

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 колонної станції метрополітену глибокого
закладення у глинястому сланці
за освітньою програмою «Мости і транспортні тунелі»
зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: МТ1911

(підпис студента) / Сергій ГОНЧАР /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: _____
(підпис) / доцент Володимир КУПРІЙ /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер: _____
/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН /

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)

Дніпро – 2023 рік

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

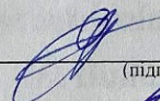
Факультет «Будівництво, архітектура та інфраструктура»
(назва факультету/ННЦ)

«Транспортна інфраструктура»
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
ОС «бакалавр»
(ступінь вищої освіти)

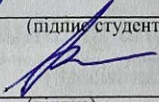
на тему: Проект спорудження колонної станції метрополітену глибокого
закладення у глинястому сланці
за освітньою програмою «Мости і транспортні тунелі»
зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: МТ1911


(підпис студента)

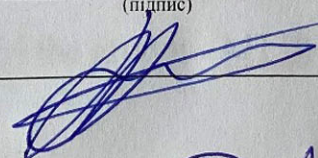
/ Сергій ГОНЧАР /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/ доцент Володимир КУПРІЙ /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

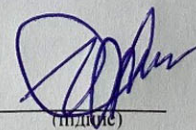
Нормоконтролер:



/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН /

Консультант:

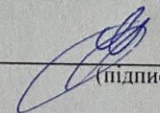
Охорона праці та безпека в
надзвичайних ситуаціях
(назва розділу)


(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)

Дніпро – 2023 рік

ЗАЯВА

Я, Гонгар Сергій Володимирович

(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 коконної станції метрополітену
глибокого закладення у шкельбашу станції

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]
(підпис)

Гонгар Сергій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Дата

07.06.2023

Керівник ВКР

[підпис]
(підпис)

Кукрія 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»

Гондара Сергія Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: „Спорудження колоїдної стяжки
метрополітену глибокого закладення
у зміняючому сячущі”
в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР

В

(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:

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 / Sergey GONCHAR

(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: «Бакалавр»

Освітня програма: «Мости і транспортні тунелі»

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортна інфраструктура»

_____ **Олексій ТЮТКІН**

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ОС «бакалавр»

(ступінь вищої освіти)

студенту Гончару Сергію Володимировичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Спорудження колонної станції метрополітену глибокого закладення у глинястому сланці»

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 колонних станцій з різних матеріалів та дані, що отримані під час пошуку в Internet.

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

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Лист 1. План колонної станції. Лист 2. Переріз колонної станції. Лист 3. Паспорт буро-вибухових робіт. Лист 4. Проходка центрального 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 колонної станції.	01.05.2023 – 07.05.2023	
2	Розділ 3. Статичний розрахунок колонної станції із залізобетонних блоків.	22.05.2023 – 28.05.2023	
3	Розділ 4. Технологія спорудження колонної 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)

Сергій ГОНЧАР

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир КУПРІЙ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

56 стор., 15 рис., 2 табл., 10 літературних джерел.

Об'єкт розробки – колонна станція метрополітену.

Мета роботи – запроєктувати конструкцію і розробити технологію спорудження колонної станції метрополітену із залізобетону.

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

1. Виконано аналіз та вплив інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов будівництва на вибір конструкції колонної станції та технологію її спорудження.

2. Запроєктована конструкція колонної станції метрополітену із залізобетонних блоків.

3. Виконано статичний розрахунок колонної станції метрополітену із залізобетонних блоків з використанням методу скінченних елементів.

4. Розроблена технологія спорудження колонної станції метрополітену із залізобетонних блоків з розробкою породи буровибуховим способом.

Запропонована технологія спорудження колонної станції метрополітену зі збірного залізобетону з використанням залізобетонних блоків з зв'язками розтягу у стиках.

Ключові слова: МЕТРОПОЛІТЕН, КОЛОННА СТАНЦІЯ, МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ТЕХНОЛОГІЯ СПОРУДЖЕННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ БУДІВНИЦТВА.....	10
РОЗДІЛ 2 ВАРІАНТИ КОНСТРУКЦІЇ КОЛОННОЇ СТАНЦІЇ.....	12
2.1 Визначення основних розмірів колонної станції.....	12
2.2 Конструкція станції із залізобетонних блоків.....	18
2.3 Конструкція станції із залізобетонних тюбінгів	20
РОЗДІЛ 3 СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТАНЦІЇ ІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БЛОКІВ	22
3.1 Визначення навантажень.....	22
3.2 Розрахунок станційної конструкції методом скінченних елементів	24
3.3 Перевірка оправи на міцність оправи станції	26
РОЗДІЛ 4 ТЕХНОЛОГІЯ СПОРУДЖЕННЯ КОЛОННИХ СТАНЦІЙ ЗІ ЗБІРНОЮ ОПРАВОЮ.....	29
4.1 Організація будівництва.....	30
4.2 Проходка бокових станційних тунелів	31
4.3 Розрахунок параметрів буровибухових робіт	32
4.4 Проходка центрального станційного тунелю	47
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	50
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	56

ВСТУП

Будівництво колонних станцій відноситься до найбільш складних видів робіт у метробудуванні, оскільки воно пов'язане з улаштуванням комплексу взаємопов'язаних споруд та розкриттям виробок великого перерізу у розташуванні щільної забудови. Будівництво повинно вестись у такій технологічній послідовності, щоб не допускати осад земної поверхні, небезпечних для збереження будівель та споруд.

Колонні станції будуються у містах, де складно прокладати тунелі на малих глибинах через геологічні особливості чи наявність інших інфраструктурних об'єктів.

Колонні станції глибокого закладення мають кілька характерних рис. По-перше, через свою глибину та особливості конструкції потрібен ескалатор для переміщення пасажирів між платформою та входом/виходом на поверхню. По-друге, такі станції зазвичай мають більш обмежений простір, ніж станції на менших глибинах, тому вони можуть бути більш компактними і вузькими.

Колона станція глибокого закладення – це один із типів станцій метрополітену, яка розташовується на значній глибині під землею, але вона входить у комплекс споруд метрополітену і її будівництво пов'язане з спорудженням шахтного стволу, ескалаторних тунелів та перегінних тунелів.

Однак, незважаючи на свої особливості, колонні станції глибокого закладання надають важливе транспортне сполучення для городян та забезпечують можливість швидкого та ефективного переміщення містом, мінаючи дорожні пробки та скорочуючи час подорожі.

Об'єкти метрополітенів – підземні та наземні споруди (тунелі, наземні та надземні ділянки, станції, електродепо та інші), колії, контактна мережа, тягові та суміщені тягово-понижувальні підстанції, електрорухомий склад та інше обладнання метрополітенів (ескалатори, ліфти та пасажирські підйомники для переміщення пасажирів в похилій, вертикальній та

горизонтальній площинах, засоби сигналізації і зв'язку, електромеханічне обладнання, пристрої пасажирської автоматики та інші пристрої), призначені для організації руху поїздів та забезпечення надання транспортних послуг;

Велика перевага метрополітену це можливість економити міську територію (особливо в центральних районах, що історично склалися, районів із архітектурними пам'ятками).

Лінії метрополітену доцільно трасувати уздовж магістралей загальноміського значення, а станції розміщувати на перехрестях магістралей, що їх перетинають. Розміщення станцій на перехрестях полегшує і спрощує організацію руху наземного суспільного транспорту, що підвозить пасажирів з тяжіючих до цих станцій житлових або промислових районів.

При проектуванні ліній метрополітену важливо встановити раціональну довжину перегону і розташувати станції на плані міста. Станції слід розташовувати на генеральній схемі ліній метрополітену з урахуванням існуючого і перспективного планування міста і його наземної транспортної системи в пасажиро утворюючих місцях. До таких місць відносяться площі, перетини вуличних магістралей, залізничні, річкові і автобусні вокзали, стадіони, парки, промислові комплекси тощо. Станції розташовують також на перетинах або в місцях сполучення ліній метрополітену між собою і із залізницями.

Конструктивна схема колонної станції базується на ідеї об'єднання шляхових тунелів і розподільного залу в одну конструкцію. На відміну від роз'єднаних тунелів пілонної станції тунелі в колонній станції зближені таким чином, що їх оправи перетинаються і спираються на загальні опори – внутрішні несучі конструкції. Ці конструкції, як правило, виконують у вигляді подовжньої колонади, що не загромаджує пасажирську платформу [1].

В основі конструювання станцій колонного типу лежить вирішення питання про діаметр бокових станційних тунелів і про прольоті склепіння

середнього тунелю. Крім того, необхідно, щоб розташовані всередині бокових станційних тунелів опорні елементи розімкнутих кілець оправи забезпечили допустиму відстань колон до краю платформи, достатню висоту проходів і оптимальний розподіл зусиль у вузлах з'єднань склепінь оправ з колонами.

Традиційно спорудження колонних станцій з оправою із збірних залізобетонних елементів ведеться шляхом послідовної проходки бокових станційних тунелів з одночасним зведенням постійної оправи і колон за допомогою укладачів, а потім центрального станційного.

