

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»

(назва факультету/ННЦ)

«Транспортна інфраструктура»

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

ОС «бакалавр»

(ступінь вищої освіти)

на тему: Проект спорудження пілонної станції метрополітену глибокого закладення у твердій глині

за освітньою програмою «Мости і транспортні тунелі»

зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: МТ1911

(підпис студента)

/ Дмитро Гладиш /

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:

(підпис)

/ доцент Володимир КУПРІЙ /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:

(підпис)

/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультант:

Охорона праці та безпека в
надзвичайних ситуаціях

(назва розділу)

(підпис)

/ зав. каф. Олег САБЛІН /

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

(підпис)

ЗАЯВА

Я, Гладиш Дмитро Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

студента(ки) групи МТ 1911 факультет «БАІ»

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код та назва спеціальності)

освітньої програми «Мости і транспортні тунелі»

(назва освітньої програми)

освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр, магістр)

заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Проект спорудження пілоної станції метрополітену
глибокого закладення у твердій глині.

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання. Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомлений(а) з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

Студент(ка)


(підпис)

Гладиш Дмитро Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Дата

07.06.2023

Керівник ВКР


(підпис)

Кукрії В. П.
(прізвище, ім'я, по батькові)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Кафедра «Транспортна інфраструктура»

ДОВІДКА
про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи (ВКР)
здобувача вищої освіти освітнього ступеня (ОС) «бакалавр»

Гладуща Дмитра Сергійовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Проект спорудження підопної
станції метрополітену глибокого
закладення у Гвердій глині
в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР

Вз

(підпис)

Курій В. П.

(прізвище, ім'я, по батькові)

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Building, architecture and infrastructure

(faculty/TRC)

Transport infrastructure

(department)

Explanatory Note
to Master's Thesis
Bachelor
(higher education degree)

on the topic: The construction project of a deep pylon station of the metro in hard clay

according to educational curriculum Bridges and vehicular traffic tunnels

in the Specialization: 192 Building and civil engineering

(Specialization and its code)

Done by the student of the group: MT1911 / Dmytro Hladysh /

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ Associate Prof. Volodymyr KUPRII /

(position, name, surname)

Normative controller:

/ Head of Dept. Oleksii TIUTKIN /

(position, name, surname)

Supervisor

Occupational health

and safety in emergencies

(Chapter title heading)

/ Head of Dept. Oleh SABLIN /

(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: «Будівництво, архітектура та інфраструктура»

Кафедра: «Транспортна інфраструктура»

Рівень вищої освіти: «Магістр»

Освітня програма: «Мости і транспортні тунелі»

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортна інфраструктура»

Олексій ТЮТЬКІН

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Дата _____

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ОС «бакалавр»

(ступінь вищої освіти)

студенту Гладишу Дмитру Сергійовичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Проект спорудження пілонної станції метрополітену
глибокого закладення у твердій глині»

Керівник роботи: Купрій Володимир Павлович, к.т.н., доцент

(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від «13» лютого 2023 р. № 157ст

2. Строк подання студентом роботи: «12» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Результати аналізу інженерно-геологічних та
гідрогеологічних умов, конструкцій пілонних станцій глибокого закладення
та дані, що отримані під час пошуку в Internet.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

Вступ. Розділ 1. Аналіз інженерно-геологічних умов будівництва пілонної
станції. Розділ 2. Варіанти конструкції пілонної станції. Розділ 3. Статичний
розрахунок пілонної станції із чавунних тюбінгів. Розділ 4. Технологія
спорудження пілонної станції. Розділ 5. Охорона праці та безпека в
надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
 креслень): Лист 1. Конструкція пілонної станції. Лист 2. План пілонної
станції. Лист 3. Проходка пілот-тунелю. Лист 4. Проходка станційного
тунелю.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	зав. каф. О. І. Саблін		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Розділ 1. Аналіз інженерно-геологічних умов будівництва станції. Розділ 2. Варіанти конструкції пілонної станції.	01.05.2023 - 07.05.2023	
2	Розділ 3. Статичний розрахунок пілонної станції із чавунних тюбінгів.	22.05.2023 – 28.05.2023	
3	Розділ 4. Технологія спорудження пілонної станції. Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Оформлення ВКР.	12.06.2023 – 18.06.2023	
4	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	19.06.2023 – 25.06.2023	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	26.06.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	27.06.2023 – 30.06.2023	

Студент

(підпис)

Дмитро Гладиш

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир КУПРІЙ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

50 стор., 13 рис., 2 табл., 10 літературних джерел.

Об'єкт розробки – Пілонна станція метрополітену глибокого закладення.

Мета роботи – Запроектувати конструкцію і розробити технологію спорудження пілонної станції метрополітену глибокого закладення у твердій глині.

В дипломній роботі бакалавра вирішені наступні **задачі**:

1. Виконано аналіз та вплив інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов будівництва на вибір конструкції пілонної станції та технологію її спорудження у твердій глині.

2. Запроектована конструкція пілонної станції метрополітену глибокого закладення із чавунних тюбінгів у твердій глині.

3. Виконано статичний розрахунок пілонної станції метрополітену із чавунних тюбінгів з використанням методу скінченних елементів.

4. Розроблена технологія спорудження пілонної станції метрополітену із чавунних тюбінгів способом пілот-тунелю.

Запропонована технологія будівництва пілонної станції метрополітену глибокого закладення з чавунних тюбінгів з розробкою породи комбайном при проходці пілот-тунелю під час спорудження станційних тунелів.

Ключові слова: МЕТРОПОЛІТЕН, ПІЛОННА СТАНЦІЯ, МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ТЕХНОЛОГІЯ СПОРУДЖЕННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ БУДІВНИЦТВА ПІЛОННОЇ СТАНЦІЇ	9
РОЗДІЛ 2 ВАРІАНТИ КОНСТРУКЦІЇ ПІЛОННОЇ СТАНЦІЇ	12
2.1 Визначення основних розмірів пілонної станції	12
2.2 Конструкція пілонної станції із залізобетонних блоків	15
2.3 Конструкція пілонної станції із чавунних тюбінгів	17
РОЗДІЛ 3 СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПІЛОННОЇ СТАНЦІЇ ІЗ ЧАВУННИХ ТЮБІНГІВ	24
3.1 Визначення навантажень	24
3.2 Розрахунок оправи станції	25
3.3 Перевірка оправи на міцність	28
РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЯ СПОРУДЖЕННЯ ПІЛОННОЇ СТАНЦІЇ	29
4.1 Організація будівництва	29
4.2 Проходка бокових станційних тунелів	30
4.3 Проходка пілот тунелем еректорним способом	33
4.4 Розробка проходів між станційними тунелями	40
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	44
ВИСНОВКИ	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	50

ВСТУП

Станції на лініях метрополітену служать для обслуговування пасажирів з виконанням функцій, зв'язаних з рухом поїздів. Обслуговування пасажирів полягає в забезпеченні входу на станції, посадки, висадки, пересадки інших ліній в місцях їх пересікання і виходу зі станції.

На станції зазвичай є дві лінії одного напрямку метрополітену і одна або дві пасажирських платформи, що обслуговують ці колії. Розрізняють два види платформ: острівні, і бокові. Острівними називають платформи, що з обох сторін розташовані колії метрополітену. Боковими називаються платформи, до яких колія примикає лише з однієї сторони.

В Україні, як правило, використовують острівні платформи і лише у випадку виключення допускається використовувати бокові платформи.

При значній інтенсивності пасажиропотоків будують станції з трьома коліями і двома острівними платформами. В місцях перетину ліній інколи використовують станції, що мають чотири колії і дві острівні або дві бокові і одну острівну платформу. На таких станціях відбувається пересадка пасажирів з одного напрямку на інший. В більшості випадків в місцях перетину ліній улаштовують пересадочні тунелі, що зв'язують окремі станції між собою.

Для виходу і входу на станцію пасажирів, улаштовують сходи, ескалатори, ліфти. На станціях метрополітену передбачені пристрої для вентиляції, освітлення і дренажу, а також приміщення для обслуговування персоналу. На кінцях платформи улаштовують металеві драбини для входу в перелічені тунелі.

Станція пілонного типу представляє собою три станційні тунелі, які знаходяться в одній горизонтальній площині і розділені невеликими масивами ґрунту (целіками), в яких створюють проходи для виходу на посадочну платформу[1].

В залежності від інженерно-геологічних умов матеріалом для опор пілонних станцій приймають чавун або залізобетон [1].

Основним конструктивним елементом пілонних станцій з чавунною оправою є зібрані з чавунних тубінгів кільця у місцях проходу в них вставляються елементи клинчастої перемички. На лініях вітчизняних метрополітенів використовують типові кільця зовнішнім діаметром 8,5 і 9,5 м

Спорудження станцій метрополітену найбільш складна та трудомістка частина підземного будівництва з високим рівнем фінансових та матеріальних витрат. Вибір способу будівництва залежить від інженерно-геологічних умов, конструктивних особливостей станції та типу оправи. Будівництво підземної станції метрополітену це складна система взаємопов'язаних виробничих процесів, особливостями організації яких є те, що виробничі процеси на різних ділянках слід або суміщати, або виконувати паралельно. Також основним принципом будівництва є виконання робіт в запланованій послідовності [1].

Способи виконання робіт, послідовність виконання та порядок спорудження станції в цілому приймають в залежності від максимальної кількості важливих факторів: не тільки від інженерно-геологічних і гідрологічних умов, але і від можливої їх зміни, не тільки від конструкції станції та матеріалу оправи, а й від взаємного розташування елементів та характеру зв'язку між ними [1].

Історія пілонної станції метрополітену сягає 1933 року, коли було побудовано першу станцію з використанням цієї конструкції - станцію «Ріверсайд» в Нью-Йорку. З тих пір пілонні станції стали популярними у всьому світі, включаючи Україну. Наприклад, одна з найбільших станцій Київського метрополітену - «Палац України» - є пілонною станцією.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ БУДІВНИЦТВА ПІЛОННОЇ СТАНЦІЇ

Станції метрополітену закладаються в товщі земної кори і їх конструкції, методи й вартість будівництва вирішальним чином залежать від гірського масиву, що прорізається. Можна сказати, що весь хід будівництва станції, її вартість і терміни виконання робіт визначаються в основному геологічними й гідрогеологічними умовами, що мають місце у районі будівництва.

У зв'язку з цим велике значення для успішного ходу будівництва мають інженерно-геологічні дослідження району, наміченого для будівництва станції. Геологічна експертиза, що узагальнює результати цих досліджень, повинна дати відповідь на всі питання, що цікавлять будівельників, передбачити труднощі, що можуть виникнути в процесі будівництва й експлуатації станції. Помилки або неправильні висновки експертизи можуть досить несприятливо вплинути на хід, вартість і терміни будівництва, а також на умови експлуатації стації.

За складом інженерно-геологічні вишукування є комплексними і включають види робіт, які направлені на вивчення геологічної будови, стану та властивостей ґрунтів, гідро-геологічних умов, інженерно-геологічних процесів і явищ, а також на розроблення основних видів прогнозів - пошукового і нормативного.

Види та обсяги інженерно-геологічних робіт визначають залежно від:

- ступеня інженерно-геологічної вивченості території;
- цільового призначення вишукувань;
- складності геологічних умов;
- наявності ґрунтів із особливими властивостями;
- глибини залягання та режиму підземних вод;
- зони активної взаємодії з геологічним середовищем;

рівня відповідальності будівель і споруд [6]

Глина - дрібнозерниста осадова гірська порода, тверда у сухому стані, пластична при зволоженні. Глина складається з одного або декількох мінералів групи каолініту, монтморилоніту або інших шаруватих алюмосилікатів (глинисті мінерали), але може містити і піщані і карбонатні частинки. Як правило, породотворним мінералом в глині є каолінит або монтморилоніт.

