет.}=10,8\times 0,15\times 2,5=4,05 \text{ м}^3.$$

Кількість матеріалів для бетонування:

Щебінь	3,51 м³
Пісок	1,7 м³
Цемент	1,53 т
Вода	0,75 т
Суперпластифікатор С-3	0,0092 т

Розрахунок складу бетону виконується за допомогою програми ПСБ-1, яка розроблена вченими кафедри БМКС УкрДАЗТ. Інтерфейс програми ПСБ-1 зображено на рисунку 3.1

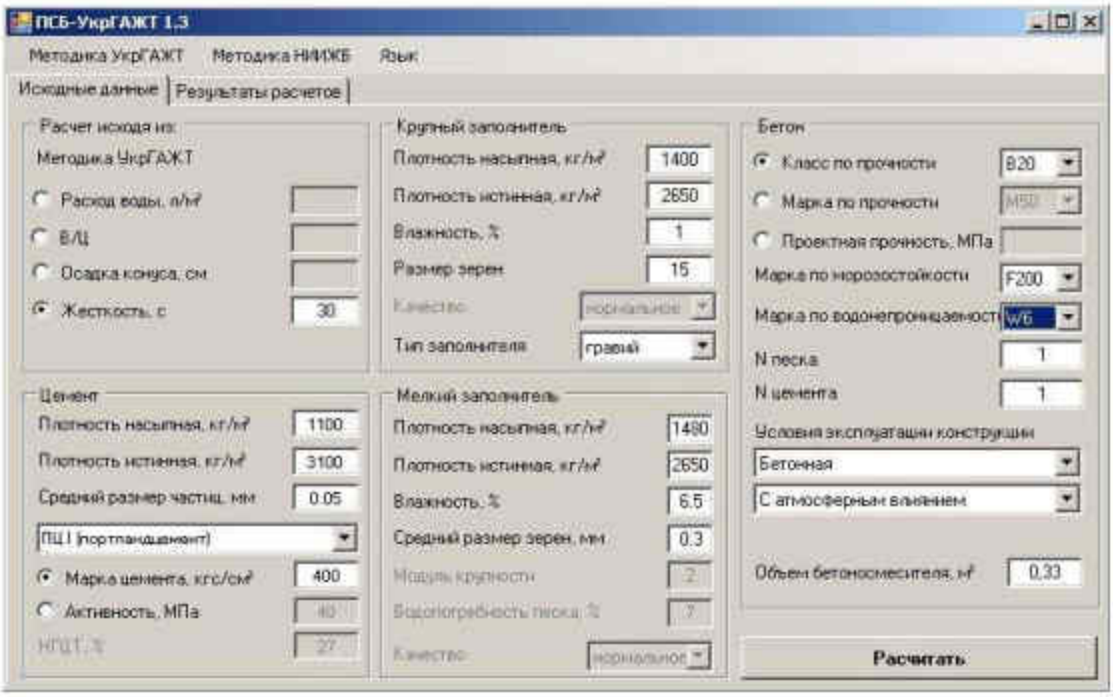


Рисунок - 3.1 Інтерфейс програми ПСБ-1 УкрДАЗТ

3.1.2 Визначення витрат матеріалів для бетонування конструкції підсилення стіни

Визначаємо кількість стержнів повздовжньої арматури(шт.):

$$n_{повз}=l_{повз}/x\times K_c, \qquad (3.3)$$

де x – розмір комірки (0,2 м);

$l_{повз}$ – довжина одного стержня повздовжньої арматури (м), яку приймаємо $l_{повз}$=3,4 м;

K_c – кількість арматурних сіток, 2 шт. – розміром 3,4×2,7 м.

$$n_{повз}=3,4/0,2\times2=34 \text{ шт.}$$

Визначаємо масу повздовжньої арматури (т):

$$Q_{повз}=\pi(d^2/4)\times n_{повз}\times\rho_A, \quad (3.4)$$

де: d – діаметр повздовжньої арматури (10 мм);

ρ_A – щільність арматури (7,8 т/м^3).

$$Q_{повз}=3,14\times(0,01^2/4)\times34\times7,8=0,021 \text{ т.}$$

Визначаємо кількість стержнів поперечної арматури(шт.):

$$n_{поп}=l_{поп}/x\times K_c, \quad (3.5)$$

де $l_{поп}$ – довжина одного стержня поперечної арматури (2,7 м);

x – розмір ячейки сітки (0,2 м);

K_c – кількість арматурних сіток (шт.).

$$n_{поп}=2,7/0,2\times2=27 \text{ шт.}$$

Визначаємо масу поперечної арматури (т):

$$Q_{поп}=\pi(d^2/4)\times n_{поп}\times\rho_A, \quad (3.6)$$

де d – діаметр поперечної арматури (10 мм);

ρ_A – щільність арматури (7,8 т/м^3)

$Q_{повз}$=3,14×(0,01^2/4)×27×7,8=0,017 т.

Визначаємо кількість анкерів(шт.):

$$K_б=h/z\times f/z, \quad (3.7)$$

де z – відстань між шпурами (0,40 м);

h – висота вивалу в стіні(2,7 м);

f – довжина вивалу в стіні(3,4 м).

$K_б$=2,7/0,4×3,4/0,4=56 шт.

Визначаємо масу анкерних болтів(т):

$$Q_б=\pi(d^2/4)\times L\times K_б\times\rho_A, \quad (3.8)$$

де d – діаметр анкерного болта(12 мм);

L – довжина одного анкерного болта(1 м);

$K_б$ - кількість анкерних болтів(шт.);

ρ_A – щільність арматури (7,8 т/м^3).

$Q_б$=3,14(0,012^2/4)×1×56×7,8=0,049 т.