Можливі два варіанти конструктивних схем колонних станцій. По першій схемі склепіння оправ станційних тунелів спираються на колони через подовжні прогони. По другій схемі розімкнена оправа тунелів спирається на колони через стандартні тюбінгові клинчасті перемички, що входять до складу кілець оправи тунелів, аналогічно пілонним станціям. Перша схема прийнятна для станцій як з чавунною, так і із залізобетонними оправами, друга – тільки з чавунною [1].

В дипломній роботі приймається перший варіант, оправи станційних тунелів проєктуються із залізобетонних блоків, які мають зв'язки розтягу у стиках.

Проходка бокових станційних тунелів виконується з відставанням 50 метрів. Проходка центрального станційного тунелю починається після проходки бокових станційних тунелів і виконується з розбивкою забою на дві або три заходки.

Роботи по розробці породи і монтажу постійної оправи виконуються на близькій відстані, що не дозволяє збільшувати швидкість проходки.

РОЗДІЛ 1

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ БУДІВНИЦТВА

Проектування конструкції станції, технологію спорудження, її вартість і терміни виконання робіт визначаються в основному геологічними й гідрогеологічними умовами.

У зв'язку з цим велике значення для успішного ходу будівництва мають інженерно-геологічні дослідження району, наміченого для будівництва станції, які виконуються відповідно до ДБН [6].

Глиняний сланець – це метаморфічна гірська порода, що має достатньо високу міцність, але має анізотропні властивості. Тому, перед будівництвом станції метрополітену, інженерно-геологічні властивості цієї породи потрібно ретельно вивчити.

У програму інженерно-геологічного обстеження району будівництва станції входять наступні види робіт:

- вивчення наявних літературних і картографічних матеріалів по топографії, геології і гідрогеології району;
- проведення інженерно-геологічної зйомки території будівництва, що полягає у вивченні оголень земної кори, стійкості ґрунтових мас, потужності і хімічного складу джерел, що виходять на поверхню, характеру рельєфу і т.п.;

Для проектування колонної станції у глинистому сланці найбільш важливими є наступні дані інженерно-геологічних вишукувань:

- геологічна структура і стійкість гірського масиву (від цього залежить гірський тиск, який буде діяти на станційну оправу);
- наявність зон розмиву, провалів, зсувів і карстів, а також, складок та ін. (від цього залежить спосіб спорудження станції);
- очікуваний гірський тиск і імовірність зустрічі ділянок зі значним гірським тиском (що залежить від геологічної структури);
- характер тріщинуватості породи та кут падіння (що впливає на стійкість

забою при розробці).

Однією з основних характеристик глинистого шару, що має важливе значення для проєкту тунелю метро, є його в'язкість та пластичність. Ці властивості можуть вплинути на стійкість тунелів та на міцність самого гірського масиву.

Тим більше, що глинистий сланець може містити тріщини, може знижувати міцність та стійкість порід. Для вирішення можливих проблем при спорудженні колонної станції важливо дослідити структуру гірського масиву, виявляючи наявність тріщин, та при необхідності використовувати засоби підсилення та захисту гірського масиву.

Таблиця 1.1

Фізичні характеристики глинястого сланцю

Характеристика та одиниця виміру	Значення
Середня щільність, кг/см ³	2.75
Міцність на стиск, МПа	74,7
Об'ємне вологопоглинання, %	0,78 – 3

Мінеральний склад: гідрослюди, кварц (пилуваті часточки) з домішками глинистих мінералів. Структура неповно кристалічна на відміну від інших метаморфічних порід. Текстура сланцювата. Колір зелений, сірий, бурий, чорний, червонуватий. Блиск матовий (як у глини). Злам землистий (як у глини). Не розмокає у воді (на відміну від глини).

Діапазон міцності за М. М. Протод'яконовим складає $f = 1,5 \dots 3,0$. Таким чином приймаємо інженерно-геологічні умов з оправою із чавуну та збірного залізобетону, (коефіцієнт міцності $f=3$).

РОЗДІЛ 2

ВАРІАНТИ КОНСТРУКЦІЇ КОЛОННОЇ СТАНЦІЇ

2.1 Визначення основних розмірів колонної станції

У дипломному проєкті розглядаємо два варіанти конструкції станції. Для цього виконуємо аналіз інженерно-геологічних умов, оскільки властивості породного масиву, у якому розташовується станція, є основними критеріями вибору її типу та матеріалу оправи.

Основні дані до розрахунку:

1. Геологічні умови глинястий сланець $f=3$
2. Глибина закладання станції 45 метрів
3. Рівень ґрунтових вод 11 метрів
4. Склад поїзду 5 вагонів
5. Коефіцієнт посадки 0,3

Основними розмірами станції є: довжина і ширина посадкових платформ, і довжина і ширина середнього залу станції, висота станції, ширина і висота проходів.

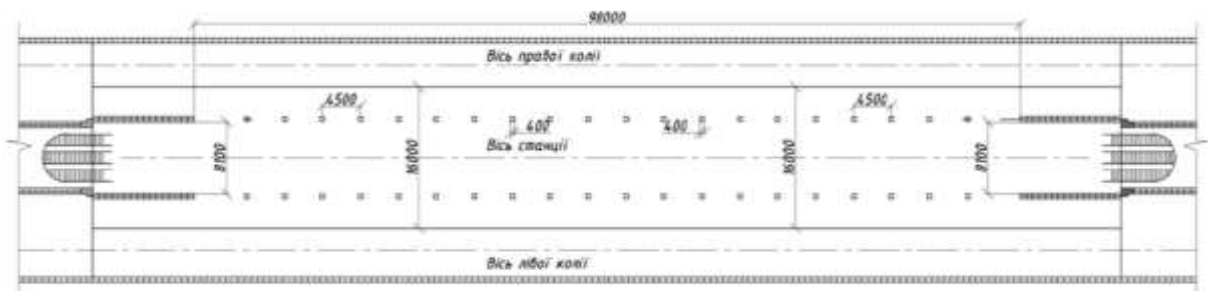


Рисунок 2.1 – План конструкції колонної станції

Довжина пасажирської платформи станції приймається згідно з кількістю вагонів, які експлуатуються в поїздах, що проходять через станцію:

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

$$L_{пл}/0,75=98/0,75=131 \text{ шт}$$

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

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

Площа платформи визначається з урахуванням кількості пасажирів

$$\omega = n_{\text{пл}} \eta = 255 * 0,55 = 140,25 \text{ м}^2$$

де $n_{\text{пл}}$ – кількість пасажирів на платформі, чол.; η – густота заповнення платформи, $\text{м}^2/\text{чол.}$

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...0,5 (для станцій, які розташовані біля театрів, парків, вокзалів $k_{\text{пв}}=0,5...1$) 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):

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

Ширина пасажирських платформ:

Для колонних станцій з острівною платформою ширина її повинна бути не менше 12 м і визначається за формулою:

$$b = \frac{\omega}{l_p} + 0,45 = \frac{140,25}{91,25} + 0,45 = 1,98 \approx 3,2 \text{ м},$$

де b – мінімальна ширина платформи для посадки пасажирів, приймається
 $b = 3,2 \text{ м},$

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

$$n_e = \frac{2 \cdot n_{пп} \cdot n_{пл}}{8500} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 255}{8500} = 1,8 \approx 3 \text{ еск.}$$

$n_{пл}$ – 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.

Розрахунок об'ємів робіт при спорудженні колонної станції

Розробка породи лівого та правого станційного тунелю (м^3).

Об'єм визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D_{\text{зовн}}^2}{4} \cdot L_{\text{пл}} = \frac{3,14 \cdot 8,5^2}{4} \cdot 98,25 = 5558,2 \text{ м}^3$$

$$V_1 = V_3, \text{ тоді}$$

$$V_{1,3} = V_1 \cdot 2 = 5558,2 \cdot 2 = 11116,4 \text{ м}^3$$

де $D_{\text{зовн}}$ – зовнішній діаметр оправи лівого та правого тунелів,

V_1 – об'єм лівого тунелю,

V_3 – об'єм правого тунелю.

Навантаження і відкатка породи (м^3):

$$V_n = k_p \cdot V_{1,3} = 1,8 \cdot 11116,4 = 2009,52 \text{ м}^3,$$

де k_p – коефіцієнт розрихлення, $k_p = 1,8$ (для міцності порід $f=2,1\dots3$)

Монтаж залізобетонної оправи (m^3):

$$V_3 = \lambda \frac{\pi}{4} (D_{3H}^2 - D_{BH}^2) \cdot L_{nл} = 0,7 \frac{3,14}{2} (8,5^2 - 7,9^2) \cdot 98,25 = 1059,8 m^3,$$

$$V_3^{заг} = V_3 \cdot 2 = 1059,8 \cdot 2 = 2119,6 m^3$$

де D_{BH} – внутрішній діаметр оправи; λ – коефіцієнт, який враховує наявність порожнин в залізобетонному елементі (для блоків $\lambda=0,7$).