Глини зв'язані ґрунти, в яких між мінеральними частинками діють структурні зв'язки. Вони бувають тиксотропно-коагуляційними і кристалізаційно-конденсаційними (цементаційними). Останні часто утворюються з тиксотропно-коагуляційних під впливом біохімічних і геохімічних процесів. Ці процеси призводять до утворення колоїдних частинок і плівок, які при поступовій дегідратації цементують мінеральні частинки. Міцність структурних зв'язків залежить від ступеня дисперсності цих ґрунтів, мінерального складу, щільності, вологості, складу цементуючої речовини та інших факторів. Міцність структурних зв'язків характеризується зчепленням.

Найважливішою характеристикою твердої глини є її механічна міцність. Цей ґрунт має низький коефіцієнт водопроникності, що дозволяє зменшити ризики затоплення при будівництві підземних споруд.

Для того, щоб зменшити ризики при будівництві на твердій глині, інженерно-геологічні дослідження мають важливе значення. Вони дозволяють докладно вивчити характеристики ґрунту, його структуру та поведінку під час будівельних робіт. На основі цих досліджень можуть бути розроблені оптимальні методи будівництва тунелів та підземних станцій, що дозволить мінімізувати ризики виникнення технічних проблем та забезпечити максимальну безпеку для пасажирів та працівників метрополітену.

Одним із важливих аспектів будівництва у твердій глині є також забезпечення стійкості забою станційних тунелів до етапу спорудження постійної оправи. Для цього проектуємо технологію будівництва, що враховує

особливості ґрунту та геологічні умови підземного простору. Для підвищення стійкості забою при необхідності застосовується тимчасове кріплення.

Тобто, в цілому, при виборі місця для будівництва пилонної станції інженери-геологи звертають увагу на наступні фактори:

1. Геологічна структура ґрунтів та порід. Інженери-геологи вивчають геологічну структуру місцевості, де планується будівництво, щоб оцінити міцність та стійкість ґрунтів та порід, на яких буде стояти пилонна станція. Вони проводять геологічні та гідрогеологічні дослідження для виявлення шарів ґрунтів та порід, їх товщини, компактності, вологості, проникності та інших характеристик.

2. Гідрогеологічні умови. Інженери-геологи вивчають гідрогеологічні умови місцевості, щоб визначити рівень ґрунтових вод, їх тиск та швидкість руху, а також наявність підземних річок, джерел тощо. Це допоможе визначити найбезпечніший спосіб спорудження пилонної станції.

3. Кліматичні умови та екологічні обмеження. Інженери-геологи враховують кліматичні умови місцевості, де планується будівництво, щоб вибрати найбільш підходящі матеріали та технології для будівництва. Також вони враховують екологічні обмеження, щоб мінімізувати негативний вплив будівництва на природне середовище.

У завданні на кваліфікаційну роботу дана порода: глина тверда з міцністю $f = 1,2$ по М. М. Протодьяконову, тому обираємо для проєктування пилонну станцію із діаметром станційних тунелів 8,5м і з оправою із збірного залізобетону або чавуну.

РОЗДІЛ 2

ВАРІАНТИ КОНСТРУКЦІЇ ПІЛОННОЇ СТАНЦІЇ

2.1 Визначення основних розмірів пілонної станції

У технічній літературі описано кілька варіантів конструкції пілонної станції, залежно від її призначення та технічних вимог. Одним з найпоширеніших варіантів пілонної станції є трьохсклепінчаста конструкція, яка складається з трьох однакових станційних тунелів між якими споруджуються проходи.

У бокових станційних тунелях діаметром 8,5 м розміщуються платформи шириною 3,2 м, а в центральному станційному тунелі діаметром 8,5 м – платформа шириною 4 м. Кожне кільце оправи станційного тунелю шириною 0,75 м включає елементи чотирьох типів: ключовий, суміжний, нормальний і лотковий [1].

Важливою частиною пілонної станції є пілони, їх розмір залежить від міцності ґрунтів в яких споруджується станція.

Основні дані до розрахунку розмірів станції є:

1. Геологічні умови глина тверда $f = 1,2$
2. Глибина закладання станції 40 метрів
3. Рівень ґрунтових вод 10 метрів
4. Склад поїзду 5 вагонів
5. Коефіцієнт посадки 0,3

Основними розмірами конструкції пілонної станції, які необхідно розрахувати є: довжина і ширина посадкових платформ, і довжина і ширина середнього залу станції, висота станції, ширина і висота проходів.

Довжина пасажирської платформи станції приймаємо, враховуючи кількість вагонів, які експлуатуються в поїздах, що проходять через станцію:

$$L_{пл} = l * n + a = 19,2 * 5 + 2 = 98\text{м.}$$

де p - кількість вагонів у поїзді, шт.: l - довжина вагонів між зчепленнями, м; a - запас на неточність зупинки поїзда, $a=2$ м

Площа платформи визначаємо з урахуванням кількості пасажирів

$$\omega = n_{\text{пл}} \eta = 204 * 0,55 = 112,2 \text{ м}^2$$

де $n_{\text{пл}}$ - кількість пасажирів на платформі, чол.; η - густота заповнення платформи, $\text{м}^3/\text{чол.}$

Кількість пасажирів на платформі:

$$n_{\text{пл}} = A n k_{\text{пв}} = 170 * 5 * 0,3 = 255 \text{ чол.}$$

де A - розрахункова величина заповнення вагона, $A=170$ чол.; $k_{\text{пв}}$ - коефіцієнт посадки-висадки пасажирів (у відсотках відносно загальної кількості пасажирів у поїзді). Коефіцієнт $k_{\text{пв}}$ дорівнює $0,2 \dots 0,5$ (для станцій, які розташовані біля театрів, парків, вокзалів $k_{\text{пв}}=0,5 \dots 1$) і показує кількість пасажирів, які виконують посадку висадку, по відношенню до загальної кількості. Густота заповнення платформи приймається $0,33$, $0,55$ або $0,75 \text{ м}^2/\text{чол.}$

Найбільше значення для станцій з масовими пасажиропотоками. Розрахункова довжина платформи визначається з урахуванням відстані від початку поїзда до перших дверей і від останніх до кінця поїзда (≈ 7 м):

$$l_p = L - 7\text{м} = 98,25 - 7 = 91,25 \text{ м}$$

Необхідна ширина платформи для посадки пасажирів трьохсклепінчастих станцій пілонного типу:

$$b = \frac{\omega}{l_p} + 0,45\text{м} = \frac{112,2}{91,25} + 0,45 = 1,67 \text{ м}$$

Приймаємо мінімальну ширину як $b = 3,2\text{м.}$

Важливим фактором, який визначає розміри станції, є кількість ескалаторів, яка залежить від годинного пасажиропотоку станції і пропускної можливості одного ескалатора:

$$n_{\text{е}} = \frac{2 * n_{\text{п}} * n_{\text{пл}}}{8500} = \frac{2 * 30 * 255}{8500} = 1,8 \approx 2 \text{ еск.} \approx 3 \text{ еск.}$$

$n_{пл}$ - число пар поїздів за годину, $n_{пл}$ - кількість пасажирів, які одночасно знаходяться на платформі: 8500 пропускна спроможність одного ескалатора.

Для зв'язку зі станцією приймається не менше трьох ескалаторів, із яких один працює на вхід, другий на вихід, третій запасний.

2.2 Конструкція пілонної станції із залізобетонних блоків

Одним з варіантів пілонної станції із збірного залізобетону є трьохсклепінчаста конструкція, яка складається з трьох однакових станційних тунелів, оправи яких зібрані із залізобетонних елементів, між якими споруджуються проходи.

Основним конструктивним елементом станційних тунелів є збірна залізобетонна оправа з кілець діаметром 8,5 м, шириною 0,75 м. Кожне кільце оправи в глухій частині станції складається з 10 ребристих залізобетонних блоків трьох типів: нормального, суміжного з ключовим і ключового. У кільця оправа частини отвору станції входять додаткові елементи: опорні блоки і пілонні блоки. Опорні блоки мають зрізані борти на половині довжини [1].

За даних геологічних умов доцільно будувати трьохсклепінчасту пілонну станцію. Розглянемо перший варіант будівництва станції:

Конструкція пілонної станції з залізобетонної оправи (рис. 2.1)

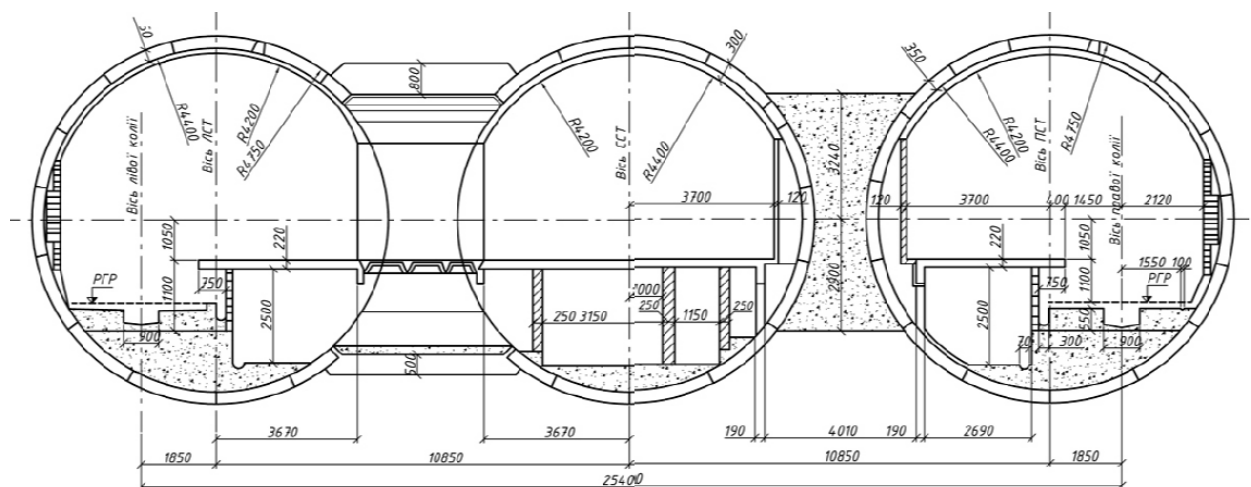


Рисунок 2.1 – Конструкції пілонних станцій із діаметром станційних тунелів 8,5м з оправою із збірного залізобетону

Розрахунок об'ємів робіт по спорудженню пілонної станції.

Проходка пілот-тунелю:

$$L_{\text{пл}} = 131 \cdot 0,75 = 98,25 \text{ м}$$

Ширина кільця – 0,75 м.