Визначаємо об'єм бетонної суміші для бетонування вивалу(м^3):

$$V_{вив.}=L_{вив.}\times h_{вив.}\times f_{вив.}, \quad (3.9)$$

де $L_{вив.}$ – довжина ділянки труби з вивалом, м;

$h_{вив.}$ – середня висота вивалу, м;

$f_{вив.}$ – середня глибина вивалу, м.

$$V_{вив.}=3,4\times2,7\times0,6=5,42 \text{ м}^3.$$

Кількість матеріалів для бетонування:

Щебінь	7,253 м³
Пісок	2,268 м³
Цемент	2,042 т
Вода	1,01 т
Суперпластифікатор	0,0122 т

3.1.3 Визначення об'ємів матеріалів для улаштування металоін'єкційної сорочки

Розрахунок необхідної кількості листів металу

Довжина труби, що ремонтується складає 10.8 м, загальна розгортка склепіння 3,8 м. Металеві листи використовуються висотою 1.9 м і шириною 1 м, товщина листа 3 мм.

Загальна площа S, м^2, складає:

$$S=a\times l, \quad (3.10)$$

де a – загальна розгортка склепіння, м;

l – довжина труби, м.

$$S=3,8\times10,8=41,04 \text{ м}^2.$$

Визначимо необхідний об'єм сталі V, м^3:

$$V=S\times h, \quad (3.11)$$

де h – товщина листів (3мм).

$$V=41,04\times0,003=0,12312 \text{ м}^3.$$

Отже маса листів для сорочки m, т, становить:

$$m=V\times7.8, \quad (3.12)$$

де 7,8 – густина сталі (т/м³).

$$m=0,12312\times7,8=0,96 \text{ т}.$$

Тобто, для створення металічної сорочки по склепінню необхідно 0,96 т металу.

Для сорочки необхідно 22 листа розміром 1×1.9 м,

Визначення необхідної довжини та маси анкерів

Для закріплення листів сорочки до стіни приймаємо 8 анкерів на один лист обойми. Розміщення анкерів на листі вказано в графічній частині дипломного проекту.

Загальна кількість анкерів n, шт.:

$$n=22\times8=176 \text{ шт.}$$

Довжина одного анкера становить 1 м, діаметром 12 мм.

Загальна довжина анкерів L, м, становитиме,

$$L=n\times l, \quad (3.13)$$

де n – кількість анкерів;

l – довжина одного анкера.

$$L=176\times1=176 \text{ м.}$$

Визначимо об'єм сталі для анкерів V_A, м³:

$$V_A=\frac{\pi d^2}{4}\times L, \quad (3.14)$$

$$V_A=\frac{3{,}14\times0{,}012^2}{4}\times176=0{,}02 \text{ м}^3.$$

Масу анкерів M_A, т, визначимо по формулі:

$$M_A=V_A\times7{,}8, \quad (3.15)$$

$$M_A=0{,}02\times7{,}8=0{,}156 \text{ т.}$$

Визначення загальної маси квадратних шайб

Кількість шайб відповідає кількості анкерів і складає 176 штук.

Об'єм сталі для шайб $V_ш$, м³, складатиме:

$$V_ш=(a\times b-\frac{\pi d^2}{4}\times h)\times n, \quad (3.16)$$

де a – довжина шайби;

b – ширина шайби;

h – товщина шайби;

n – кількість шайб.

$$V_ш=(0{,}05\times0{,}05-(3{,}14\times0{,}012^2/4)\times0{,}005)\times96=0{,}002 \text{ м}^3.$$

Маса шайб $M_ш$, т, визначається за формулою:

$$M_ш=V_ш\times7,8, \quad (3.17)$$

$$M_ш=0,002\times7,8=0,0156 \text{ т.}$$

Визначення загальної довжини поперечних стержнів, їх об'єму та маси

На один погонний метр стін труби витрачається 8 м повздовжньої арматури діаметром 12 мм. Загальна довжина ділянки склепіння, під металеву сорочку складає 10.8 м. Розміщення арматури на листі вказано в графічній частині дипломного проекту.

Об'єм поздовжньої арматури $V_{пов.а.}$, м^3:

$$V_{пов.а.}=\frac{\pi d^2}{4}\times L, \quad (3.18)$$

де L – загальна довжина поздовжньої арматури.

$$V_{пов.а.}=\frac{3,14\times0,012^2}{4}\times8\times10,8=0,039 \text{ м}^3.$$

Загальна маса стержнів $M_{пов.а.}$, т:

$$M_{пов.а.}=V_{пов.а.}\times7,8, \quad (3.19)$$

$$M_{пов.а.}= 0,039\times7,8=0,305\text{т.}$$

Тобто, необхідно 0,305 т повздовжньої арматури, яка розташовується в дві полоси по ширині листа.

Визначення необхідної кількості ін'єкторів

На один лист обойми приймаємо один ін'єктор. Розміщення ін'екторів на листі вказано в графічній частині дипломного проекту.

Для всієї труби кількість ін'екторів становитиме – 22шт.

Довжина одного ін'єктора становить 70мм, діаметр 20мм, товщина стінки 2мм.

Загальна довжина ін'екторів L_i, м,

$$L_i=N_i \times l, \quad (3.20)$$

де N_i – кількість ін'екторів;

l – довжина одного ін'єктора.

$$L_i=22\times0,07=1,54 \text{ м.}$$

Визначаємо загальну масу ін'екторів . Масу одного погонного метра ін'єктора Q приймаємо 6,4 кг.

Маса ін'екторів становить:

$$M_i = L_i \cdot Q \quad (3.21)$$

$$M_i=1,54\times6,4=0,096 \text{ т.}$$

Визначення необхідної кількості кутників

Кутник приймаємо по сортаменту згідно з ГОСТ 8509-93

Номер профілю – 5

Ширина полиці – 50мм

Товщина стінки – 5мм

Маса 1 м довжини профілю становить – 3,77кг

Загальна довжина кутників – 29,6 м.

Загальна маса становитиме – 0,094 т.