Нагнітання за оправу (m^2):

$$S_k = L_k \cdot 1 = \pi D_{3H} = 3,14 \cdot 8,5 = 26,69 m^2$$

$$S_k^{заг} = S_k \cdot 2 = 26,69 \cdot 2 = 53,38 m^2,$$

Чеканка швів (пог. м):

$$L_{ч.ш.} = L_{BH} + n \cdot 1 = \pi D_{BH} + n = 3,14 \cdot 7,9 + 21 = 45,8 \text{ пог.м}$$

$$L_{ч.ш.}^{заг} = L_{ч.ш.} \cdot 2 = 45,8 \cdot 2 = 91,6 \text{ пог.м},$$

де n – кількість поздовжніх швів в оправі.

Розробка породи центрального тунелю (m^3). Розробка колоти.

Об'єм визначається за формулою:

$$V_1 = S \cdot L_{nл} = 15,33 \cdot 98,25 = 1502,34 m^3$$

де S -площа колоти.

Монтаж верхнього склепіння:

$$V_{склеп} = S_{склеп} \cdot L_{nл} = 2,76 \cdot 98,25 = 279,48 m^3$$

де $S_{склеп}$ – площа верхнього склепіння.

Нагнітання за оправу верхнього склепіння (m^2):

$$S_k = L_k \cdot 1 = \pi D_{3H} = 3,14 \cdot 4,91 = 15,42 m^2,$$

де L_k – довжина дуги кільця по зовнішньому діаметру.

Чеканка швів верхнього склепіння (пог. м):

$$L_{ч.ш.} = L_{BH} + n \cdot 1 = \pi D_{BH} + n = 3,14 \cdot 4,56 + 6 = 20,32 \text{ пог.м},$$

де L_{BH} – довжина кола оправи по внутрішньому діаметру; n – кількість поздовжніх швів в оправі.

Розробка ядра і лоткової частини:

$$V_{\text{ядра}} = S \cdot L_{\text{пл}} = 50,5 \cdot 98,25 = 4949 \text{ м}^3$$

де S – площа ядра і лоткової частини

Монтаж лотка:

$$V_{\text{лотка}} = S_{\text{лотка}} \cdot L_{\text{пл}} = 2,12 \cdot 98,25 = 207,76 \text{ м}^3$$

Нагнітання за оправу (м^2):

$$S_{\text{к}} = L_{\text{к}} \cdot 1 = \pi D_{\text{зн}} = 3,14 \cdot 6,55 = 20,56 \text{ м}^2$$

Чеканка швів (*пог. м*):

$$L_{\text{ч.ш.}} = L_{\text{вн}} + n \cdot 1 = \pi D_{\text{вн}} + n = 3,14 \cdot 6,2 + 2 = 21,5 \text{ пог.м},$$

де $L_{\text{вн}}$ – довжина кола оправу по внутрішньому діаметру; n – кількість поздовжніх швів в оправі.

Монтаж колон:

$$V_{\text{колон}} = S_{\text{колон}} \cdot h_{\text{колон}} \cdot n = 1,62 \cdot 2,7 \cdot 4 = 8,32 \text{ м}^3$$

де $S_{\text{колон}}$ - об'єм однієї колони,

n -загальна кількість колон.

Монтаж платформи:

$$V_{\text{пл}} = S_{\text{пл}} \cdot L_{\text{пл}} = 5,24 \cdot 98,25 = 513,52 \text{ м}^3$$

де $S_{\text{пл}}$ - площа платформи

Монтаж колії:

$$L_{\text{колії}} = 4 \cdot L_{\text{пл}} = 4 \cdot 98,25 = 392 \text{ м}$$

Монтаж контррейок:

$$L_{\text{контр}} = 2 \cdot L_{\text{пл}} = 2 \cdot 98,25 = 196 \text{ м}$$

Монтаж підпірних стінок:

$$V_{\text{п.с.}} = S \cdot n \cdot L_{\text{пл}} = 0,4 \cdot 4 \cdot 98,25 = 156,8 \text{ м}^3$$

Монтаж колійних стінок:

$$V_{\text{к.с.}} = S \cdot n \cdot L_{\text{пл}} = 0,9 \cdot 2 \cdot 98,25 = 176,4 \text{ м}^3$$

Таблиця 2.1

Об'єми робіт і трудовитрати

№ робіт	Найменування робіт	Шифр	Од. виміру	Об'єм робіт	Трудовитрати	
					На од.	На об'єм
1	Проходка тунелю (лівий станційний тунель)	29-80- 10	м ³	6231,33	42,0	2617,15
2	Вкладання збірної з/б оправи із блоків (лівий станційний тунель)	29-126- 11	м ³	1059,8	1548,4	16409,94
3	Проходка тунелю механізованим щитом (правий станційний тунель)	29-80- 10	м ³	6231,33	42,0	2617,15
4	Вкладання збірної з/б оправи із блоків (правий станційний тунель)	29-126- 11	м ³	1059,9	1548,4	16409,94
5	Розробка калоти шириною до 9 м	29-49-7	м ³	1502,34	1248,2	18752,2
6	Вкладання збірної з/б оправи із блоків (центральный станційний тунель)	29-126- 11	м ³	279,48	1548,4	4327,5
7	Розробка середньої штроси (ядро) і лоткової частини	29-52-5	м ³	4949	333,38	16498,97
8	Влаштування лотків	29-109- 2	м ³	207,76	592,5	1023,1
9	Монтаж колон	29-129- 2	т	8,32	18,8	156,42
10	Влаштування колійних стін	29-155- 1	м ³	176,4	1300,3	2293,72
12	Влаштування платформи	29-153- 2	м ³	513,52	1227,7	6304,5
					сума	66580.72

2.2 Конструкція станції із залізобетонних блоків

На рис.2.2 приведена конструкція колонної станції зі залізобетону – блоки, яка має три станційні тунелі діаметром 8,5 метрів. Кільце оправи тунелів складається з типових залізобетонних елементів – нормальних, суміжних та замкових з включенням колон

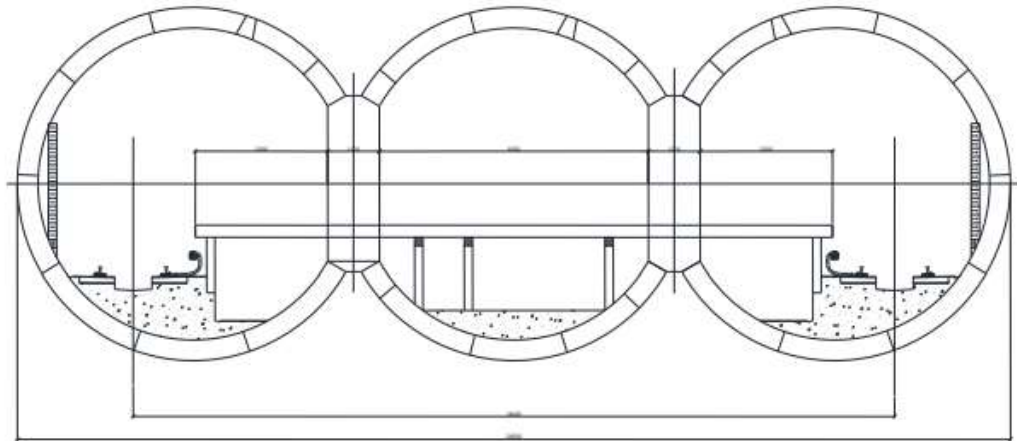


Рисунок 2.2 – Колонна станція із залізобетону – блоки

Залізобетонні блоки зі зв'язками розтягу у стиках почали використовуватися для будівництва перегінних та станційних тунелів. Вони мають високу міцність, довговічність і вогнестійкість, що робить їх ідеальним матеріалом для таких конструкцій.

Конструктивні рішення оправ з блоків суцільного перерізу відрізняються за характером зав'язків між кільцями, типом поздовжніх стиків, кількістю типорозмірів блоків у кільці. Кільце оправи з блоків з болтовими з'єднаннями між кільцями може мати три («н», «з», «с»), чотири («н», «з», «с», «л») типорозмірів блоків. Вибір залежить від розмірів тунелю, геологічних умов та способу спорудження. Приймаємо варіант з лотковим блоком.

Залізобетонні блоки для будівництва колонних станцій зазвичай

виготовляються із спеціального залізобетону, який складається із цементу, піску, води та арматури. Арматура вбудовується всередину блоку для надання йому додаткової міцності та стійкості.

Процес виробництва залізобетонних блоків включає такі етапи:

1. Підготовка форми: Блоки формуються у спеціальних формах, які мають необхідну геометрію та розміри.
2. Підготовка суміші: Цемент, пісок та вода змішуються у певних пропорціях, щоб отримати консистентну рідку суміш.
3. Наповнення форм: Рідка суміш заливається у форми, арматура вміщується всередину, щоб забезпечити додаткову міцність конструкції.
4. Затвердіння: Блоки залишаються у формах для затвердіння та набуття достатньої міцності.
5. Випуск із форми та оздоблення: Після досягнення потрібної міцності блоки витягуються з форм та піддаються оздобленню, щоб отримати гладку поверхню та точні розміри.