Кількість кілець – 131

Проходка:

$$V_1 = S_1 \cdot L_{\text{ст}}$$

$L_{\text{ст}}$ – довжина станції, м³;

S_1 – площа тунелю забою, м²

$$S_{\text{пт}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{зп}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 5,6^2}{4} = 24,6 \text{ м}^2$$

Об'єм розробляємої породи

$$V_{\text{пт}} = S_{\text{пт}} \cdot L_{\text{пт}} = 24,6 \cdot 98,25 = 2416,95 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{пт}} \cdot 2 = 2416,95 \cdot 2 = 4833,9 \text{ м}^3$$

2. Розширення перерізу тунелю при проходці методом пілот-тунелю (лівий та правий станційні тунелі)

$$S_1 = \frac{\pi \cdot R^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 9,5^2}{4} = 70,846 \text{ м}^2$$

$$S_2 = S_1 - S_{\text{пт}} = 70,846 - 24,6 = 46,246 \text{ м}^2$$

$$V_2 = S_2 \cdot L_{\text{пл}} = 46,246 \cdot 98,25 = 4543,66 \text{ м}^3$$

$$V_2 \cdot 2 = 4543,66 \cdot 2 = 9087,339 \text{ м}^3$$

4. Проходка тунелів способом суцільного забою (середній тунель):

$$S_3 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 70,846 \text{ м}^2$$

$$V_3 = L_{\text{пл}} \cdot S_3 = 70,846 \cdot 98,25 = 6960,61 \text{ м}^3$$

4. Укладення збірної залізобетонної оправи із блоків:

$$S_5 = \frac{\pi}{4} (R_{\text{зв}}^2 - R_{\text{вн}}^2) = \frac{3,14}{4} (9,5^2 - 8,5^2) = 14,3 \text{ м}^2$$

$$V_4 = S_4 \cdot L_{\text{пл}} = 14,3 \cdot 98,25 = 1404,975 \text{ м}^3$$

$$V_4 \cdot 3 = 1404,975 \cdot 3 = 4214,925 \text{ м}^3$$

5. Проходка станційних тунелів:

$$V_5 = 3,396 \cdot 3 \cdot 3 = 30,564 \text{ м}^3$$

$$V_5 \cdot 10(\text{проход5} + \text{пілон5}) = 30,564 \cdot 10 = 305,64 \text{ м}^3$$

6. Влаштування колійних стін:

$$V_6 = 2,7 \cdot 0,3 \cdot L_{\text{пл}} = 2,7 \cdot 0,3 \cdot 98,25 = 79,5825 \text{ м}^3$$

$$V_6 \cdot 2 = 79,5825 \cdot 2 = 159,165 \text{ м}^3$$

7. Влаштування платформи:

$$V_7 = 0,3 \cdot 15 \cdot L_{\text{пл}} = 0,3 \cdot 15 \cdot 98,25 = 442,125 \text{ м}^3$$

2.3 Конструкція пілонної станції із чавунних тюбінгів

Перш за все, будівництво пілонної станції із чавунних тюбінгів вимагає ретельного планування та розрахунків для забезпечення надійності та безпеки конструкції. Основні етапи будівництва можуть включати наступні кроки:

1. Підготовчі роботи

Перед початком будівництва необхідно провести підготовчі роботи, такі як вимірювання та вивчення рельєфу місцевості, забезпечення доступу до будівельної площадки та зведення необхідних інженерних мереж.

2. Виготовлення тюбінгів

Тюбінги можуть бути виготовлені із чавуну, алюмінію або сталі залежно від умов експлуатації та навантажень, які будуть на них діяти. Після виготовлення тюбінгів, вони повинні бути доставлені на місце будівництва.

3. Встановлення фундаментів

Фундаменти повинні бути достатньо міцними, щоб забезпечити стійкість та безпеку конструкції. Зазвичай, фундаменти складаються з бетонних блоків, що закладаються в глибоко розриті ями.

4. Встановлення пілонів

Пілони повинні бути встановлені на фундаменти та забезпечити необхідну висоту конструкції. Пілони можуть бути зварені разом чи з'єднані болтами.

5. Встановлення тюбінгів

Тюбінги повинні бути встановлені між пілонами та забезпечити необхідну міцність та стійкість конструкції. Тюбінги можуть бути зварені разом чи з'єднані болтами.

6. Установка обладнання та інженерних мереж

Після встановлення тюбінгів, необхідно встановити обладнання для забезпечення роботи станції, таке як трансформатори, комутаційні пристрої та інші елементи. Крім того, необхідно провести прокладку інженерних мереж для забезпечення електропостачання та інших потреб.

7. Тестування та здача в експлуатацію

Після завершення будівництва та встановлення обладнання, необхідно провести тестування станції, щоб перевірити її працездатність та безпеку. Після успішного тестування, станцію можна здати в експлуатацію.

Отже, будівництво пілонної станції із чавунних тюбінгів є складним та вимагає ретельного планування та розрахунків. Головні етапи будівництва включають підготовчі роботи, проходку пілот-тунелів, розширення пілот-тунелів до розміру станційних тунелів, спорудження проходів між станційними тунелями.

Розглянемо другий варіант конструкції станції:

Конструкція пілонної станції із чавуна (рис 2.2.)

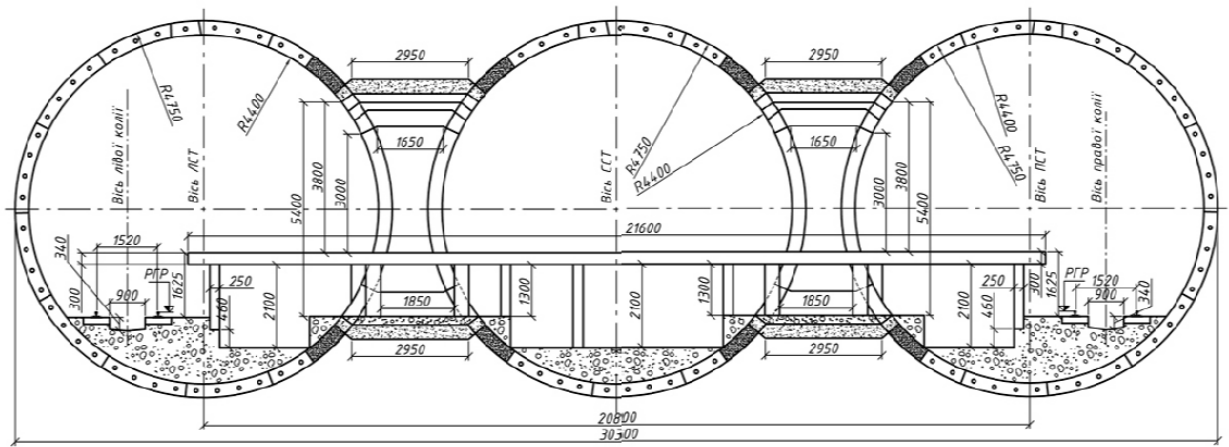


Рисунок 2.2 – Конструкція пілонних станцій із діаметром станційних тунелів 8,5м з оправою із чавуна

1. Проходка станційного тунелю:

$$L_{\text{пл}} = 131 \cdot 0,75 = 98,25 \text{ м}$$

Ширина кільця – 0,75

Кількість кілець – 131

Проходка :

$$V_1 = S_1 \cdot L_{\text{ст}}$$

$L_{\text{ст}}$ – довжина станції, м³;

S_1 – площа тунелю, м²

$$S_{\text{пт}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{зн}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 5,6^2}{4} = 24,6 \text{ м}^2$$

Об'єм

$$V_{\text{пт}} = S_{\text{пт}} \cdot L_{\text{пт}} = 24,6 \cdot 98,25 = 2416,95 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{пт}} \cdot 2 = 2416,95 \cdot 2 = 4833,9 \text{ м}^3$$

2. Розширення перерізу тунелю при проходці методом пілот-тунелю (лівий та правий станційні тунелі)

$$S_1 = \frac{\pi \cdot R^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 9,5^2}{4} = 70,846 \text{ м}^2$$

$$S_2 = S_1 - S_{\text{пт}} = 70,846 - 24,6 = 46,246 \text{ м}^2$$

$$V_2 = S_2 \cdot L_{\text{пл}} = 46,246 \cdot 98,25 = 4543,66 \text{ м}^3$$

$$V_2 \cdot 2 = 4543,66 \cdot 2 = 9087,339 \text{ м}^3$$

5. Проходка тунелів способом суцільного забою (середній тунель):

$$S_3 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 70,846 \text{ м}^2$$

$$V_3 = L_{\text{пл}} \cdot S_3 = 70,846 \cdot 98,25 = 6960,61 \text{ м}^3$$

4. Спорудження чавунної оправи:

$$S_4 = \frac{\pi}{4} (R_{\text{зв}}^2 - R_{\text{вн}}^2) = \frac{3,14}{4} (9,5^2 - 8,8^2) = 10,055 \text{ м}^2$$

$$V_4 = S_4 \cdot L_{\text{пл}} = 14,3 \cdot 98,25 = 1404,975 \text{ м}^3$$

$$V_4 \cdot 3 = 1404,975 \cdot 3 = 4214,925 \text{ м}^3$$

$$m_4 = \gamma_{\text{чав}} \cdot V_5 = 7,2 \cdot 2398,117 = 17266,44 \text{ т}$$

Питома вага чавуну:

$$V_4 \cdot \gamma \cdot n = 2398,117 \cdot 7,2 \cdot 0,33 = 5697,926$$

$$\gamma = 7,2$$

$$n = 0,33$$

5. Спорудження проходів між станційними тунелями:

$$V_5 = 3,396 \cdot 3 \cdot 3 = 30,564 \text{ м}^3$$

$$V_5 \cdot 10(\text{проход5} + \text{пілон5}) = 30,564 \cdot 10 = 305,64 \text{ м}^3$$

8. Влаштування колійних стін:

$$V_6 = 2,7 \cdot 0,3 \cdot L_{\text{пл}} = 2,7 \cdot 0,3 \cdot 98,25 = 79,5825 \text{ м}^3$$

$$V_6 \cdot 2 = 79,5825 \cdot 2 = 159,165 \text{ м}^3$$

9. Влаштування платформи:

$$V_7 = 0,3 \cdot 15 \cdot L_{\text{пл}} = 0,3 \cdot 15 \cdot 98,25 = 442,125 \text{ м}^3$$

Техніко-економічне порівняння варіантів.

Таблиця 1.

Варіант №1 (станція з оправами із залізобетонних блоків)

№ р	Назва роботи	Шифр	Вимі- рювач	Об'єм	Трудо- витрати на одиницю, люд.-год	Трудо- витрати на об'єм люд.- год
1.	Проходка пілот-тунелю (лівий та правий станційні тунелі)	29-80-7	100 м3 грунту	4833,9	38,6	1865,88
2.	Розширення перерізу тунелю при проходці методом пілот-тунелю (лівий та правий станційні тунелі)	29-80-9	100 м3 грунту	9087,339	636,7	57859,087
3.	Проходка тунелів способом суцільного забою (середній тунель)	29-70-10	100 м3 грунту	6960,61	369,7	25733,375
4.	Вкладання збірної залізобетонної оправи із блоків	29-126-11	100 м3 з/б	4214,925	1548,4	65263,89
5.	Проходка проходів станційних тунелів	29-93-3	100 м3 грунту	305,64	736,3	2250,427
6.	Влаштування колійних стін	29-155-1	100 м3 з/б	159,165	1300,3	2069,622
7.	Влаштування платформи	29-153-2	100 м3 з/б	442,125	1227,7	5427,968
					Всього:	160470,249

Таблиця 2.