3.1.4 Визначення витрат СПЦВС для нагнітання під металоін'єкційну сорочку

Витрата СПЦВС для нагнітання в сорочку V, м³, складає:

$$V_{спцвс} = a \times l \times 0{,}02, \quad (3.22)$$

де 0,02 – товщина зазору між листами обойми та стіною, см.

$$V_{спцвс} = 3{,}8 \times 10.8 \times 0{,}02 = 0{,}821 \text{ м}^3.$$

Визначимо витрати компонентів СПЦВС

$$V_{спцвс} = \frac{Ц}{\rho} + \frac{В}{\rho}, \quad (3.23)$$

$$Ц = \frac{V}{В/Ц + \frac{1}{\rho}} \quad (3.24)$$

Для забезпечення максимальної міцності і щільності, водонепроникності, тріщиностійкості СПЦВС приймаємо В/Ц рівним 0,3.

$$Ц = \frac{0{,}821}{0{,}3 + \frac{1}{3{,}1}} = 1{,}32 \text{ т}.$$

де 3,1 – істинна густина цементу, т/ м³.

Визначимо витрати води

$$В=Ц\times\frac{В}{Ц}, \quad (3.25)$$

$$В=1,32\times0,3=0,396 \text{ т.}$$

Витрати суперпластифікатора С-3 складатиме:

$$СП=1,32\times0,01=0,013 \text{ т}$$

5.1.5 Визначення необхідної кількості «ВІАТРОН Універсал» для гідроізоляції стін труби

Визначаємо загальну площу стін труби ($м^2$):

$$S_{ст}= l_{ТР}\times2\times h_{ст} \quad (3.25)$$

де: $l_{ТР}$ – довжина труби(м);

$h_{ст}$ - висота стіни (м).

$$S_{ст}= 10.8\times2\times3.4= 73,44 \text{ м}^2$$

Визначаємо витрату суміші «ВІАТРОН Універсал» на улаштування гідроізоляційного шару (т) :

$$М_{сум}= 73,44\times0.004=0,294 \text{ т}$$

де: 0.004 т витрата суміші на 1 $м^2$

Визначаємо витрату сухої частини суміші «ВІАТРОН Універсал» на улаштування гідроізоляційного шару.

Співвідношення сухої суміші до води улаштування гідроізоляційного шару складає на 1 кг сухої суміші 28 % води. Витрата сухого компоненту при такому

відношенні на 1 кг суміші складає 0.78 кг, води 0.22 кг. Таким чином для улаштування гідроізоляційного шару необхідно 0.229 т сухої частини та 0.065 т води.

3.1.6 Визначення об'єму матеріалів для фарбування поверхні труби та розпірної плити полімеркомпозиційним складом ЗС-3М

Витрата ЗС-3М на фарбування $V_{ЗС-3М}$, буде:

$$V_{ЗС-3М}=(a+ b) \times l \times 0{,}001, \quad (3.27)$$

де 0,001 – товщина покриття.

$$V_{ЗС-3М}=(3{,}8+ 2{,}5)\times 10.8\times 0{,}001=0{,}068 м^3.$$

Таблиця 3.1 – Склад ЗС-3М

Назва компонентів	Одиниці виміру	Кількість
Епоксидна смола ЕД-20	Масових часток	10
Затверджувач УП-583Д	Масових часток	2,5
Кам'яновугільна смола КВС	Масових часток	15
Розчинник Р647	Масових часток	10

Визначаємо долі складу, що приходяться на одну масову частку:

$$M_ч=V_{ЗС-3М}/37{,}5, \quad (3.28)$$

де 37,5 – числових масових часток.

$$М_ч=0,068/37,5=0,0018 м^3.$$

Визначаємо витрату ЕД-20:

$$М_{ед}=М_ч×10×ρ_{ед}, \quad (3.29)$$

де $ρ_{ед}$ – густина ЕД-20 (1,2 т/м³).

$$М_{ЕД}=0,0018×10×1,2=0,021 т$$

Витрата УП-583Д становитиме:

$$М_{уп}= М_ч×2,5×ρ_{уп}, \quad (3.30)$$

де $ρ_{уп}$ – густина затверджувача (1,1 т/м³).

$$М_{уп}=0,0018×2,5×1,1=0,005 т$$

Визначення витрат кам'яновугільної смоли КВС:

$$М_{квс}=М_ч×15×ρ_{квс}, \quad (3.31)$$

де $ρ_{квс}$ – густина кам'яновугільної смоли (1,05 т/ м³).

$$М_{квс}=0,0018×15×1,05=0,028 т.$$

Визначимо витрати розчинника Р-647:

$$М_{Р-647}= М_ч×10× ρ_{Р-647}, \quad (3.32)$$

де $ρ_{Р-647}$ – густина розчинника(0,9 т/м³).

$$М_{Р\text{-}647}=0,0018\times10\times0,9=0,016\ т$$

3.2 Календарний графік виконання робіт по ремонту труби

3.2.1 Улаштування з'їзду і будівельного майданчика

Роботи по влаштуванню будівельного майданчика включають в себе:

- планування поверхні майданчика бульдозером 200 м^2;

- зміцнення поверхні майданчика щебенем;

- доставка, розвантаження та розміщення на будівельному майданчику робочого обладнання.

Роботи виконуються на протязі 4 дні бригадою з 3 чоловік.

3.2.2 Очищення русла труби від мулу

Порядок виконання робіт наступний:

- очищення русла труби від мулу 10,8 м^3;

- виведення наносів ручними візками за межі труби в сторону вхідного оголовка.

Роботи виконуються на протязі 5 днів бригадою з 4 чоловік.

3.2.3 Засипка русла труби щебенем

Порядок виконання робіт наступний:

- підвезення щебеню до місця укладки за допомогою ручних візків 0,5 м^2;

- планування щебеню вручну по ширині труби.

Роботи виконуються на протязі 6 днів бригадою з 4 чоловік.