Залізобетонні блоки для будівництва колонних станцій мають ряд переваг:

1. Міцність: Залізобетон має високу міцність і здатний витримувати великі навантаження, що особливо важливо для колон метро, які зазнають тиску від ваги надземних будівель і поїздів.
2. Довговічність: Залізобетонні блоки мають довгий термін служби і не схильні до корозії або впливу навколишнього середовища.
3. Вогнестійкість: Залізобетон має високу вогнестійкість, що є важливим фактором безпеки для будівельних конструкцій.

Блоки оправи повинні задовольняти встановленим при проєктуванні міцностним вимогам, які забезпечуються дотриманням комплексу нормованих і проєктних показників, що характеризують міцність бетону, товщину захисного шару бетону, розміри перерізів, розташування арматури, діаметр і механічні властивості сталі, основні розміри арматурних виробів. Ці показники перевіряються в процесі вхідного, операційного і приймального

контролю, що виконуються виробником блоків.

Конструктивна схема колонної станції базується на ідеї об'єднання тунелів і розподільного залу в одну конструкцію. Колонній станції зближені таким чином, що їх оправи перетинаються і спираються на загальні опори – внутрішні несучі конструкції. Ці конструкції, як правило, виконують у вигляді поздовжньої колони, що не загромождає пасажирську платформу.

2.3 Конструкція станції із залізобетонних тюбінгів

На рис. 2.3 приведена конструкція колонної станції зі залізобетону – тунінги, яка має три станційні тунелі діаметром 8,5 метрів. Кільце оправи тунелів складається з типових залізобетонних елементів – нормальних, суміжних та замкових з включенням колон

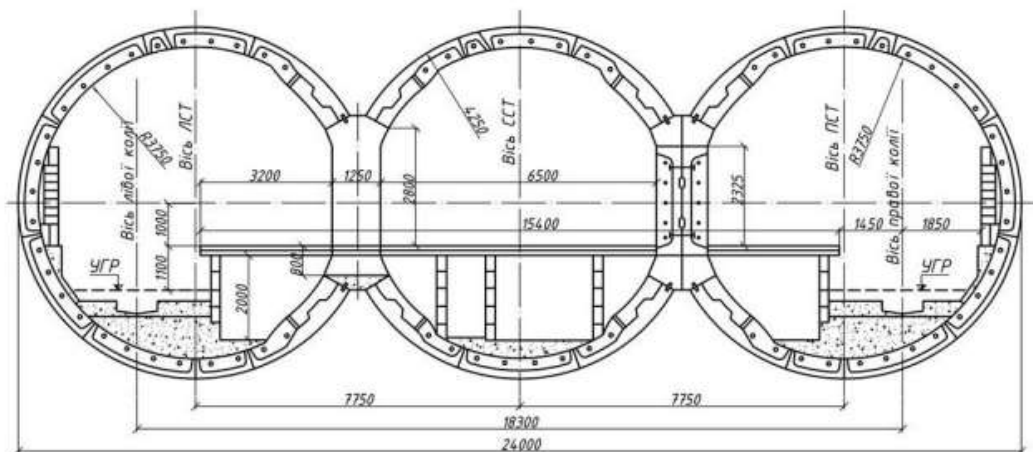


Рисунок 2.3 – Колонна станція зі залізобетону – тубінги

При розробці нових конструктивних рішень колонної станції з оправами із збірного залізобетону за основу була прийнята традиційна схема станції колонного типу з розташуванням посадочних платформ в шляхових тунелях. В умовах значних по величині навантажень на конструкцію (до 1,5 МПа) і великого прогону шляхових тунелів станції необхідно звести до мінімуму негативну дію згинаючих моментів в опорних вузлах, де сполучаються залізобетонні елементи оправи, і понизити матеріаломісткість внутрішніх несучих конструкцій. Ця задача вирішується за рахунок улаштування

шарнірного сполучення елементів в опорному вузлі, де сполучаються склепіння оправ шляхових тунелів і склепіння середнього залу.

Основним конструктивним елементом оправи шляхових тунелів станції є типові кільця оправи зовнішнім діаметром 8,5 м із залізобетонних тюбінгів. У кожне таке кільце оправи шляхового тунелю (з боку осі станції) включені опорні чавунні тюбінги 1 і залізобетонні фундаментні блоки 6. Лоткові тюбінги замінені плоскими залізобетонними блоками. Розімкнені кільця шляхових тунелів через чавунні опорні елементи вгорі і залізобетонні фундаментні блоки внизу спираються на систему внутрішніх несучих конструкцій. Ця система складається із сталевих двохконсольних прогонів 3 коробчасті перетини з криволінійним нижнім поясом, з колон сталевих 4 коробчасті перетини і нижній прогін 5, виконаного зі збірного залізобетону.

РОЗДІЛ 3

СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТАНЦІЇ

ІЗ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БЛОКІВ

При розрахунку тунельних оправ з урахуванням їх взаємодії з оточуючим масивом ґрунту використовують сучасні розрахункові комплекси, які ґрунтовані на методі скінченних елементів.

Останнім часом дослідження напружено-деформованого стану (НДС) підземних конструкцій усе менше спирається на методи, розроблені в рамках аналітичного підходу, що об'єктивно пов'язано з ускладненням конструктивних рішень у підземних спорудах, застосуванням нових технологій їх спорудження, а також розвитком нових підходів до самого процесу дослідження. Найбільшого поширення у механіці підземних споруд стали числові методи. Числові методи, такі як метод скінченних різниць (МСР), метод граничних елементів (МГЕ) і метод скінченних елементів (МСЕ), останнім часом набули значної теоретичної розробки і практичної реалізації, тому ряд задач, які розв'язуються з їх допомогою, значно розширився. [10]

При розрахунку використовуємо Structure CAD for Windows (SCAD).

3.1 Визначення навантажень

Складність розрахунку тунельних оправ змушує використовувати різні допущення, які спрощують конструкцію оправи і оточуючій її ґрунтовий масив. Тому вибирають розрахункову схему, яка найбільш відповідає тим умовам в яких працює тунельна оправи під час експлуатації – конструкційні особливості, матеріал оправи, інженерно-геологічні умови, а також спосіб спорудження оправи.

По першій групі граничних станів конструкція станції повинна бути розрахована на міцність від впливу основних і особливих сполучень розрахункових навантажень із застосуванням коефіцієнтів умов роботи

конструкції й розрахункових опорів її матеріалів.

Визначення навантажень, які діють на оправу станції, це основна частина статичного розрахунку. На рис. 3.1. наведена схема для визначення вертикального нормативного тиску від склепіння обвалення.

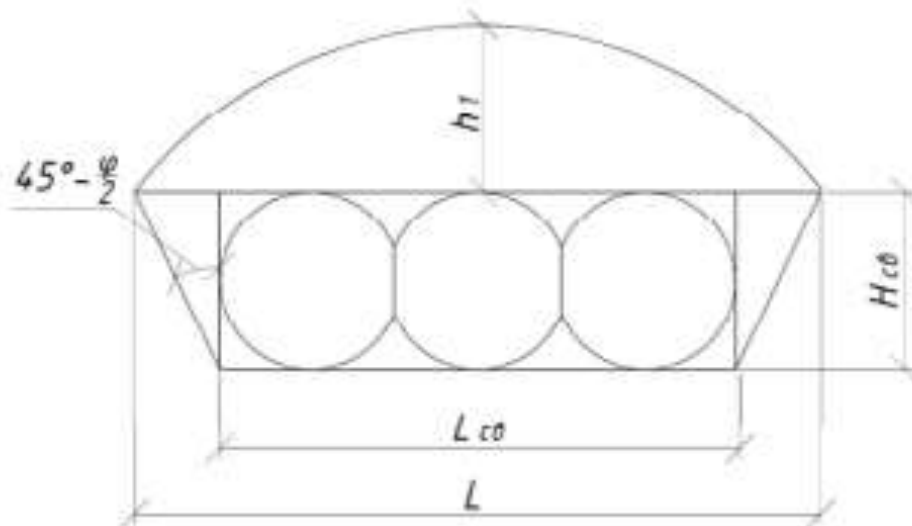


Рисунок 3.1 – Схема визначення вертикального навантаження для станції колонного типу

Визначення навантажень, які діють на оправу станції, це основна частина статичного розрахунку.

Знаходимо ширину склепіння обвалення:

$$L = L_{св} + 2 * H_{св} * tg \left(45^{\circ} - \frac{\varphi}{2} \right) = 24 + 2 * 8,5 * tg \left(45^{\circ} - \frac{65}{2} \right) = 27 м$$

Висота склепіння обвалення дорівнює:

$$h_1 = \frac{L}{2 * f} = \frac{27}{2 * 3} = 4,5 м$$

Знаходимо нормативний вертикальний тиск:

$$q_b^H = \gamma * h_1 = 24 * 4,5 = 108 \text{ кН/м}^2$$

3.2 Розрахунок станційної конструкції методом скінченних елементів

Площа еквівалентного стержня F , який відображає пружні властивості ґрунту:

$$F = k \cdot lE \cdot n = 450000 \cdot 1325000 \cdot 39 = 0,0355 \text{ м}^2,$$

де k – приведений по довжині коефіцієнт пружного відпору ґрунту в кПа/м²:

$$k = k_b = 600000 \cdot 0,75 = 450000 \text{ кПа/м}^2,$$

де b – ширина кільця,

l – довжина еквівалентного стержня,

E – модуль пружності матеріалу стержня,

n – кількість стержнів імітуючих ґрунт.