Варіант №2 (станція з оправами із чавунних тюбінгів)

№ р	Назва роботи	Шифр	Вимі- рювач	Об'єм	Трудо- витрати на одиницю, люд.-год	Трудо- витрати на об'єм люд.- год
1.	Проходка пілот-тунелю (лівий та правий станційні тунелі)	29-80-7	100 м3 грунту	4833,9	38,6	1865,88
2.	Розширення перерізу тунелю при проходці методом пілот-тунелю (лівий та правий станційні тунелі)	29-80-9	100 м3 грунту	9087,339	636,7	57859,087
3.	Проходка тунелів способом суцільного забою (середній тунель)	29-70-10	100 м3 грунту	6960,61	369,7	25733,375
4.	Вкладання чавунної оправи	29-128-4	1 т чавуну	17266,44	4,55	78562,302
5.	Проходка проходів станційних тунелів	29-93-3	100 м3 грунту	305,64	736,3	2250,427
6.	Влаштування колійних стін	29-155-1	100 м3 з/б	159,165	1300,3	2069,622
7.	Влаштування платформи	29-153-2	100 м3 з/б	442,125	1227,7	5427,968
					Всього:	173768,661

Виходячи з даних розрахунків, варіант 1 (конструкція станції пілонного типу зі залізобетонних блоків) є вигідніша, так як трудовитрати на його спорудження на багато менші, але я буду використовувати варіант 2, тому що це буде більш раціональніше та зручніше при подальшому спорудженню оправи та переходів між станційними тунелями

РОЗДІЛ 3

СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЇ ПІЛОННОЇ СТАНЦІЇ

Для розрахунку складних підземних конструкцій, а пілонна станція метрополітену глибокого закладення є такою конструкцією, використовують розрахункові програми, які базуються на методі скінчених елементів. Суть методу скінчених елементів полягає у наступному. З нескінченного масиву виокремлюється деяка область, яку необхідно дослідити, наприклад, навколо пілонної станції [10].

Даний метод дозволяє наочно побачити схему роботи конструкції пілонної станції, переміщення її вузлів та визначити зусилля у конструкції під дією тих чи інших навантажень. Для отримання адекватного рішення необхідно правильно створювати розрахункові схеми, задавати правильні навантаження, застосовувати їх поєднання та коефіцієнти, і навіть виконувати узгодження місцевих осей елементів, так як все це може суттєво вплинути на результати розрахунків та прийняття наступних проектних рішень [10].

Сутність методу скінчених елементів полягає в розбивці розрахункової області на значну кількість менших областей простого геометричного окреслення – скінчених елементів. Залежно від характеру розв’язуваної задачі використовують об’ємні, плоскі або стержневі елементи.

3.1 Визначення навантажень

Визначення навантажень, які діють на оправу пілонної станції, є однією з основних частин статичного розрахунку. Уже під час вибору варіантів станції визначається величина навантажень від гірського тиску для кожного варіанта станції, оскільки це суттєво впливає на вибір її типу. Станція розташована у твердій глини, навантаження на оправу визначаємо на основі гіпотези склепіння обвалення проф. М. М. Протод’яконова.

На рис. 3.1. наведена схема визначення вертикального навантаження для пілонної станції глибокого закладення у ґрунті, в якому виникає склепіння обвалення.

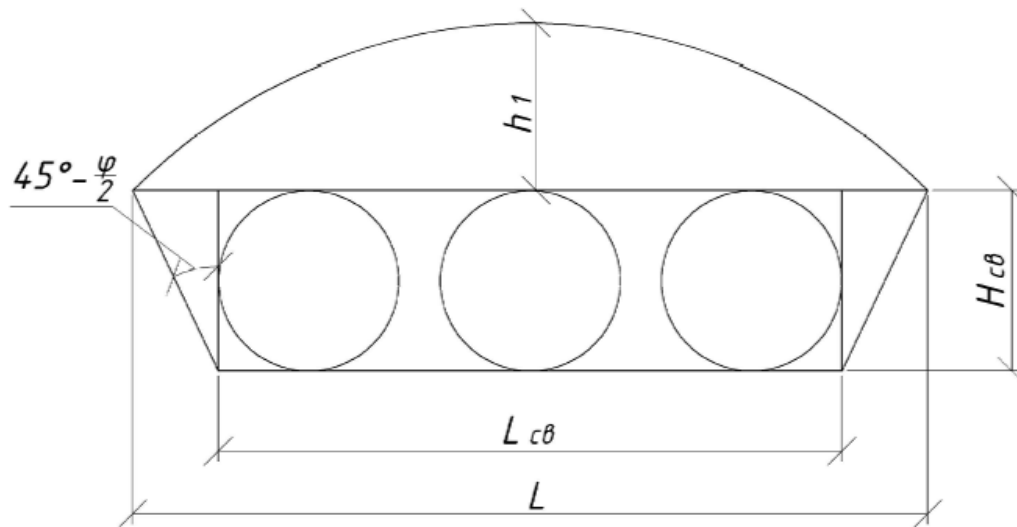


Рисунок 3.1 – Схема визначення вертикального навантаження для станції пілонного типу

Знаходимо ширину склепіння обвалення L :

$$L = L_{св} + 2 * H_{св} * tg \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 30,3 + 2 * 8,8 * tg \left(45^\circ - \frac{33}{2} \right) = 30,2$$

Висота склепіння обвалення дорівнює:

$$h_1 = \frac{L}{2 * f} = \frac{30,2}{2 * 1,3} = 11,6 \text{ м}$$

Знаходимо нормативний вертикальний тиск:

$$q_b^H = \gamma * h_1 = 19 * 11,6 = 220,4 \text{ кН/м}^2$$

Розрахунковий вертикальний тиск визначається з урахуванням коефіцієнту запасу 1.5.

3.2. Розрахунок оправи станції

Вибір розрахункової схеми – найбільш важливий елемент розрахунку. Вона повинна найбільшою мірою відповідати умовам статичної роботи оправи, відображаючи конструктивні особливості, матеріал оправи, інженерно-геологічні умови, а також технологію виконання робіт. Під час

призначення розрахункової схеми неминучі певні припущення. Від того, наскільки вони обґрунтовані і який ступінь їх відповідності дійсним умовам роботи станційної конструкції, залежить достовірність і точність результатів розрахунку. Прийняті припущення повинні забезпечувати запас міцності оправи.

Як розрахункову приймають ту схему конструкції, що відповідає експлуатаційній стадії. Для бакалаврської роботи постановка задачі є плоскою, а розрахункова схема станції – стержневою, навантаження вважається рівнорозподіленим.

Основною робочою гіпотезою під час створення розрахункової схеми є гіпотеза місцевих деформацій, яка практично втілюється в моделі таким чином, що ґрунт за оправою, пружність якого характеризується коефіцієнтом пружного відпору, замінюється стержнями еквівалентної жорсткості. Ці стержні, поставлені в границях пружного відпору, достатньо відображають пружні властивості ґрунту, його здатність до стиску. Кількість цих стержнів у процесі розрахунку змінюється, оскільки стержні, у яких утворюється зусилля розтягу, із схеми видаляються, і перерахунок виконується до тих пір, поки не будуть знайдені точні границі зони пружного відпору.

Властивості елементів відображають реальні характеристики матеріалів ґрунту і конструкції. Приймається наступна розрахункова схема пілонної станції.

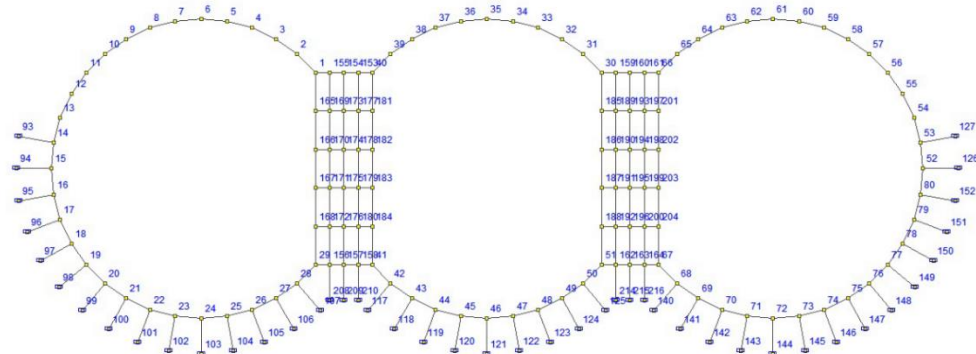


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема станції

Результатами розрахунку є отримання величини згинальних моментів та нормальних сил (рис. 3.3., рис.3.4.)

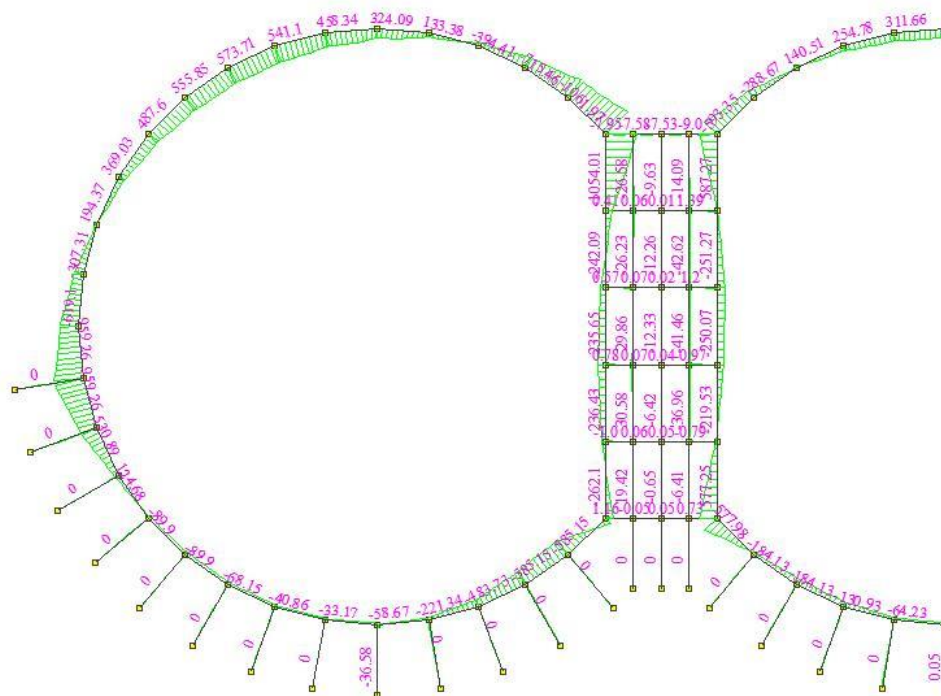


Рисунок 3.3 – Епюра згинальних моментів

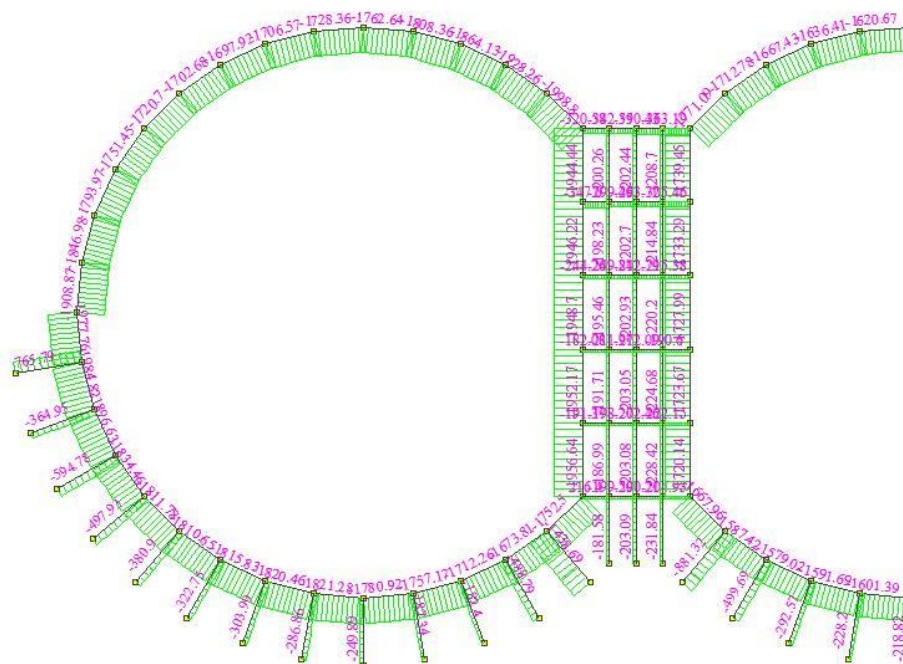


Рисунок 3.4 – Епюра нормальних сил

3.3 Перевірка оправи з чавуну на міцність

Після визначення згинальних моментів і нормальних сил у перерізах оправи з максимальним згинальним моментом проводять перевірку на міцність.