3.2.4 Влаштування розпірної плити

Роботи по влаштуванню розпірної плити включають в себе:

- виготовлення бетонної суміші 4,05 м^3;
- транспортування бетонної суміші до місця укладки ручними візками;
- укладення бетонної суміші;
- вібрування свіжоукладеної бетонної суміші за допомогою віброрейки;
- планування поверхні плити за допомогою кельми вручну.

Роботи виконуються на протязі 5 днів бригадою з 6 чоловік.

3.2.5 Гідроструминне очищення поверхні труби

Порядок виконання робіт наступний:

- приготування ємкості з водою;
- підготовка та настроювання гідро струминної установки до роботи;
- гідроструминне очищення поверхні труби 206,95 м^2.

Роботи виконуються на протязі 2 днів бригадою з 2 чоловік.

3.2.6 Виготовлення арматурного каркасу і встановлення опалубки

Роботи по виготовленню арматурного каркасу і встановленню опалубки включають в себе:

- заготовку арматури відповідної довжини для арматурного каркасу, для анкерів 0,16 т;
- зв'язування арматури по розмірах дротом;
- встановлення та замоноличення анкерів в стіні;
- навішування арматурного каркасу на анкери та прив'язування її до анкерів за допомогою дроту;

- встановлення опалубки по необхідних розмірах та міцне і надійне її закріплення.

Роботи виконуються на протязі 2 дня бригадою з 3 чоловік.

3.2.7 Виготовлення бетонної суміші та бетонування конструкції підсилення стіни кам'яної труби

Порядок виконання робіт наступний:

- виготовлення бетонної суміші 5,4 м^3;
- транспортування бетонної суміші до місця укладки ручними візками;
- укладення бетонної суміші;
- вібрування свіжоукладеної бетонної суміші;
- планування поверхні конструкції підсилення стіни за допомогою кельми вручну.

Роботи виконуються на протязі 2 днів бригадою з 6 чоловік.

3.2.8 Влаштування металоін'єкційної сорочки

Порядок виконання робіт наступний:

- свердління отворів заданої глибини та діаметру, установка анкерів;
- монтаж металоін'єкційної сорочки;

Роботи виконуються на протязі 10 днів бригадою з 6 чоловік.

3.2.9 Нагнітання СПЦВС між металевою сорочкою та конструкцією труби

- приготування СПЦВС 0,821 м^3;
- підготовка до роботи розчинонасоса;
- нагнітання СПЦВС між металевою «сорочкою» та конструкцією труби.

Роботи виконуються на протязі 4 днів бригадою з 4 чоловік.

3.2.10 Технологія виконання гідроізоляційних робіт за допомогою суміші проникаючої дії « ВІАТРОН - Універсал»

Порядок виконання робіт наступний:

- підготовка поверхні стін труби
- підготовка матеріалів, пристроїв та їх приготування
- зміцнення, закладення тріщин, герметизація цементно-піщаних швів
- нанесення ремонтних матеріалів.
- догляд за нанесеним покриттям

Роботи виконуються на протязі 5 днів бригадою з 6 чоловік.

3.2.11 Ремонт вхідного та вихідного оголовків

Порядок виконання робіт наступний:

- гідроструминне очищення поверхні оголовків труби;
- свердління отворів заданої глибини та діаметру, установка анкерів;
- з'єднання анкерів між собою, одним стержнем арматури;
- тинькування оголовка труби, товщина шару 2 см
. очищення слабкої кладки між каменями;
- приготування високоміцного складу ;
- зачеканка швів високоміцним складом;

Роботи виконуються на протязі 4 дня бригадою з 6 чоловік.

3.2.12 Приготування та нанесення полімеркомпозиційного складу ЗС-ЗМ на поверхню труби

Порядок виконання робіт наступний:

- приготування ЗС-ЗМ 0,532 м^3;

- підготовка до роботи компресорів;

- нанесення полімеркомпозиційного складу ЗС-ЗМ на поверхню труби та оголовків 206,95м^2.

Роботи виконуються на протязі 3 днів бригадою з 4 чоловік.

3.2.13 Розкомплектування будівельного майданчика

Роботи виконуються на протязі 2 днів бригадою з 3 чоловік.

Загальний термін виконання робіт по ремонту труби за календарним графіком складає 43 дня.

Календарний графік виконання робіт наведений у графічній частині кваліфікаційної роботи.

Перелік використаних джерел

1. ДБН В.2.4-8:2014 "Визначення розрахункових гідрологічних характеристик"

2. ДСТУ.Б.В. 2.7-43-96. Бетони важкі. Технічні умови: Затв. 27.04.1996. – К.: Нацстандарт України, 1996. – 6 с.

3. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби. Основні вимоги проектування [Текст]: Затвер. 06.05.2006. – К.: Мінбуд України 2009. – 36 с.

4. Оцінка технічного стану та експлуатаційної придатності інженерних споруд на залізницях України СОУ 45.120-00034045-015: 2012 [Текст] / К.- ТОВ «Інпресс», 2013.- 99 с.

5. Інструкція по утриманню штучних споруд. ЦП/0282 [Текст] / – К. -ТОВ «Інпресс», 2013. – 143 с.

6. Мости, труби і тунелі: Підручник[Текст]/ Й.Й. Лучко, О.С. Распопов, П.М. Коваль – Львів. КАМЕНЯР, 2014 -879 с

7. Мости: конструкції ти надійність [Текст]/ Й.Й. Лучко, П.М. Коваль, Корнієв М.М. та інш. – Львів. КАМЕНЯР, 2005 -992 с

8. ДБН В.2.3-20:2008. Мости і труби. Виконання та приймання робіт [Текст].– К Мінрегіонбуд України, 2008. – 122 с.

9. ДБН Д1.1-7214-1-2004. Правила визначення проектно-вишукувальних робіт для будівництва, що здійснюється на території України [Текст]: Затвер. 14.12.2000. – К.: Держбуд України, 2004. – 32 с.

10. Захист будівельних конструкцій та споруд від агресивних впливів [Текст]/ А.А.Плугін, І.Е.Казімагомедов, О.О.Скорик, Т.О. Костюк, О.Б.Деденьова, О.А. Калінін.- Харків: УкрДУЗТ; ХНУБА, 2017.- 188 с. с.