Отже, сторона стержня $a = \sqrt{F} = 0,00355 = 0,06 \text{ м}$.

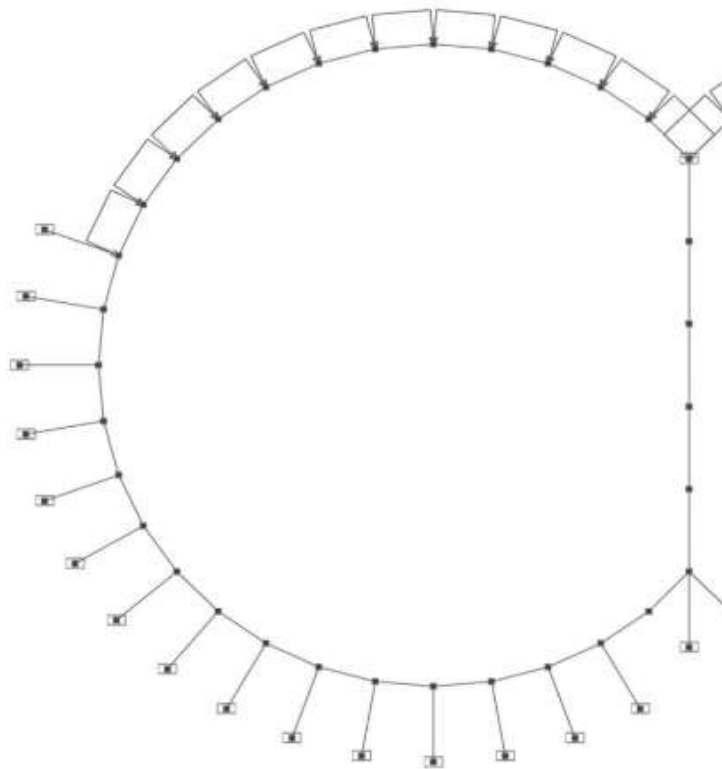


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема станції колонного типу.

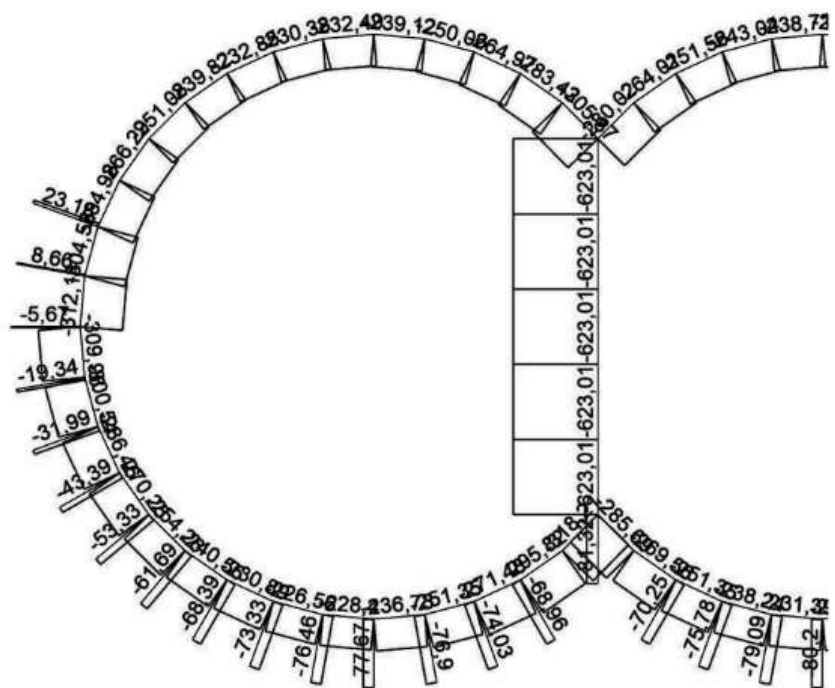


Рисунок 3.3 – Епюра нормальних сил, N.

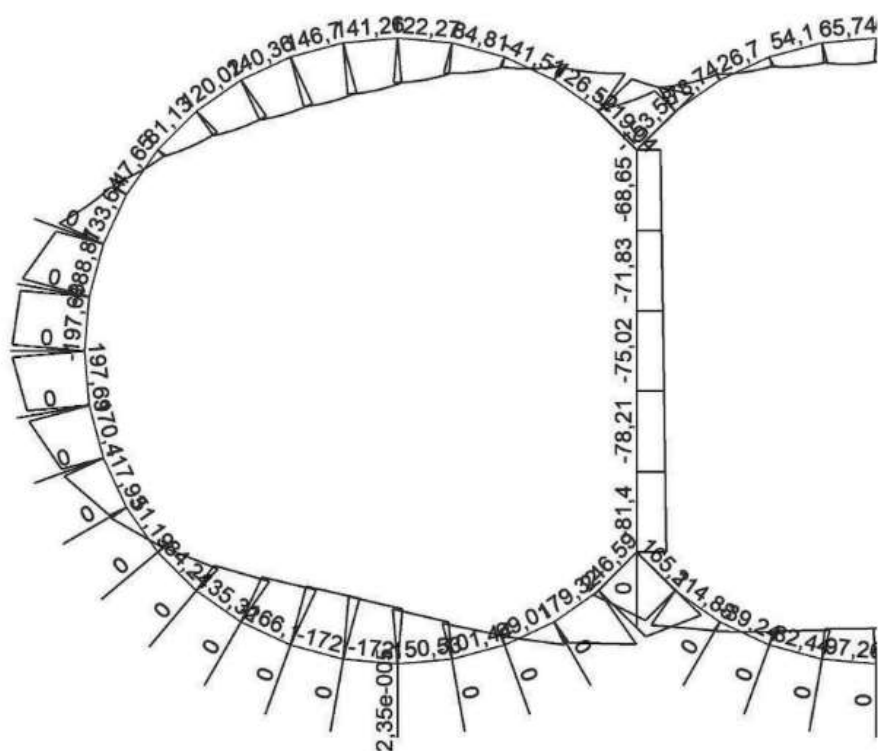


Рисунок 3.4 – Епюра моментів, М

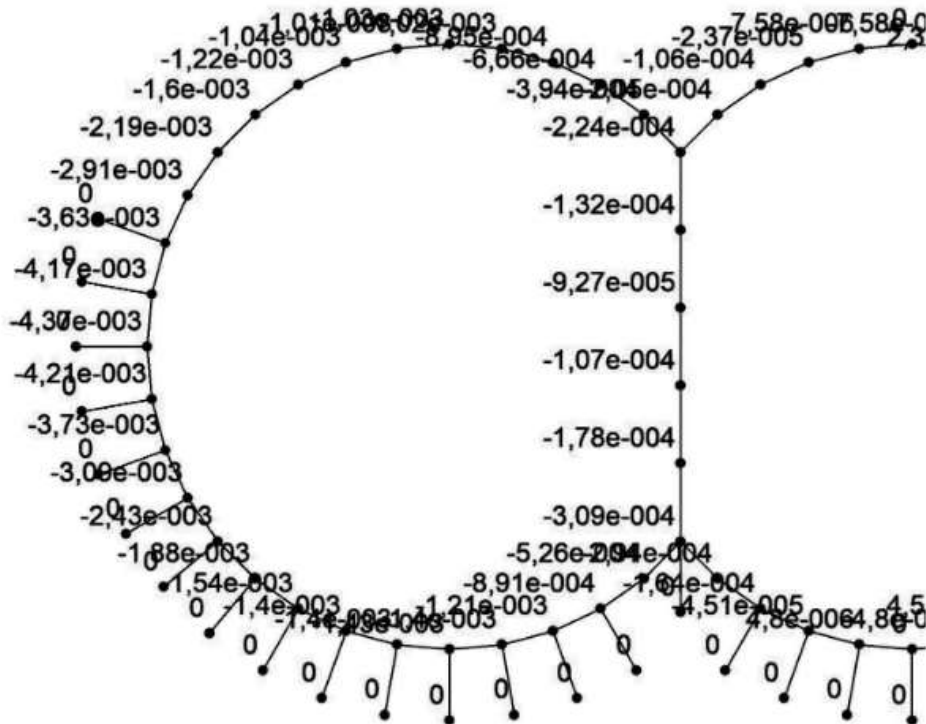


Рисунок 3.5 – Епюра переміщень.

3.3 Перевірка оправи на міцність оправи станції

Перед перевіркою оправи на міцність виконуємо її армування, виходячи із правила симетричного армування блока, розміщення однакової кількості арматури в розтягнутій та стиснутій зонах. Таке розміщення пояснюється тим, що нормальний блок може бути змонтований у зоні як від'ємних, так і додатних моментів.