Перевірку на міцність чавунних тюбінгів виконують за формулами:

$$\frac{N}{F} - \frac{My_1}{I} \leq R_c,$$

$$\frac{N}{F} + \frac{My_2}{I} \leq R_u,$$

де $N = 2791,2 \text{ кН}$ та $M = 1071,6 \text{ кНЧм}$ – відповідно поздовжня сила та момент у перерізі, який перевіряється;

$F = 0,0673 \text{ м}^2$ та $I = 8,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$ – відповідно площа поперечного перерізу та момент інерції чавунного тюбінга;

$y_1 = 0,0573 \text{ м}$ та $y_2 = 0,0952 \text{ м}$ – відстань від центру ваги перерізу до стиснутої та розтягнутої фібри тюбінга відповідно;

$R_c = 180000 \text{ кН / м}^2$ та $R_u = 60000 \text{ кН / м}^2$ – розрахункові опори чавуну на стиск та розтяг

$$\frac{2791,2}{0,0673} + \frac{1071,6 \cdot 0,0573}{8,42 \cdot 10^{-4}} = 41474 \text{ кН / м}^2 < 180000 \text{ кН / м}^2$$

$$\frac{2791,2}{0,0673} - \frac{1071,6 \cdot 0,0952}{8,42 \cdot 10^{-4}} = 41474 \text{ кН / м}^2 < 180000 \text{ кН / м}^2$$

Умову виконано.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ СПОРУДЖЕННЯ ПІЛОННОЇ СТАНЦІЇ

4.1 Організація будівництва

Організація будівництва - це процес планування, організації та контролю за будівельним процесом на майданчику. Цей процес включає в себе різноманітні аспекти, які потребують уваги та контролю, щоб забезпечити ефективність та безпеку будівельних робіт.

Організація будівництва включає в себе такі етапи:

1. Визначення місця розташування будівельного майданчика. Це може бути визначено з урахуванням доступності до доріг, залізниць, аеропортів та інших важливих місцевих факторів.

2. Розробка плану будівельного майданчика. Це включає в себе визначення районів для будівельних робіт, розміщення споруд для робітників, матеріалів та обладнання.

3. Вибір техніки та обладнання. Це може включати в себе вибір кранів, будівельних ліфтів, екскаваторів та іншої техніки.

4. Планування транспорту. Це включає в себе планування маршрутів транспорту для перевезення матеріалів та обладнання на будівельний майданчик.

5. Визначення безпеки на робочому місці. Це включає в себе планування безпечних умов для робітників та працівників будівництва, а також забезпечення відповідної безпеки на будівельному майданчику.

6. Планування графіка робіт. Це включає в себе планування послідовності будівельних робіт та визначення часових рамок для їх виконання.

7. Контроль за витратами. Це включає в себе контроль за витратами на матеріали, обладнання, робітників та інші витрати, що пов'язані з будівництвом.

8. Управління якістю. Це включає в себе забезпечення відповідної якості матеріалів та виконання робіт відповідно до вимог технічних норм та стандартів.

Організація будівництва є складним процесом, який потребує великої кількості уваги та контролю. Дотримання правил та процедур забезпечує безпеку на будівельному майданчику та допомагає забезпечити ефективність та якість будівельних робіт.

Будівельний майданчик служить для організації будівельно-монтажних робіт зі спорудження об'єкта. Його розташовують на вільній території або у дворі будинків залежно від забудови територій, складності будівельної ситуації. Від місця розташування будівельного майданчика залежать його розміри і план розміщення будівель та споруд на ньому.

За обмежених розмірів на його території розміщують основні споруди та будівлі, що забезпечують виконання будівельно-монтажних робіт, а також склади невеликих розмірів, розраховані на 1-3 добовий запас конструкцій та матеріалів. Решта матеріалів на майданчик доставляється на робочі місця на автомобілях, перед виконанням монтажних робіт.

Шахтний стовбур, який обов'язково розташовується на будівельному майданчику повинен забезпечувати постачання матеріалів до місця виконання робіт, відкатку породи у великих об'ємах та можливість застосування великих машин і механізмів необхідних при спорудження станції. Тому приймаємо шахтний стовбур розміром у діаметрі 10 метрів.

4.2 Проходка бокових станційних тунелів

Спорудження трьохсклепінчастих станцій з кріпленням із збірних елементів способом пілот-тунелю, ведуть шляхом послідовної проходки трьох станційних тунелів з одночасною розборкою оправи пілот-тунелю і зведенням постійної оправи станційного тунелю, за допомогою двох укладачів.

Споруджуючи станцію, проходку другого за часом бокового станційного тунелю ведуть з відставанням не менше ніж на 30 м щодо першого, а середнього не менше ніж на 50 м щодо другого бокового тунелю. У разі закладення станції в необводнених нестійких ґрунтах, коли розкриття забою на весь переріз може призвести до його обвалення, станційні тунелі споруджують способом пілот-тунелю.

Суть способу полягає в тому, що виробку розкривають до розмірів основного тунелю за два прийоми: спочатку проходять тунель меншого діаметра оправою чавунних або залізобетонних тюбінгів діаметром D . (пілот тунель), а потім розкривають виробку до проектного контуру діаметром D . Це дозволяє розділити значну за розмірами площу забою на дві виробки меншого перерізу та використати оправу пілот-тунелю як надійну опору для розширення виробки до розмірів станційного тунелю.

Споруджуючи тунель великого перерізу способом пілот-тунелю, можливі дві схеми організації робіт, паралельна й послідовна. Ці схеми визначають взаємозв'язок і послідовність виконання робіт у пілот-тунелі й основному тунелі. За паралельною схемою, роботи ведуть одночасно з відставанням від забою основного тунелю на 12...15 м. Проте в цьому випадку визнають певні труднощі, пов'язані з одночасним вантаженням ґрунту в зоні розширення виробки та транспортуванням ґрунту і матеріалів. Цей недолік усуваються, якщо організувати роботи за послідовною схемою. У цьому випадку до робіт і розширення виробки приступають після завершення проходки пілот-тунелю.

Саме послідовну схему організації робіт звичайно використовують для спорудження станційних тунелів метрополітену через порівняно невелику їх протяжність.

Роботи з проходки пілот-тунелю ведуть відповідно до технологічної схеми, в нашому випадку еректорним способом.

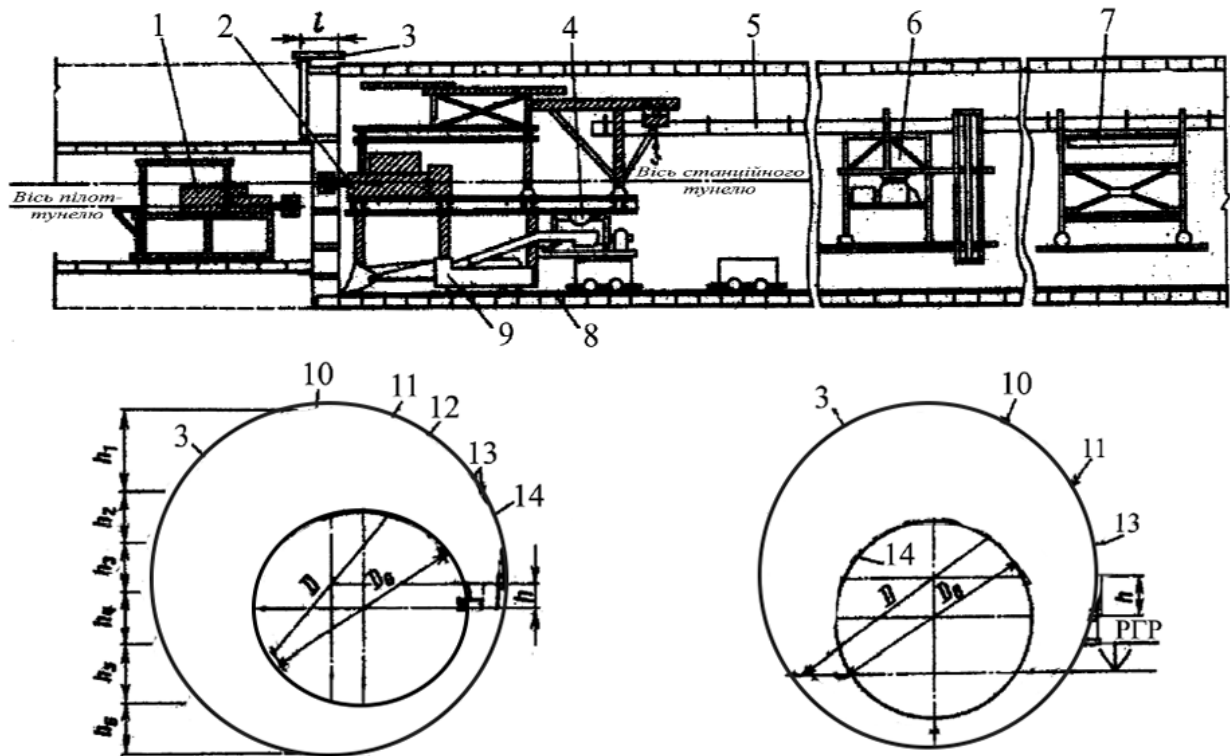


Рисунок 4.1 – Схема спорудження бокового станційного тунелю

Спочатку за проходять тунель діаметром 5,5 м, у якому зводять тимчасову оправу з чавунних тубінгів. Вісь пілот-тунелю розташовують так, щоб забезпечити найкращі умови розробки й кріплення обох забоїв у даних геологічних умовах. Під час спорудження бокових тунелів станції вертикальну вісь пілот-тунелю суміщають з віссю станційної колі, а під час спорудження середнього тунелю з його віссю зміщуючи центр виробок по висоті.

Балки стояки місцях їх спирання на оправу пілот-тунелю притискують до забою горизонтальними розпарками рошпанами, упираючи їх у сталеві пластини. Ці пластини встановлюють по периметру кільця, прикріплюючи болтами до ребер тубінгів із пересувної платформи.

Кільце оправи пілот-тунелю, що звільнилося від ґрунту за допомогою породонавантажувальної машини, розбирають укладальником монтують чергове кільце постійної оправи станційним укладальником. У змонтоване кільце постійної оправи з відставанням у 1-2 кільця виконують первинне нагнітання за допомогою розчино нагнітача, а потім контрольне нагнітання та

карбування швів, а також нарощують труби вентиляції. Розстановка робочої сили, устаткування і механізмів у станційному тунелі відповідає звичайним прийомам проходки.

4.3 Проходка пілот-тунелю еректорним способом

При спорудженні нашої станції ми будемо використовувати еректорний спосіб проходки пілот-тунелю.

Еректорний спосіб проходки (також може мати назви такі як: без щитовий спосіб, комбайновий, спосіб пілот-тунелю.

Проходження пілота тунелю еректорним способом є технологією будівництва підземних тунелів.

Враховуючи міцність ґрунту у якому проєктується станція – будемо використовувати комбайн для розробки породи рис. 4.2.

Застосування комбайна для розробки породи має свої переваги: поєднуються роботи по розробці і відкатки породи, що збільшує швидкість проходки, контур виробки наближається до проєкту що забезпечує економію бетону, усувається шкідливий вплив вибухів на оточуючий виробку ґрунтовий масив, це особливо важливо при тріщинуватості порід.