11. Інструкція щодо виконання робіт з нагнітання розчинів за обробку тунелів. ЦП-0136 : Вид. офіц. Затв. Наказ Укрзалізниці 07.12.2005р. №681-ЦЗ / М-во транспорту та зв'язку України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця, Головне управління колійного господарства. - К., 2006. - 105 с.

12. Хлапук М.М., Шинкарук Л.А., Дем'янюк А.В., Дмитрієва О.А. Г46 Гідротехнічні споруди: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 241 с.

13 Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт : ЦП 0067 / В. В. Рибкін, А. П. Татуревич, Мойсеєнко К. В., Уманов М. І., О. М. Патласов ; М-во транспорту України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Головне управління колійного господарства. - Дніпропетровськ : Арт-Пресс, 2001. - 132

3

Додаток А

Ілюстративний матеріал

Український державний університет залізничного транспорту

Кафедра будівельні матеріали, конструкції та споруди

КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ ВОДОПРОПУСКНОЇ ТРУБИ З ПОСТІЙНИМ ВОДОТОКОМ З ВІДНОВЛЕННЯМ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТА ГІДРОІЗОЛЯЦІЄЮ КОНСТРУКЦІЙ. КОМПЛЕКСНИЙ ПРОЄКТ.

Ілюстративний матеріал до кваліфікаційної роботи бакалавра

123.192.2026 ПЗ

Розробив: студент групи 131-ПЦБ-Д23
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»

_____ Сергій БАЛО
(підпис)

Керівник: доцент, канд. техн. наук,

_____ Олег КАЛІНІН
(підпис)

Нормоконтролер: доцент. канд. техн. наук

_____ Олег ГЕРАСИМЕНКО
(підпис)

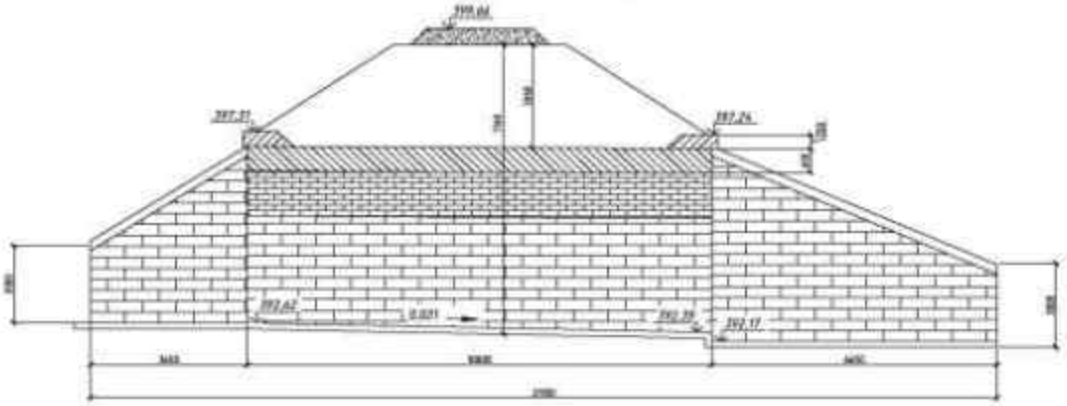
Завідувач кафедри: професор д-р. техн. наук,