Для поздовжньої робочої арматури потрібно застосовувати стержні діаметром не більше 40 мм. Мінімальна відстань у світлі між стержнями арматури повинна бути не менша 25 мм. Найбільшу відстань між осями стержнів робочої арматури приймаємо не більше за 1,5 товщини елемента.

Згідно з правилами коефіцієнт армування повинен складати $\alpha = 1,5 \dots 3\%$, поперечного перерізу блока A_b .

1. Площа поперечного перерізу блока:

$$A_b = b \cdot h = 0,75 \cdot 0,6 = 0,45 \text{ м}^2,$$

де b і h – ширина й товщина елемента оправи відповідно.

2. Попереднє визначення площі арматури:

$$A_{сум} = A_b = 0,02 \cdot 0,45 = 0,009 \text{ м}^2.$$

3. Площа поперечного перерізу одного стержня діаметром 24 мм становить:

$$A_{1ст} = \pi \cdot r_{ст}^2 = 3,14 \cdot 0,012^2 = 0,03768 \text{ м}^2,$$

де $r_{ст}$ – радіус стержня.

4. Визначення кількості стержнів робочої арматури:

$$n = A_{сум} / A_{1ст} = 0,009 / 0,03768 = 19,89 \approx 20 \text{ шт.}$$

5. Фактична площа арматури становить:

$$A_{с факт} = n A_{1ст} = 20 \cdot 0,03768 = 0,009048 \text{ м}^2.$$

6. Площа розтягнутої A_s та стиснутої A_s' арматури:

$$A_s = A_s' = A_{с факт} / 2 = 0,009048 / 2 = 0,004524 \text{ м}^2.$$

7. Визначення ексцентриситету нормальної сили e_0 відносно геометричної осі центру ваги перерізу елемента:

$$e_0 = M / N = 0,716 \text{ м.}$$

8. Перевірка блоків на міцність:

$$N \cdot e \leq R_b \cdot b \cdot x \cdot h_0 - 0,5 \cdot x + R_{sc} A_s' h_0 a',$$

де N – поздовжня сила в перерізі, який перевіряється,
 e – ексцентриситет нормальної сили N відносно центру розтягнутої арматури для блока:

$$e = e_0 + h/2 - a = 0,716 + 0,62 - 0,042 = 1,294 \text{ м,}$$

де $a = a'$ – сума товщини захисного шару та половини діаметру стержня арматури,

R_b – розрахунковий опір бетону на стиск,

x – висота стиснутої зони бетону:

$$x = N / R_{bb} = 305,8719500 / 0,75 = 0,022 \text{ м,}$$

h_0 – висота перерізу від верхньої фібри до центру стержня розтягнутої арматури,

R_{sc} – розрахунковий опір арматури на стиск, A_s' – площа стиснутої арматури, a' – сумарна відстань від верхнього краю до центру стержня стиснутої арматури.

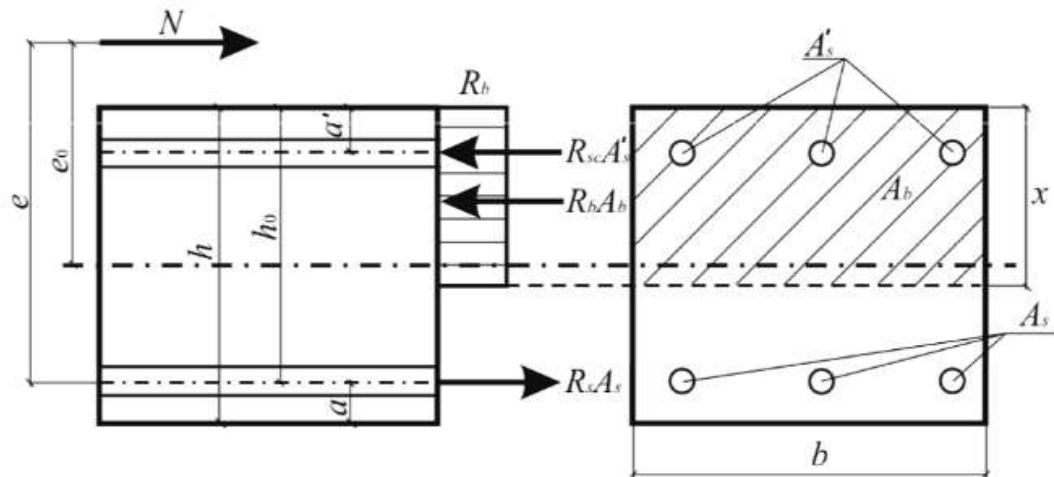


Рисунок 3.6 – Схема позначень розрахунку на міцність для блока.

Отже,

$$N \cdot e = 305,87 \cdot 1,294 = 395,8 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$R_b \cdot b \cdot x \cdot h_0 - 0,5 \cdot x + R_{sc} A_s' h_0 - a' = 19500 \cdot 0,75 \cdot 0,021 \cdot 0,458 -$$

$$0,5 \cdot 0,021 + 365000 \cdot 0,004524 \cdot 0,458 - 0,042 = 896,88 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

$$395,8 \text{ кН} \cdot \text{м} \leq 896,88 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Умова виконана.

Перевірка перерізу на міцність виконана і результати показують запас міцності, але під час спорудження станції, при проходці центрального станційного тунелі і демонтажу блоків у бокових тунелях може збільшитись напруження. Тому залишаємо параметри оправи.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ СПОРУДЖЕННЯ КОЛОННИХ СТАНЦІЙ ЗІ ЗБІРНОЮ ОПРАВОЮ

Технологія спорудження колонних станцій із збірною оправою у метро є одним із інноваційних підходів до будівництва інфраструктури громадського транспорту. Вона дозволяє ефективно та швидко створювати станції метро, мінімізуючи тимчасові витрати та полегшуючи процес монтажу.

Основний принцип цієї технології полягає у використанні збірних оправ для спорудження колонних станцій. Оправа є модульними елементами, виготовленими заздалегідь на заводі. Ці елементи складаються із залізобетонних секцій, які потім збираються на місці будівництва.

Процес спорудження колонних станцій починається з підготовчих робіт, що включають проєктування та розробку оптимальної конструкції оправи, а також створення фундаменту та інфраструктури для підтримки будівництва. Потім збірні елементи оправи доставляються на будівельний майданчик та встановлюються з використанням спеціалізованої техніки.

Однією з основних переваг цієї технології є швидкість будівництва. За рахунок попереднього виготовлення оправи на заводі та подальшого монтажу її на місці будівництва можна значно скоротити час, необхідний для створення станції метро. Це особливо важливо в умовах міст із високою щільністю населення, де будівництво метро може спричинити значні незручності для городян.

Крім того, технологія спорудження колонних станцій із збірною оправою забезпечує високу міцність та надійність конструкції. Залізобетонні елементи оправи мають гарну стійкість до механічних навантажень і дозволяють створювати стійкі та довговічні станції метро.

В цілому, технологія спорудження колонних станцій зі збірною оправою в метро є інноваційним підходом, що дозволяє будувати станції швидше, ефективно і надійно.

4.1 Організація будівництва

Організація будівництва колонної станції метро включає загальні послідовні кроки під час проєктування та будівництва такої станції:

Підготовчі роботи: Цей етап включає вибір місця для будівництва станції, проведення геологічних та геотехнічних досліджень, а також отримання необхідних дозволів та ліцензій від місцевої влади.

Проєктування: На цьому етапі розробляємо проєкт колонної станції метро. Проєкт включає архітектурне та інженерне планування, визначення розмірів і форми станції, опрацювання систем вентиляції, електропостачання, сигналізації та інших важливих інженерних аспектів.

Будівельний майданчик служить для організації будівельно-монтажних робіт зі спорудження станції. 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.

Крім будівель і споруд технологічного комплексу на буд-майданчику розміщується гірничий комплекс, призначений для забезпечення будівельно-монтажних робіт.

Як правило гірничий комплекс має мінімальні розміри 55x35 м. сюди входить шахтний стовбур, який призначається для відкриття фронту робіт та організації прохідницьких та будівельних робіт. Біля стовбуру шахти розміщують підйомну машину, бункерну і тельферну естакади. На висоті 6-7 метрів влаштовують площадку з рейковою колією для обміну вагонів, розміщують кругові перекидачі для прийому та розвантаження породи. Під

ними встановлюють бункери для прийому ґрунту ємністю по 20-25 м³. Для забезпечення обміну вагонів використовують поперечні візки, лебідки, штовхачі верхньої та нижньої дії. В дипломній роботі на будівельному майданчику використовується шахтний стовбур діаметром 10 метрів з розташованим над ним козловим краном, що дозволяє збільшити відгрізку породи та забезпечує опускання у виробку механізмів великого розміру для прохідницьких робіт.

4.2 Проходка бокових станційних тунелів

У слабких малостійких ґрунтах станції колонного типу споруджують зі збірною оправою. Особливість технології спорудження таких станцій визначається різним рішенням внутрішніх несучих конструкцій. Так, при спорудженні колонної станції з прогонами внутрішні несучі конструкції зводять після проходки бічних тунелів або на деякій відстані від забою. При спорудженні колонної станції з клинчастими перемичками внутрішні несучі конструкції є складовою частиною оправи і тому їх споруджують одночасно з монтажем оправи станційних тунелів.