Рисунок 4.2 – Комбайн для розробки породи

Недоліками використання комбайнів є, великі трати електроенергії, велика вартість різців, які розробляють породу тому їх не використовують при великій абразивності порід, наприклад пісковики та породи які включають мінерал кварц або залізні руди. У нашому випадку порода тверда глина легко розробляється комбайном.

Прохідницький цикл при комбайновій технології розробки породи включає чотири основних процеси: розробка і навантаження гірської породи, транспортування гірської породи, монтаж оправи, нагнітання за оправу. Розробку породи у забої коронкою виконавчого органу комбайну виконують заходками, які дорівнюють шагу встановлення кріплення, а при стійких породах – до 2 м.

Процес починається з прокладання першого сегмента оболонки в місці, де проходить тунель.

Прохідка пілота тунелю еректоромним способом забезпечує більш швидке та ефективне будівництво тунелів, оскільки поєднує в собі процеси проходки та встановлення оболонки в одній операції. Цей метод широко використовується для будівництва метро, залізниць, тунелів для трубопроводів та інших підземних інфраструктурних об'єктів.

Досвід будівництва підземних споруд показує доцільність використання цього методу у відповідних умовах при невеликій протяжності траси (300-400 м), коли застосування щита, яке потребує значного часу та витрат на монтаж та демонтаж, є нерентабельним.

Навантаження та відкатка породи

Ґрунт, який після розробки комбайном перевантажується у вагонетки або тунельні автомобільні машини. При будівництві тунелів з порталів порода може транспортуватись спеціальним автомобільним транспортом.

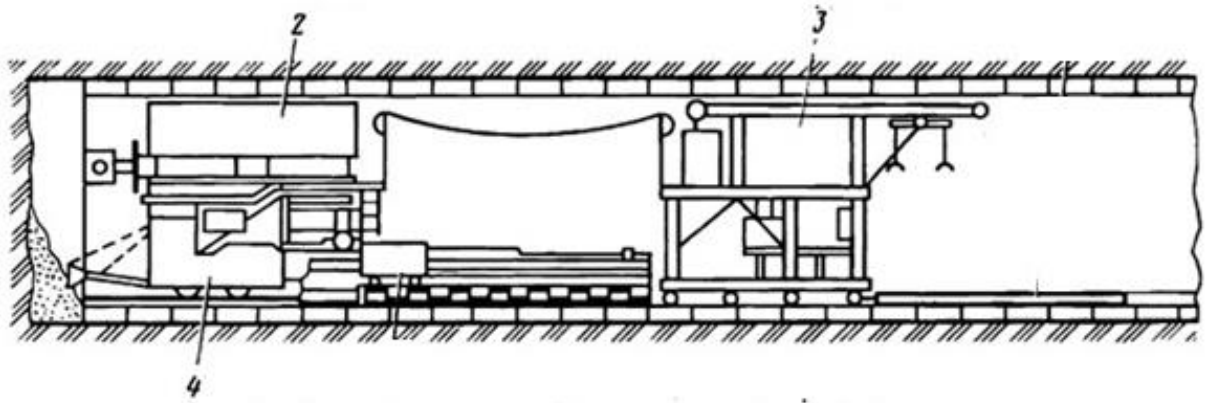


Рисунок 4.2 – Навантаження та відкатка породи:

2 – блокоукладач, 3 - пересувна платформа, 4 – машина для навантаження породи.

Кількість вагонеток у составі розраховується в залежності від тунельного електровозу, він може бути акумуляторний чи з контактним проводом.

Ємність вагонетки приймають в залежності від об'єму породи, який необхідно вивезти за один цикл робіт.

Монтаж тунельної оправи

Після завершення робіт по відкатки породи від забою, до нього подається блокоукладач тунельної оправи рис. 4.3.7.

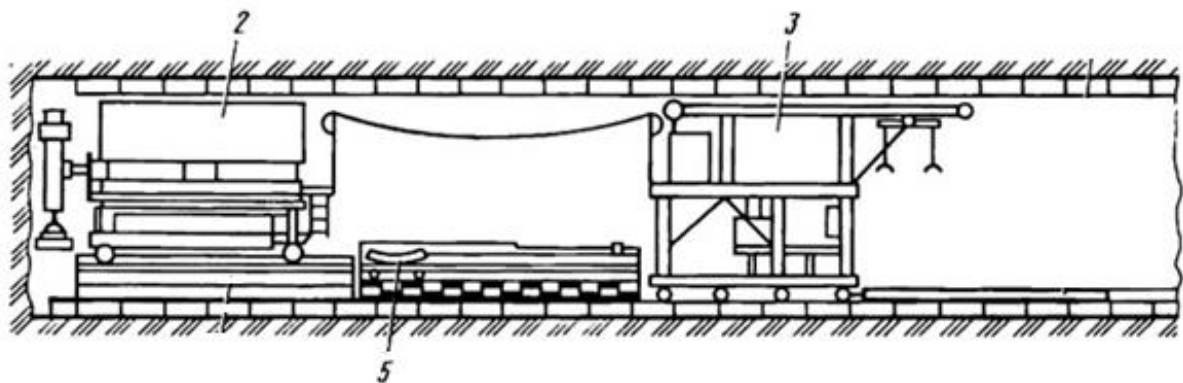


Рисунок 4.3 – Монтаж оправи з використанням блокоукладача важільного типу:

2 – блокоукладач, 3 – платформа для чеканки швів, 5 – елементи оправи.

Монтаж оправи одна з головних операцій, яка визначає швидкість спорудження тунелю. Під час монтажу оправи в забої неможливо проводити інші роботи, але на відстані, паралельно проводиться робота по гідроізоляції швів, чеканочні роботи. При еректорному способі спорудження тунелів використовуються оправи із тюбінгів бо вони у бортах отвори що дозволяє з'єднувати між собою елементи оправи на болтах при монтажу.

Елементи оправи, залізобетонні або чавунні тюбінги подаються до забою на візках під важіль блокоукладача. Тюбінг фіксується на важелі за допомогою захвату, частіше для цього використовується отвір для нагнітання у спинці тюбінга. Монтаж кільця оправи починається з лоткового тюбінгу, який встановлюється у проектне положення. Болтові отвори у кільцевих бортах тюбінга поєднуються з болтовими отворами оправи яка вже змонтована і в них забиваються металеві конічні стержні - оправки.

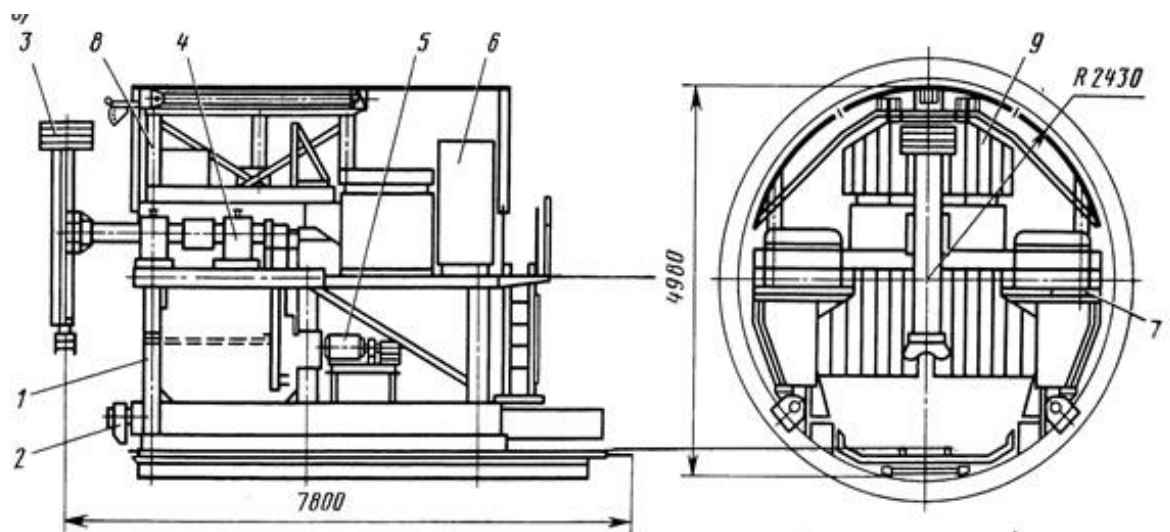


Рисунок 4.4 – Укладач збірної оправи тунелю важільного типу:

1 – візок блокоукладача, 2 – тяги, 3 – важіль, 4 – привід обертання важеля, 5 – електромотор, 6 – електрощитова, 7 – висувні платформи, 8, 9 – захист від підривання.

Потім встановлюють болти з гідроізоляційними шайбами та затягують їх за допомогою пневмозбалчювача, оправки виймають і замінюють болтами з гідроізоляційними шайбами. Наступні тюбінги встановлюють таким же чином по порядку з ліва та справа від лоткового до горизонтального діаметру оправи,

при цьому важіль блокоукладача від'єднується від тюбінга тільки після його фіксації з сусідніми тюбінгами на болтове з'єднання. При установці тюбінгів вище горизонтального діаметру, для їх додаткової фіксації використовуються висувні балки на візку блокоукладача. Закінчується монтаж кільця оправи установкою замкового тюбінга.

Під час монтажу кільця оправи ведеться контроль за щільністю з'єднання елементів оправи. Для забезпечення безпеки робіт, команди машиністу блокоукладача подає тільки одна людина – бригадир. Не допускається знаходження робітників під важелем блокоукладача, не допускається залишати закріплений елемент у підвішеному стані під час перерви у роботі.

При монтажу станційної оправи у місця проходу у кільця оправи установлюються фігурні тюбінги. Верхня і нижня частини рами зібрані зі спеціальних фасонних клиноподібних тюбінгів зі скошеними кільцевими бортами. Укладені в певному порядку в суміжних кільцях вони утворюють клинчасті перемички проходу рис. 4.5.

У місці проходу установлюються тюбінги тимчасового заповнення. Після того як тюбінги тимчасового заповнення будуть демонтовані, клинчасті перемички сприйматимуть навантаження від розімкнених кілець і передаватимуть його на посилені тюбінги рами проходу. Ці тюбінги мають додаткове кільцеве ребро жорсткості. Зверху і знизу до рами проходу примикають тюбінги нормального кільця.