_____ Дмитро ПЛУГІН

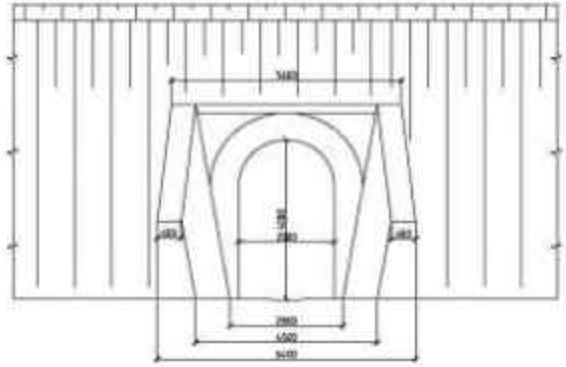
Харків - 2026

СХЕМА ТРУБИ

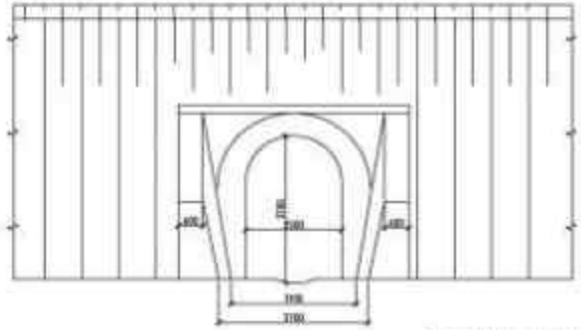
Розріз по вісі труби

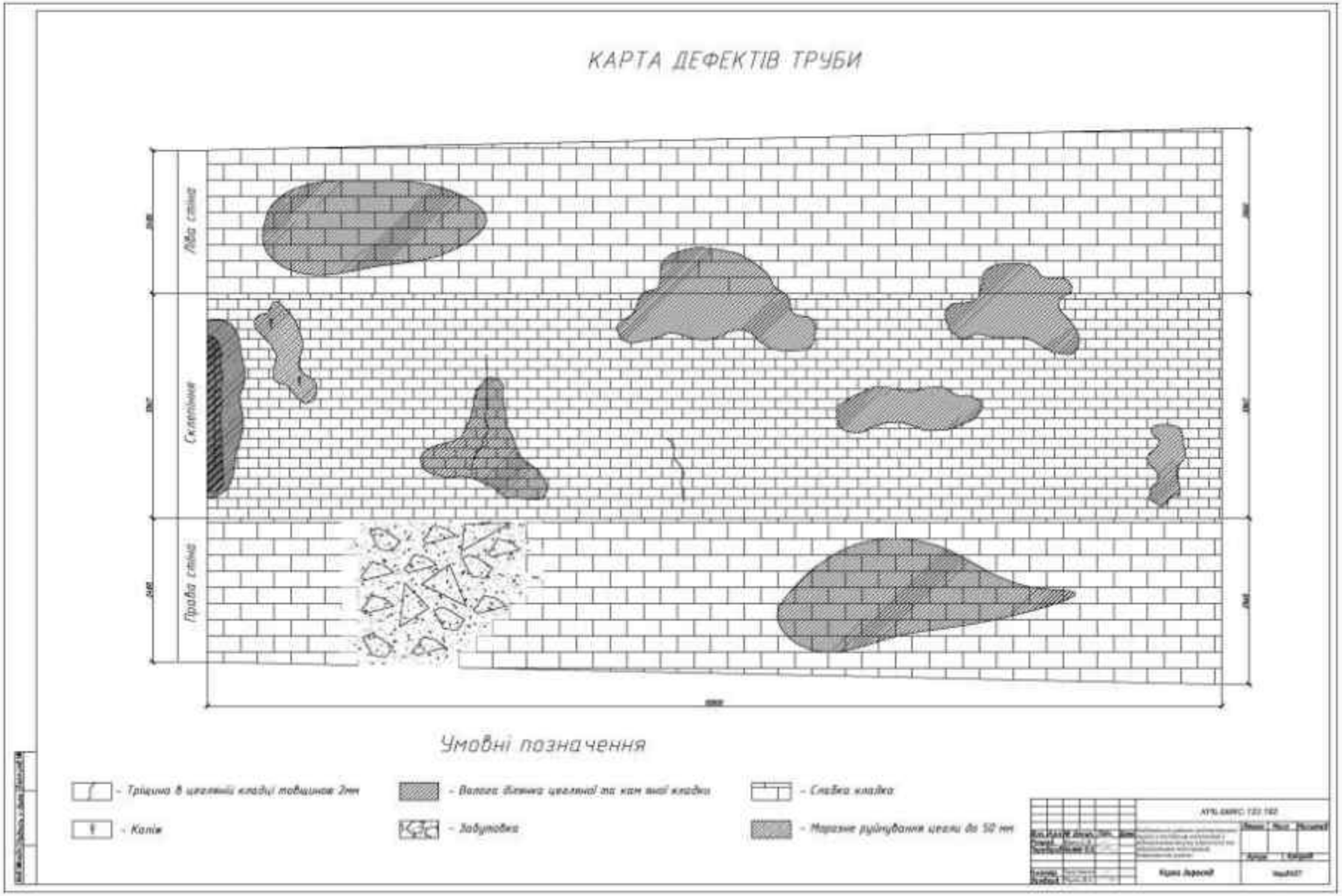


Фасад вихідного оголовка



Фасад вхідного оголовка

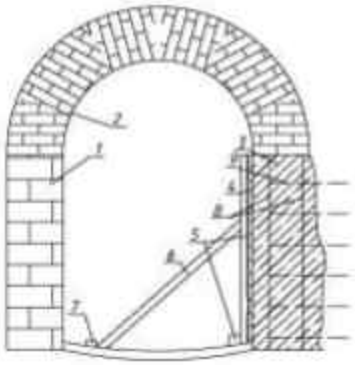



КАРТА ДЕФЕКТІВ ТРУБИ
Ліва стіна
Склепіння
Права стіна
Умовні позначення
- Тріщина в цегляній кладці товщиною 2мм
- Вологa ділянка цегляної та кам'яної кладки
- Слабка кладка
- Колія
- Забутовка
- Маразне руйнування цегли до 50 мм

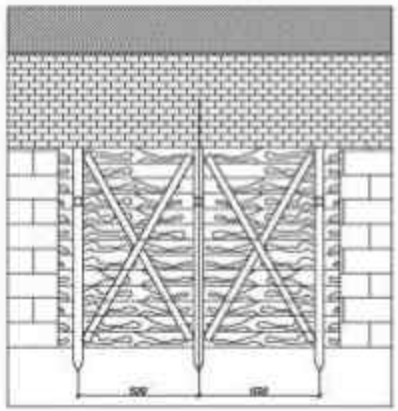
РЕМОНТ КОНСТРУКЦІЇ ТРУБИ

Схема бетонування вивалів у трубі

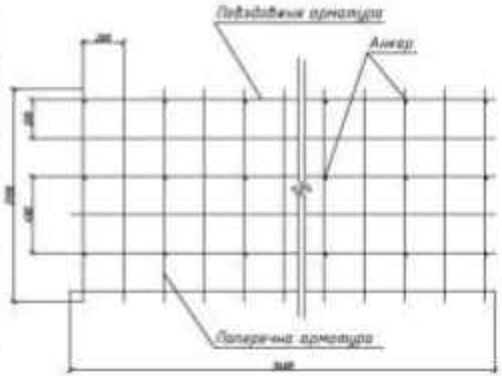
Умовні позначення



1. Стара кам'яна стіна
2. Цеоляне слепіння
3. Свіжоукладений бетон
4. Дошка Н-40 мм
5. Підсилюючий брус 100х100 мм
6. Розпірка
7. Клин
8. Арматурний каркас
9. Анкер
10. СПЦВС
11. Ін'єктор
12. Різчиновід
13. Ємність
14. Ручний насос