Технологія спорудження колонних станцій з прогонами передбачає наступний склад і порядок робіт. Бічні тунелі станції зовнішнім діаметром $D = 8,5\text{м}$ споруджують на відстані між їх вертикальними осями, яка визначається заданою шириною платформи і вимогами габариту наближення будов. У процесі спорудження бічних тунелів зберігається загальне правило послідовності розкриття виробок з випередженням забоїв у 30 м.

Проходка бічних тунелів (рис. 4.1.) має особливості в залежності від інженерно-геологічних умов здійснюється на повний перетин або у спосіб пілот-тунелю. В дипломному проєкті приймаємо спосіб проходки бокових станцій тунелів на повний переріз з розробкою ґрунту буро-вибуховим способом.

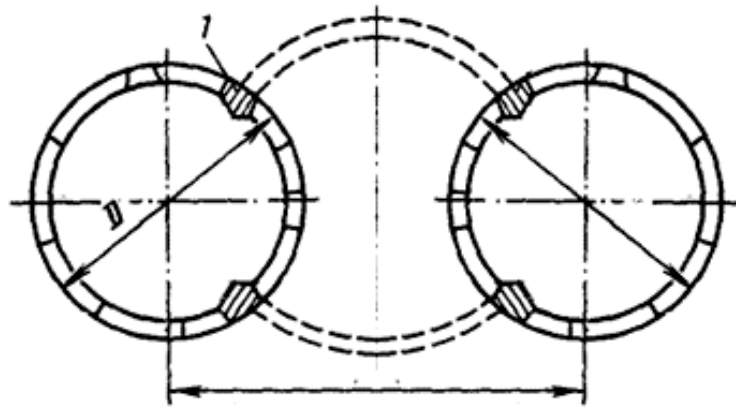


Рисунок 4.1 – Проходка бокових станційних тунелів

4.3 Розрахунок параметрів буровибухових робіт

Ефективним способом розробки скельних порід є їх підривання. Підривний спосіб достатньо дешевий, використовується у породах із широким діапазоном міцності та забезпечує високі швидкості проходки. Підривні роботи виконуються на основі циклічних графіків.

Цикл буропідривних робіт являє собою ряд послідовних операцій, здійснених для зруйнування забою на встановлену глибину, яка називається глибиною заходки. Допоміжні роботи ведуться одночасно з основними і не впливають на тривалість циклу.

Вибір виду вибухової речовини та визначення її кількості, необхідної для підривання заходки, обумовлюються міцністю породи, вологістю виробки, глибиною заходки, необхідними розмірами кусків та економічними міркуваннями. В умовах даного проєкту доцільно використовувати амоніт скельний та амоніт №6ЖВ.

Це пояснюється їх достатньою потужністю невисокою вартістю та безпекою у використанні. Вони мають високу працездатність і бризантність та у пресованому стані мають щільність, що перевищує щільність динаміту. Крім того ці вибухові речовини є водостійкими.

При будівництві тунелів використовується велика кількість методів підривання. Найбільш ефективний в умовах даного проєкту може бути шпуровий метод підривання з використанням центральних прямих врубів у

передовій штольні та центральних клинових врубів в уступній частині тунелю. Такі вруби універсальні та забезпечують потрібний викид породи.

Існує декілька способів підривання.

Останнім часом широко використовується електричний спосіб підривання, який, пристосовується до даних умов будівництва, буде найбільш ефективним, оскільки перевага даного способу полягає у регулюванні черговості та необхідного уповільнення при великій кількості шпурів і значних розмірах виробки. Крім того, електричне підривання використовується, як більш безпечне. Для такого підривання використовуються електродетонатори миттєвої дії, такі як:

ЕД-8-Ж, ЕД-8-Е, ЕД-8-ПС;

короткоуповільненої дії:

ЕДКС-ПМ-25, ЕДКС-ПМ-50, ЕДКС-ПМ-75 із уповільненням 25, 50, 75 мілісекунд відповідно.

Обравши спосіб підривання визначаємо необхідні параметри ефективної проходки тунелю нижче приведеним чином.

Вірний вибір параметрів буропідривних робіт забезпечує якісне руйнування породи при мінімальних об'ємах буріння, відповідність форм виробки проектним показникам із мінімальними переборами породи, рівномірне розташування породи з її мінімальними переміщенням від забою.

Ефективність підривних робіт у значній мірі залежить від вірного визначення питомої витрати вибухової речовини.

1. Боковий станційний тунель

Питомі витрати вибухової речовини на 1 м^3 породи;

$$q = (0,3 \cdot \sqrt{f} + \frac{2}{\sqrt{S}}) \cdot e \cdot \psi \cdot W_{\text{кг/м}^3},$$

кількість вибухової речовини на цикл:

$$Q = q \cdot S \cdot \omega_{\text{кг}},$$

де: f – коефіцієнт міцності породи, $f=3$;

S – проектна площа перерізу, $S=65,00 \text{ м}^2$;

e – коефіцієнт працездатності вибухової речовини, $e=1$;

ψ – коефіцієнт впливу щільності зарядження $\psi=1,1$;

ω – прийнята глибина заходки на цикл $\omega=0,75 \text{ м}$;

W – коефіцієнт структури і тріщинуватості скельних ґрунтів, $W=1,4$.

Знаючи необхідні для розрахунку дані визначаємо питому витрату та кількість вибухової речовини на цикл:

$$q = (0,3 \cdot \sqrt{3} + \frac{2}{\sqrt{65}}) \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,4 = 1,18 \text{ кг/м}^3,$$

$$Q = 1,18 \cdot 65 \cdot 0,77 = 59,05 \text{ кг}.$$

Оскільки порода руйнується не по всій довжині шпура, треба визначити необхідну довжину комплексу відбійних і контурних шпурів l_k . Для цього скористаємось формулою:

$$l_k = \frac{\omega}{\eta} = \frac{0,77}{0,9} = 0,85 \text{ м},$$

де: η – коефіцієнт використання шпура, який у горизонтальних виробках складає $\eta=0,9$.

Для складання схеми розташування шпурів визначаємо кількість шпурових зарядів. Загальна кількість шпурів визначається із виразу:

$$N = N_v + N_{від} + N_k + N_n \text{ шт.}$$

де: N_v , $N_{від}$, N_k , N_n – кількість врубових, відбійних, контурних і підшових шпурів відповідно.

Згідно з прийнятими нормами кількість контурних шпурів можна визначити за формулою:

$$N_k = \frac{P_k}{a_k} \text{ шт.},$$

де: P_k – периметр виробки по лінії розташування контурних шпурів,

$$P_k = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot 3,14 \cdot 4,25 = 26,69 \text{ м};$$

a_k – відстань між контурними шпурами,

$$a_k = 0,5 \text{ м.}$$

Тоді:

$$N_k = \frac{P_k}{a_k} = \frac{26,69}{0,5} = 53,38 \approx 54 \text{ шт.}$$

Користуючись формулою Покровського визначимо врубів та відбійні шпури:

$$N_{\epsilon} + N_{\text{від}} = \frac{12,7 \cdot q \cdot S}{d^2 \cdot K_3 \cdot \Delta \cdot K_{\Delta}} + \sqrt{S'} \text{ шт,}$$

де: d – діаметр патрона вибухової речовини, $d=3,2$ см;

K_3 – коефіцієнт заповнення шпура, $K_3=0,6$;

Δ – щільність заряджання вибухової речовини, $\Delta = 1,45$;

K_{Δ} – коефіцієнт ущільнення заряду, $K_{\Delta}=1,05$;

S' – площа ядра перерізу тунелю, яка дорівнює площі виробки без площі, що припадає на контурні шпури

Для визначення площі ядра тунелю визначимо площу, що необхідно підривати контурними шпурами, скориставшись формулою:

$$S_k = (N_k - 1) \cdot a_k \cdot (\omega_k + 0,1) \text{ м}^2,$$

$$\omega_k = \frac{a_k}{m}$$

де: ω_k – лінія найменшого опору контурних шпурів;

m – коефіцієнт зближення зарядів, $m=0,8$;

тоді:

$$\omega_k = \frac{a_k}{m} = \frac{0,5}{0,8} = 0,625 \text{ м,}$$

$$S_k = (N_k - 1) \cdot a_k \cdot (\omega_k + 0,1) = (54 - 1) \cdot 0,5 \cdot (0,625 + 0,1) = 19,21 \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу ядра перерізу тунелю:

$$S' = S - S_k = 65 - 19,21 = 45,79 \text{ м}^2.$$

Знаючи необхідні показники, визначаємо суму врубових та відбійних шпурів:

$$N_{\epsilon} + N_{\text{від}} = \frac{12,7 \cdot 1,18 \cdot 65}{3,2^2 \cdot 0,6 \cdot 1,45 \cdot 1,05} + \sqrt{45,79} = 110,9 \approx 111 \text{ шт.}$$

Тоді загальна кількість становить:

$$N = N_{\epsilon} + N_{\text{від}} + N_k + N_n = 111 + 54 + 0 = 165 \text{ шт.}$$

Оскільки заряд складається з патронів вагою 200 та 300 г, розрахункову масу одного заряду округляють до 0,2 кг.