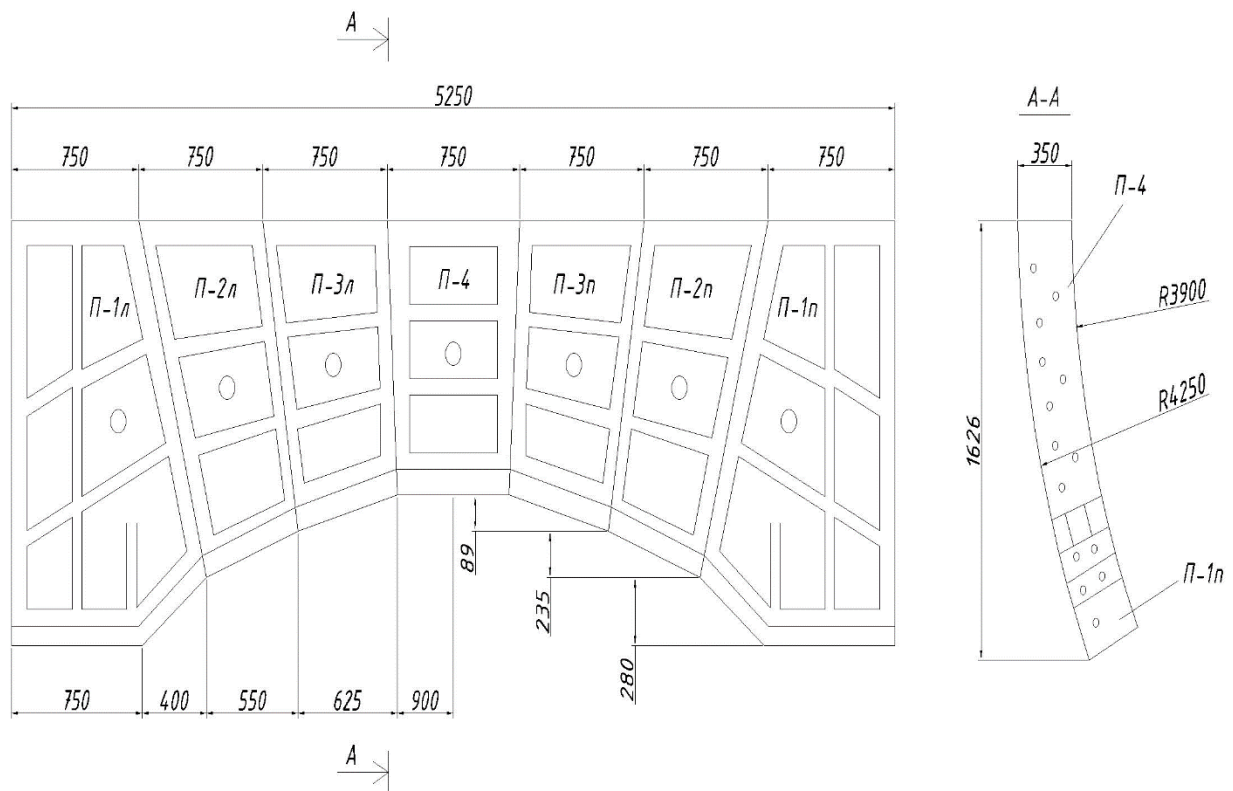


Рисунок 4.5 – Конструкція клинчастої перемички

Якщо оправа станційних тунелів працює в умовах значних усесторонніх навантажень, то в рамках проходу влаштовують як верхні, так і нижні клинчасті перемички. У сприятливіших умовах, наприклад за наявності в основі станції напівскельних або скельних ґрунтів, проходи слід виконувати без нижніх клинчастих перемичок.

Нагнітання за оправу

Нагнітання за оправу виконується для заповнення порожнечі між оправою і породою з метою включення у спільну роботу оправы з оточуючим ґрунтом, запобігання розвитку гірського тиску і більш рівномірний його розподіл по оправі. У той же час піщано-цементний розчин служить гідроізоляцією, яка не пропускає воду.

Нагнітання виконується у два етапи, первинне нагнітання, а потім контрольне. Розтвори для нагнітання готуються на місті провадження робіт у бетономішалках перед проведенням нагнітання. Для покращення водо непроникності в їх состав добавляють спеціальні добавки. Існують багато

варіантів ін'єктору, один із варіантів конструкції ін'єктору для залізобетонних елементів оправи, для чавунних тюбінгів він відрізняється, за допомогою якого з'єднують бетоновід з оправою. Для чавунних тюбінгів ін'єктор має на кінці металеву трубку з різьбою на поверхні, яка співпадає з різьбою отвору у спинки тюбінгу.

Роботи проводяться з інвентарних візків, які мають обладнання для приготування піщано цементної розчину та насос і бетоновід для подачі його за оправу. Кількість приготовленого розчину має вистачити для безперебійної роботи по нагнітання за одне кільце.

Первинне нагнітання проводиться в останнє зібране кільце з низу у верх по кільцю в усі отвори у спинках тюбінгів, починаючи з лоткового, поперемінно з різних боків. У міцних породах дозволяється проводити нагнітання до горизонтального діаметру але з відставання не більше трьох кілець оправи. Розчин нагнітають до тих пір, поки він не дійде до рівня отворів, розміщених вище, тоді ін'єктор переставляють у отвір, який знаходиться вище, а отвір після зняття ін'єктору закривають пробкою.

Прогресивна організація робіт в метробудуванні передбачає застосування потокового методу з циклічним виробництвом гірничопрохідницьких і будівельно-монтажних робіт.

Циклом називають закінчений процес виконання певного об'єму робіт, що повторюються через рівні проміжки часу. Тривалість циклу має бути такою, щоб за зміну або добу завершилося ціле число циклів. При більшій тривалості робіт циклу в нього повинне укладатися ціле число змін.

4.4 Розробка проходів між станційними тунелями

Спорудження пілонів та проходів. На глухих ділянках пілонної станції оправу монтують із нормальних кілець, а в прогоновій частині необхідно влаштувати проходи із середнього тунелю в боковий. Для цього потрібно розімкнути кільця оправи в бокових тунелях з одного боку, а в середньому обох боків.

Для цього в процесі проходки тунелю й монтажу оправи в нормальні кільця середнього та бокових тунелів укладають спеціальні елементи, які утворюють раму проходу рис. 4.6.

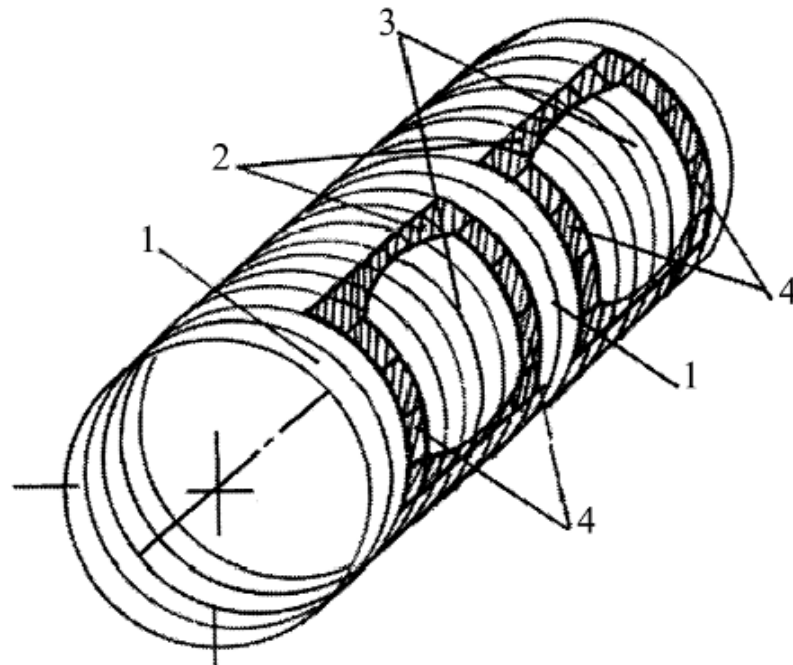


Рисунок 4.6 – Схема розробки проходів

Верхня і нижня частини рами зібрані зі спеціальних фасонних клиноподібних тюбінгів зі скошеними кільцевими бортами. Укладені в певному порядку в суміжних кільцях вони утворюють клинчасті перемички проходу. Після того як тюбінги тимчасового заповнення будуть демонтовані, клинчасті перемички сприймуть навантаження від розімкнених кілець передадуть його на посилені тюбінги рами проходу. Ці тюбінги мають додаткове кільцеве ребро жорсткості. Зверху і знизу до рами проходу примикають тюбінги нормального кільця.

Якщо оправа станційних тунелів працює в умовах значних усесторонніх навантажень, то в рамках проходу влаштовують як верхні, так і нижні клинчаци перемички. У сприятливих умовах, наприклад за наявності в основі станції натаскельних або скельних ґрунтів, проходи слід виконувати без нижніх клинчастих перемичок, але це не наш випадок, бо в нас відносно слабкий ґрунт. Якщо рами проходу розташовані впритул одна до одної, то пілон має мінімальну ширину (1,5 м). Розміщуючи між рамами проходу певну кількість нормальних кілець збільшують ширину пілона до заданої відстані між проходами по довжині станції.

Проходи між тунелями пілонної станції мають замкнуту бетонну або залізобетонну оправу. Внутрішній контур оправи проходу збігається з контуром проходів у станційній оправі. Ґрунтовий шлик між суміжними тунелями у вузьких пілонах шириною до 3 м в слабких ґрунтах замінюють бетоном.

Роботи зі спорудження проходів та оправи пілонів починають, як правило, після закінчення проходки всіх трьох станційних тунелів. Видалення тьобінгів тимчасового заповнення із замкнутих кілець оправи, розробка ґрунту між кільцями суміжних тунелів, влаштування конструкції, поздовжня вісь якої розташовується перпендикулярно осі головних тунелів, призводять до істотної зміни характеру навантажень, перерозподілу зусиль в просторовій конструкції і, як наслідок, значних деформацій окремих її елементів і вузлів. Тому під час спорудження проходів слід керуватися встановленими практикою правилами, що визначають послідовність розкриття проходів і спорудження їх оправи. Черговість цих робіт призначають з таким розрахунком, щоб вони виконувалися одночасно не більше ніж у двох проходах, розташованих на протилежних сторонах і зміщених на один-два проходи.

Ґрунт у межах пілона (між суміжними проходами й оправами середнього бокового тунелів) видаляють, заповнюючи простір бетоном. Роботи ведуть з пересувного металевих риштування, яке встановлюють перед проходом у середньому тунелі. Отвір починають розкривати, видаляючи лебідками

вкладиші й середній верхній тюрбінг тимчасового заповнення через щілину, що утворилася в кільцях, по осі проходу розробляють до тюрбінгів бокового тунелю хідник висотою й закріплюючи його штольневим кріпленням.

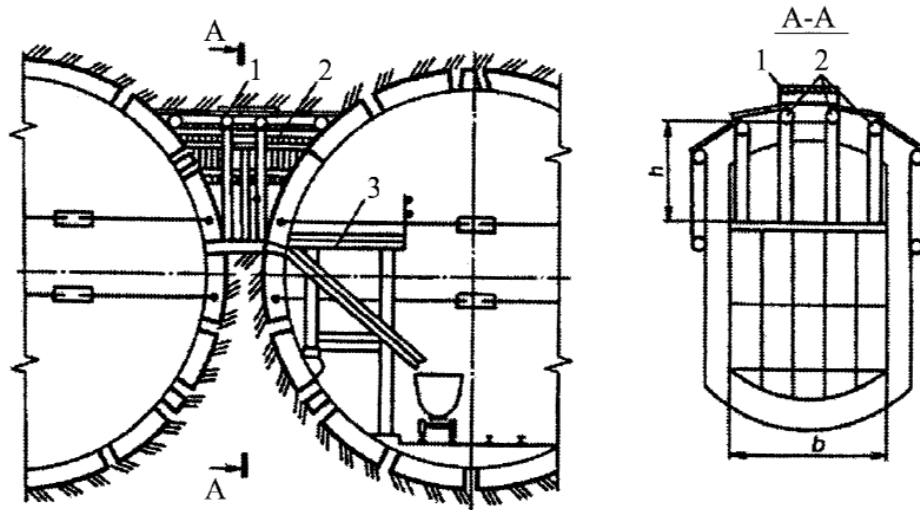


Рисунок 4.7 – Схема розробки проходів

Лонгарини встановлюють вище за місце розташування листів металевої гідроізоляції на товщину оправи проходу і спирають кінцями на тюрбінги. Потім розкривають калоту на всю довжину проходу, встановлюючи чергові пари лонгарин і затягуючи покрівлю марчеванами. У міру розкриття калоти знімають тюрбінги тимчасового заповнення, що залишилися у верхній частині проходу, спочатку в середньому, а потім в боковому тунелі.