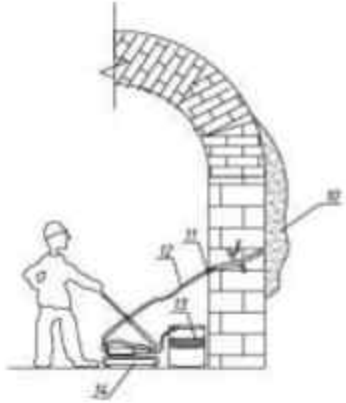
Арматурний каркас

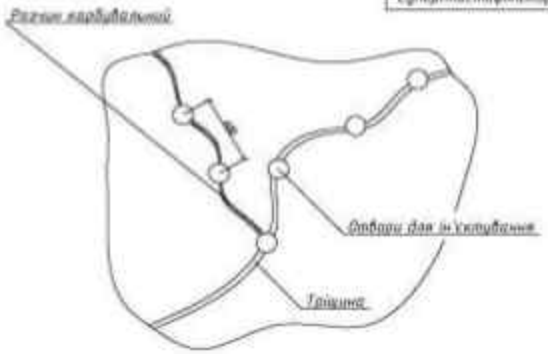


Витрати бетону

Склад суміші	Маса, т
Щебінь	7,253
Пісок	2,268
Цемент	2,042
Вода	1,010
Суперпластифікатор	0,0122

Нагнітання СПЦВС в тріщини конструкції труби





Витрати матеріалу для СПЦВС

Найменування	Маса, т
Цемент	2,6
Вода	0,78
Суперпластифікатор С-3	0,01

Вид арматури

Найменування	Вид	d,мм	Кількість,шт
Повздовжня арматура	——	10	28
Поперечна арматура	——	10	34
Арматура для анкерів	——	10	56

УЛАШТУВАННЯ МЕТАЛОІН'ЄКЦІЙНОЇ СОРОЧКИ

Конструкція металоін'єкційної сорочки

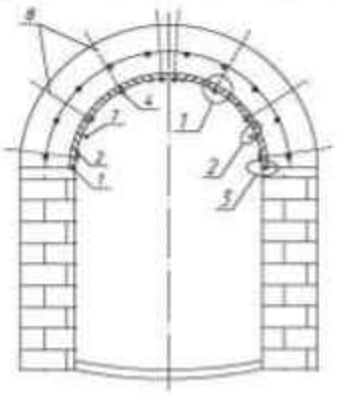
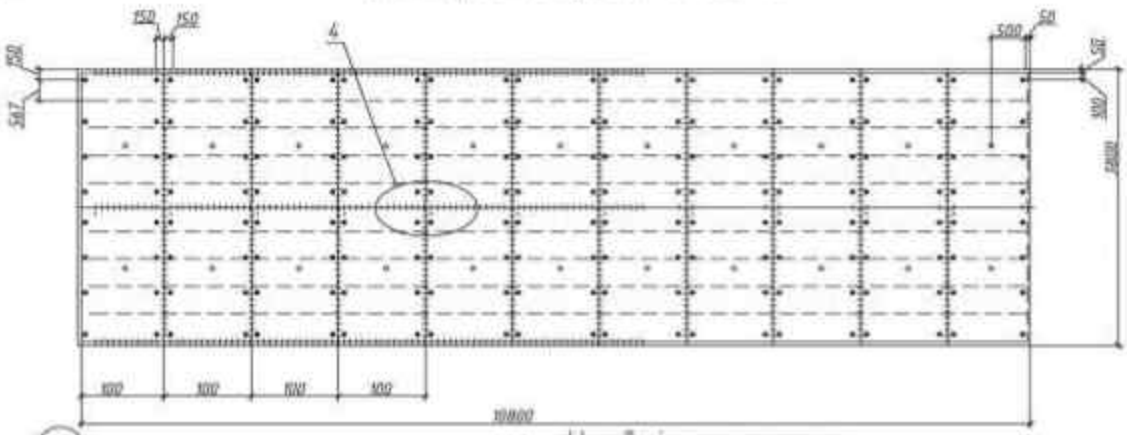
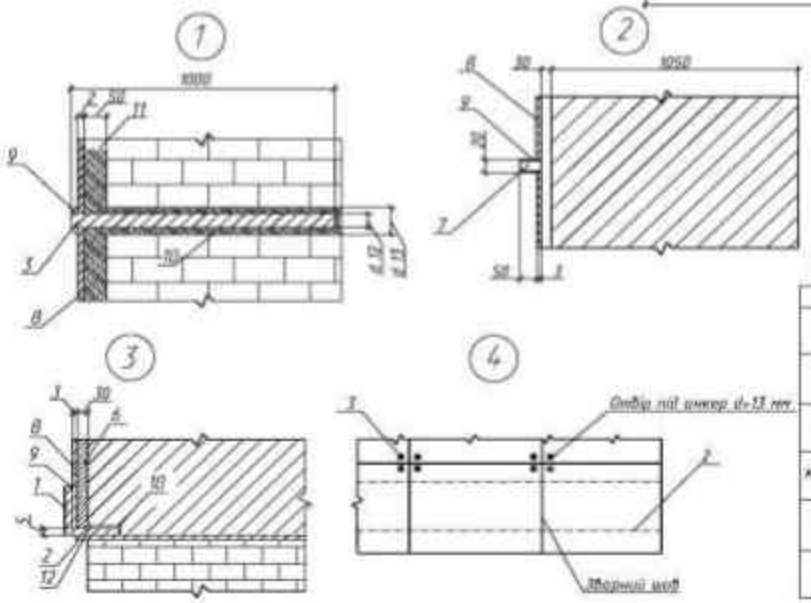


Схема розташування листів





Умовні позначення

1 - кутник № 3
2 - підсилювача арматура
3 - анкер для кріплення металоізоляційної сорочки
4 - шайба
5 - склепіння
6 - СПЦВС
7 - інсектор
8 - металевий ліст
9 - зварний шов
10 - епоксидний компаунд
11 - бетона вставка
12 - пропил для прикріплення кутників

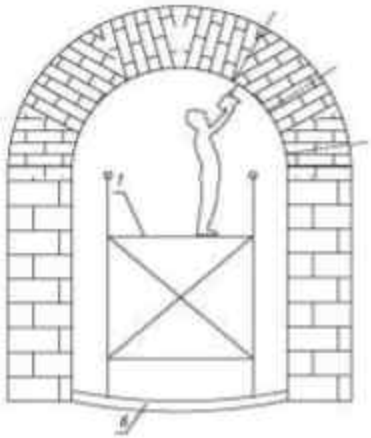
Витрати матеріалу для металоін'єкційної сорочки