У підготовленій калоті встановлюють і зварюють листи металевої опалубки, які зовні мають анкерну арматуру для міцного з'єднання з бетоном, і бетонують верхню частину оправи проходу. Ці самі листи є гідроізоляцію проходів. Після витримки бетону до набирання проектної міцності з проходу видаляють решту тюрбінгів тимчасового заповнення і розробляють ґрунт в проході або на повний профіль, або спочатку середню, а потім нижню частину, після чого бетонують стіни і зворотне склепіння. На завершальній стадії робіт виконують контрольне нагнітання цементного розчину й карбування швів обрамлення [1].

У нашому випадку закладення станції, роботи дещо ускладнюються через роботи зі спорудження проходів у нестійких ґрунтах. По всій довжині частини проходу станції повинні бути виконані підготовчі роботи контрольне підтягування болтів, постановка в кільцях кожного пілона трьох стяжок на рівні діаметра, а в проході трьох парних стяжок по хордах. Одночасне розкриття проходів ведуть через два проходи на протилежних сторонах тунелю. У кожному проході роботи виконують у вказаній вище технологічній послідовності, але з проходу видаляють мінімальну кількість тюбінгів тимчасового заповнення. Тому під час розробки калоти звичайно витягують один верхній тюбінг в середині проходу, а потім середній і нижній тюбінги цього ж кільця. Таким чином, розробку ґрунту, кріплення виробки й бетонування оправи проходу виконують через вузьку вертикальну щілину при одному розімкненому кільці оправи. Решту тюбінгів тимчасового заповнення проходів витягують після спорудження 75% всіх проходів станції, чим досягаються зведення до мінімуму деформацій кілець оправи станційних тунелів.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Станційні тунелі метро є важливою частиною інфраструктури системи підземного транспорту. Вони є тунелями, які з'єднують платформи станцій з шляхами руху поїздів. Бічні станційні тунелі, також відомі як технічні тунелі, призначені для різних цілей, пов'язаних з експлуатацією та обслуговуванням метрополітену.

Ось деякі з основних функцій та призначень бічних станційних тунелів у метро:

Евакуація пасажирів: Бічні станційні тунелі можуть бути використані для евакуації пасажирів у разі надзвичайних ситуацій, таких як пожежа або відключення електрики на станції. Вони надають пасажирам безпечний шлях евакуації до найближчої станції або спеціально обладнаних аварійних виходів.

Доступ до служби безпеки та обслуговуючого персоналу: Бічні тунелі дозволяють службам безпеки та обслуговуючого персоналу мати доступ до різних ділянок станції та шляхів руху поїздів. Це дозволяє їм швидко реагувати на ситуації, обслуговувати обладнання та проводити ремонтні роботи без перешкод для руху пасажирів.

Проведення інженерних комунікацій: Бічні тунелі також можуть використовуватися для прокладання інженерних комунікацій, таких як електрика, вода, каналізація, системи вентиляції та інші. Це забезпечує підключення всіх необхідних систем на станції та полегшує їх обслуговування та ремонт.

Зберігання та транспортування матеріалів: Бічні тунелі можуть використовуватись для тимчасового зберігання будівельних матеріалів, інструментів, запасних частин та іншого обладнання. Також вони дозволяють організовувати транспортування цих матеріалів між різними ділянками станції або станціями у разі потреби.

Прибирання породи

При навантаженні породи у забої навантажувальною машиною чи екскаватором у зоні їхньої дії можуть знаходитися тільки машиніст та його помічник. Виконувати при допомозі вказаних машин у забої забороняється.

Кузови вагонеток, автомобілів-самосвалів не повинні загрузатися породою доверху. Відстань від породи до верху борта повинна бути не менше 10 см.

При роботі у забої двох породонавантажувальних машин машиністам заборонено керувати ними з площадок, які знаходяться зі сторони міжпуття.

Екскаватори для навантаження породи повинні мати звукові сигнали, які подаються по встановленій схемі, з якої повинен бути ознайомлений увесь працюючий у забої персонал. Таблицю сигналів треба вивішувати на видному місці поблизу екскаватора.

Розвантажувальна частина транспортера повинна періодично очиститись. Ця робота може виконуватися лише при зупиненій транспортній стрічці і вимкненими електродвигунами.

Зчеплення і розчеплення вагонеток з породонавантажувальною машиною під час її руху заборонено. При навантаженні породи транспортером в нерозщеплений состав забороняється знаходитись близько від вагонеток і електровоза та на шляху, зайнятим цим составом.

Після завершення завантаження породи захисні піддони транспортерів повинні бути чистими.

Монтаж збірної оправи

Для монтажу тьобінгової або блочної оправи треба застосовувати механічні укладальники, а у окремих випадках – лебідки, що повинно бути показано у записці проекту.

До початку робіт по монтажу збірної оправи тунелю укладальник повинен бути перевірений машиністом укладальника та черговим електрослюсарем. Результати перевірки повинні бути занесені у журнал прийому і здачі зміни.

Подавати сигнали машиністу укладальника дозволяється тільки одному

робочому, назначеному службою технічного надзору. Включення механізмів дозволяється тільки після подачі сигналу цим робочим, котрий повинен перевірити, що роботі механізму нічого не мішає. До включення механізмів машиніст повинен дати сигнал у відповідь. Кожен незрозумілий сигнал повинен бути прийнятий машиністом укладальником як сигнал «стоп».

Забороняється знаходження людей під піднятим блоком, а також у зоні обертання важелю укладальника під час його роботи.

Блоки вище горизонтального діаметру тунелю повинні кріпитись тільки зі спеціальних висувних площадках блокоукладальника або спеціальних пересувних риштувань.

Затягувати гайки до відказу, міняти болтові кріплення і загвинчувати пробки у отвори для нагнітання на висоті слід робити з пересувних риштувань, чеканочних візків. Виконання цих робіт з драбин і оправи забороняється.

Залишати блок у піднятому стані по закінченні роботи або на час перерви забороняється.

Забороняється підвішувати блок до руки укладальника при несправному захваті.

При огляді і ремонті укладальників збірних оправ повинні бути прийняті міри, мішаючи їм обертатися.

При переміщенні елемента збірної оправи укладальником, лебідкою або другими приладами повинно бути виключено задівання за які-небудь предмети.

При підйомі і встановленні блоків лебідками останні повинні бути добре закріплені і розставлені не ближче 5м і не далі 15м по горизонталі піднімаємого вантажу.

При закінченні подачі електроенергії машиніст повинен швидко вимкнути усі електродвигуни на своєму робочому місці до подачі електроенергії до отримання особливого розпорядження.

Канати для підйому і спускання блоків повинні відповідати технічним нормам і бути пропущеними через захищенні блоки безпечної конструкції,

дбайливо закріпленими на спеціальних підвісках.

Прикріпляти блоки до захвату для підйому і спуску треба при допомозі спеціально пристрою, який забезпечує безпеку проведення робіт.

Відчіпляти канат від блока до то як він буде закріплений не менше чим трьома болтами з сусіднім зібраним кільцем забороняється.

Піднімати і спускати блоки треба плавно, не допускаючи ривків, розкачувань і різких зупинок.

Піднімаємі і укладаємі елементи збірної оправи повинні бути постійно у полі зорі робітників, працюючих на укладачах. При монтажі оправи прорізних кілець або перших кілець у камерах дозволяється працювати на лебідках без наявності прямої видимості, при цьому лебідка повинна мати двосторонню звуко-світлову сигналізацію з містом укладки.

Монтаж оправи при оголеній кривлі боках допускається лише у стійких ґрунтах із захисними огороженнями робочої зони від випадających кусків породи. Ці огороження встановлюються у відповідності з проектом.

При обтисканні оправи клиновими блоками зі сторони шелиги склепіння повинні бути передбачені проектом, виключені випаданням клинового блока.

При обтисканні кілець оправи виносними гідроциліндрами вище рівня горизонтального діаметра повинна бути передбачена проектом, виключаючи випадання вкладишів та виносних гідроциліндрів у місцях обжимання.

Аварійні ситуації при проходці тунелю

Обов'язки уповноваженого керівника з ліквідації аварії наказом по метрополітену покладаються на одного з заступників керівника метрополітену згідно з розподілом функціональних обов'язків або посадову особу, яка його заміщує у разі його відсутності. Начальником штабу з ліквідації аварії, як правило, призначається головний інженер метрополітену.

При виникненні аварії уповноважений керівник з ліквідації аварії для виконання завдань, визначених планом ліквідації аварії (ПЛА), збирає штаб з ліквідації аварії.

Враховуючи можливість виникнення аварії у неробочий час (нічна перерва, неробочий час уповноваженого керівника тощо) або відсутності його на місці події, наказом по підприємству право першочергового введення у дію ПЛА надається черговому по метрополітену.

Перед погодженням і затвердженням ПЛА командний склад загону Державна служба надзвичайних ситуацій (ДСНС), що обслуговує підземні об'єкти метрополітену, проводить комплексну перевірку стану протиаварійного захисту кожного підземного об'єкта. Комплексна перевірка проводиться на підставі спільного наказу керівника метрополітену та керівника ДСНС.

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній бакалаврській роботі проведено аналіз інженерно-геологічних умов будівництва пілонної станції. На основі аналізу робимо висновок, що у місці будівництва пілонної станції міцність ґрунтів за М. М. Протод'яконовим складає $f=1,5$, що дозволяє проєктувати оправу станційних тунелів із чавунних тюбінгів.

2. Запроєктована конструкція пілонної станції метрополітену, оправа станційних тунелів якої збирається із чавунних тюбінгів з клинчастими перемичками у місцях проходів.

3. Виконано статичний розрахунок пілонної станції метрополітену із чавунних тюбінгів з використанням методу скінченних елементів, результати якого показали можливість будівництва станції у твердій глині.

4. Розроблена технологія спорудження пілонної станції метрополітену із чавунних тюбінгів із попередньою проходкою пілот-тунелів, з розробкою породи при проходці пілот-тунелів комбайном.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Петренко, В. І. Станції метрополітену: конструкції та спорудження [Текст]: навчальний посібник / В. І. Петренко, В. Д. Петренко, О. Л. Тютюкін. – Д.: Вид-во «Нова ідеологія», 2012. – 164 с.
2. Айвазов, Ю. М. Проектування метрополітенів (у 3-х частинах). Начальний посібник. Частина 1 [Текст] / Ю. М. Айвазов. – Київ: НТУ, 2006. – 166 с.
3. Петренко, В. Д. Методичні вказівки до курсового й дипломного проектування «Станція метрополітену глибокого закладення (конструкції та спорудження)» [Текст] / В. Д. Петренко, В. Т. Гузченко, О. Л. Тютюкін, Д. В. Тютюкін. – Д.: Нова ідеологія, 2015. – 30 с.
4. Гайко, Г. І. Конструкції кріплення підземних споруд: Навчальний посібник [Текст] / Г. І. Гайко. – Алчевськ: Дон ДНУ, 2006 – 133с.
5. Тютюкін, О. Л. Теоретичні основи комплексного аналізу тунельних конструкцій [Текст] / О. Л. Тютюкін. – Дніпро : Журфонд, 2020. – 260 с.
6. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва [Текст]. – Київ, 2008. – 74 с.
7. ДБН В.2.3-7-2010. Споруди транспорту. Метрополітени [Текст]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 195 с.
8. ДБН В.2.3-6:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
9. Петренко, В. І. Розрахунок трисклепінчастих станцій метрополітену глибокого закладення [Текст] / В. І. Петренко, В. Д. Петренко, О. Л. Тютюкін. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2004. – 176 с.
10. Петренко, В. Д. Методичні вказівки для курсового та дипломного проектування «Математичне моделювання підземних споруд на основі методу скінченних елементів. Ч. 1. Structure CAD for Windows (SCAD)» [Текст] / В. Д. Петренко, В. Т. Гузченко, О. Л. Тютюкін, В. П. Купрій. – Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2010. – 56 с.