Найменування	Вид	Кількість, шт	Загальна маса, т
Лист металевий 1000x1810x3 мм		78	3.25
Арматура для анкерів l=700 мм, d=12мм		624	0.39
Підсилювача арматура l=1750 мм, d=12мм		156	0.234
Кутник 50x50 мм, l=1810 мм		16	0.194
Шайба металева 50x50x4 мм		624	0.101
Труба для ін'єкторів l=70 мм, d=20 мм		78	0.035

СХЕМА ПІДСИЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТРУБИ

Виконання робіт з улаштування металоін'єкційної сорочки

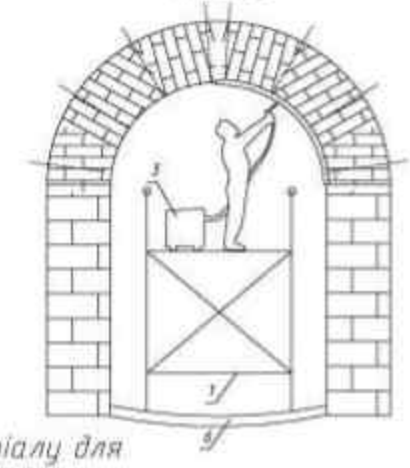
Свердління отворів для анкерів



Улаштування металевих листів



Зварювання металевих листів



Нагнітання СПЦВС в металоін'єкційну сорочку



Умовні позначення:

1. Пересувні риштування
2. Розпірний брус
3. Зварювальний апарат
4. Ручний розчинонасос
5. Ємність з СПЦВС
6. Бетонна розпірна плита

Характеристики складу ЗС-3М

Показник	Одиниці виміру	Значення
Життєздатність при t=20°	години	не менше 0,1
Міцність зчеплення з бетоном	МПа	не менше 2,0
Водопоглинання	мас. %	не більше 1,0
Морозостійкість (50 циклів)	МПа	не менше 2,0

Витрати матеріалу для розпірної плити

Найменування компонентів	Одиниці виміру	Кількість
Щебінь	м3	9,45
Пісок	м3	3,97
Цемент	т	4,84
Вода	т	1,36

Витрати матеріалу для ЗС-3М

Найменування компонентів	Одиниці виміру	Кількість	Масса, т
Епоксидна смола ЕД-20	мас. частак	10	0,15
Затверджувач УП-583	мас. частак	2	0,03
Розчинник Р-647	мас. частак	10	0,11
Кам'яно-вугільна смола КВС	мас. частак	15	0,23

Витрати матеріалу для СПЦВС

Найменування	Масса, т
Цемент	1,32
Вода	0,196
Суперпластифікатор С-3	0,013

Витрати матеріалу для гідроізоляції стін труби

Найменування	Масса, т
Суха суміш ВІА ТРОЯН	0,229
Вода	0,065

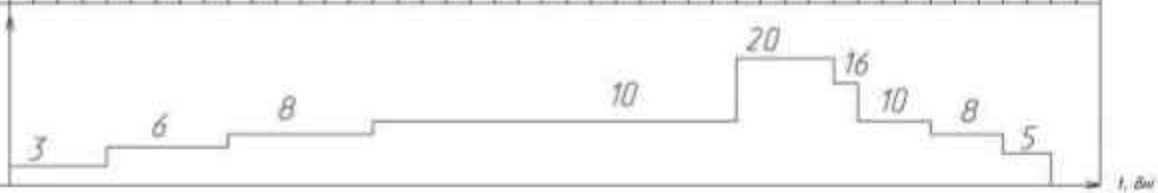
КРБ БАМКС 123.192

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК ВИКОНАННЯ РОБІТ

	Перелік робіт	Одиниці виміру	Об'єм	Кількість робітників
1.	Улаштування з'їзду і технологічного майданчика	100м²	0,2	3
2.	Очищення русла труби від мулу	м³	10,8	4
3.	Засипка русла труби щебенем	м³	4,05	4
4.	Влаштування розпірної плити та виготовлення бетонної суміші	м³	4,05	6
5.	Гідрострумне очищення поверхні труби	м²	206,95	3
6.	Виготовлення арматурного каркасу і встановлення опалубки	т	0,1639	3
7.	Виготовлення бетонної суміші для бетонування вивалу	м³	5,4	6
8.	Влаштування металоін'єкційної сорочки	м²	41,04	6
9.	Нагнітання СПЦВС в металоін'єкційну сорочку	м³	0,821	4
10.	Виготовлення суміші Біатрон – Універсал	т	0,294	3
11.	Нанесення суміші Біатрон – Універсал на стіни труби	м²	73,44	3
12.	Ремонт вхідного і вихідного оголовків труби	м²	107,51	6
13.	Приготування і нанесення полімер-композиційного складу ЗС-3 на поверхню труби	м²	206,95	4
14.	Демонтаж з'їзду і технічного майданчика	100м²	0,2	3
15	Стисле повітря	кВт	8	2
16	Електроенергія	м³/хв	6	2

час виконання робіт, днів

Графік руху робочої сили



КРБ БАМС.123.192

АКТ

перевірки кваліфікаційної роботи бакалавра на наявність ознак академічного плагіату.

Відповідно до даних сервісу системи Strikeplagiarism.com® кваліфікаційна робота **«Капітальний ремонт водопропускної труби з постійним водотоком з відновленням несучої здатності та гідроізоляцією конструкцій. Комплексний проєкт.»**,

автор: Бало Сергій Володимирович

(ПІБ автора повністю)

містить 21,19 % запозичень. Ознаки академічного плагіату – відсутні.

Перевірку виконав
доцент кафедри
будівельних матеріалів,
конструкцій та споруд _____ Олег ГЕРАСИМЕНКО

(підпис)

07.06.2026 р.