Масу контурного заряду визначаємо із виразу:

$$q_k = k_3 \cdot l_{\text{ш}} = 0,2 \cdot 1,5 = 0,3 \text{ кг,}$$

де: k_3 – лінійна маса заряду в контурних шпурах;

$l_{\text{ш}}$ – довжина контурного шпуру.

Масу всіх контурних зарядів:

$$Q_k = q_k \cdot N_k = 0,3 \cdot 54 = 16,2 \text{ кг,}$$

Середня маса заряду інших шпурів:

$$q_{\text{ср}} = \frac{Q - Q_k}{N - N_k} = \frac{76,7 - 16,2}{165 - 54} = 0,54 \text{ кг,}$$

Маса заряду врубового шпуру:

$$q_{\epsilon} = 1,2 \cdot q_{\text{ср}} = 1,2 \cdot 0,54 = 0,65 \text{ кг,}$$

Маса всіх врубових зарядів:

$$Q_{\epsilon} = q_{\epsilon} \cdot N_{\epsilon} = 0,65 \cdot 6 = 3,9 \text{ кг, 2.6}$$

Маса зарядів відбійних шпурів:

$$Q_{\text{від}} = q_{\text{ср}} \cdot N_{\text{від}} = 0,54 \cdot 105 = 56,7 \text{ кг. 37.8}$$

Загальна маса вибухової речовини на цикл:

$$Q_{\text{вс}} = Q_k + Q_{\epsilon} + Q_{\text{від}} = 16,2 + 3,9 + 56,7 = 76,8 \text{ кг, 56.6}$$

Уточнена питома витрата вибухової речовини на цикл:

$$q_o = \frac{Q_{ep}}{S \cdot \omega} = \frac{76,8}{65 \cdot 1} = 1,18 \text{ кг/м}^3, 0,66$$

Вихід породи за вибух (у масиві):

$$V = S \cdot \omega = 65 \cdot 1 = 65 \text{ м}^3, 85,08$$

Загальна кількість шпурометрів на цикл:

$$L_m = N \cdot l_{ш} = 165 \cdot 1,5 = 247,5 \text{ м. } 192$$

Розрахункові дані заносимо у таблицю умов і показників підривання та таблицю шпурових зарядів.

2. Середній станційний тунель

2.1. Передова штольня (верхня частина забою)

$$q = (0,3 \cdot \sqrt{f} + \frac{2}{\sqrt{S}}) \cdot e \cdot \psi \cdot W \text{ кг/м}^3,$$

кількість вибухової речовини на цикл:

$$Q = q \cdot S \cdot \omega \text{ кг,}$$

де: f – коефіцієнт міцності породи, $f=3$;

S – проєктна площа перерізу, $S=25 \text{ м}^2$; 20,4

e – коефіцієнт працездатності вибухової речовини, $e=1$;

ψ – коефіцієнт впливу щільності зарядження $\psi=1,1$;

ω – прийнята глибина заходки на цикл $\omega=1,0 \text{ м}$;

W – коефіцієнт структури і тріщинуватості скельних ґрунтів, $W=1,4$.

Знаючи необхідні для розрахунку дані визначаємо питому витрату та кількість вибухової речовини на цикл:

$$q = (0,3\sqrt{3} + \frac{2}{\sqrt{25}}) \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,4 = 1,41 \text{ кг/м}^3, 1,61 (2,02 \text{ } 25,5)$$

$$Q = 1,41 \cdot 25 \cdot 1 = 35,25 \text{ кг. } 49,27$$

Оскільки порода руйнується не по всій довжині шпура, треба визначити

необхідну довжину комплекту відбійних і контурних шпурів l_k . Для цього скористаємось формулою:

$$l_k = \frac{\omega}{\eta} = \frac{1}{0,9} = 1,1 \text{ м,}$$

де: η – коефіцієнт використання шпура, який у горизонтальних виробках складає $\eta=0,9$.

Для складання схеми розташування шпурів визначаємо кількість шпурових зарядів. Загальна кількість шпурів визначається із виразу:

$$N = N_{\text{в}} + N_{\text{від}} + N_{\text{к}} + N_{\text{п}} \text{ шт.}$$

де: $N_{\text{в}}$, $N_{\text{від}}$, $N_{\text{к}}$, $N_{\text{п}}$ – кількість врубових, відбійних, контурних і підшвових шпурів відповідно.

Згідно з прийнятими нормами кількість контурних і підшвових шпурів можна визначити за формулами:

$$N_{\text{к}} = \frac{P_{\text{к}}}{a_{\text{к}}} \text{ шт.}, \quad N_{\text{п}} = \frac{P_{\text{п}}}{a_{\text{п}}} \text{ шт.},$$

де: $P_{\text{к}}$ – периметр виробки по лінії розташування контурних шпурів,

$$P_{\text{к}} = 2 \cdot (h - 0,1) + (b - 0,1) = 2 \cdot 4,15 + 4,7 = 13 \text{ м;}$$

$P_{\text{п}}$ – ширина виробки по підшві,

$$P_{\text{п}} = b - 1 = 4,8 - 0,1 = 4,7 \text{ м;}$$

$a_{\text{к}}$ – відстань між контурними шпурами,

$a_{\text{п}}$ – відстань між підшвеними шпурами,

$$a_{\text{к}} = a_{\text{п}} = 0,5 \text{ м.}$$

Тоді:

$$N_{\text{к}} = \frac{P_{\text{к}}}{a_{\text{к}}} = \frac{13}{0,5} = 26 \text{ шт.}$$

$$N_{\text{п}} = \frac{P_{\text{п}}}{a_{\text{п}}} = \frac{4,7}{0,5} \approx 10 \text{ шт.}$$

Користуючись формулою Покровського визначимо врубіві та відбійні шпури:

$$N_{\epsilon} + N_{\text{від}} = \frac{12,7 \cdot q \cdot S}{d^2 \cdot K_3 \cdot \Delta \cdot K_{\Delta}} + \sqrt{S'} \quad \text{шт},$$

де: d – діаметр патрона вибухової речовини, $d=3,2$ см;

K_3 – коефіцієнт заповнення шпура, $K_3=0,6$;

Δ – щільність заряджання вибухової речовини, $\Delta=1,45$;

K_{Δ} – коефіцієнт ущільнення заряду, $K_{\Delta}=1,05$;

S' – площа ядра перерізу тунелю.

Для визначення площі ядра тунелю визначимо площу, що необхідно висадити контурними та підшововими зарядами, скориставшись формулою:

$$S_k = (N_k - 1) \cdot a_k \cdot (\omega_k + 0,1) \text{ м}^2,$$

де: ω_k – лінія найменшого опору контурних зарядів;

m – коефіцієнт зближення зарядів, $m=0,8$;

тоді:

$$\omega_k = \frac{a_k}{m} = \frac{0,5}{0,8} = 0,625 \text{ м},$$

$$S_k = (N_k - 1) \cdot a_k \cdot (\omega_k + 0,1) = (36 - 1) \cdot 0,5 \cdot (0,625 + 0,1) = 12,68 \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу ядра перерізу тунелю (середня частина центрального станційного тунелю):

$$S' = S - S_k = 25 - 12,68 = 12,32 \text{ м}^2. 7,71$$

Знаючи необхідні показники, визначаємо суму врубівих та відбійних шпурів:

$$N_{\epsilon} + N_{\text{від}} = \frac{12,7 \cdot 1,41 \cdot 25}{3,2^2 \cdot 0,6 \cdot 1,45 \cdot 1,05} + \sqrt{12,32} = 51 \text{ шт. } 20$$

Тоді загальна кількість становить:

$$N = N_{\epsilon} + N_{\text{від}} + N_{\kappa} + N_n = 4 + 47 + 26 + 10 = 87 \text{ шт.}$$

Оскільки заряд складається з патронів вагою 200 та 300 г, розрахункову масу одного заряду округляють до 0,2 кг.

Масу контурного і підшовного зарядів визначаємо із виразу:

$$q_{\kappa} = k_3 \cdot l_{\text{ш}} = 0,6 \cdot 1,5 = 0,9 \text{ кг,}$$

Масу всіх контурних і підшовених зарядів:

$$Q_{\kappa} = q_{\kappa} \cdot N_{\kappa} = 0,9 \cdot 36 = 32,4 \text{ кг,}$$

Середня маса зряду інших шпурів:

$$q_{\text{ср}} = \frac{Q - Q_{\kappa}}{N - N_{\kappa}} = \frac{35,25 - 32,4}{87 - 26} = 0,05 \text{ кг, } 0,84$$

Маса заряду врубового шпуру:

$$q_{\epsilon} = 1,2 \cdot q_{\text{ср}} = 1,2 \cdot 0,05 = 0,6 \text{ кг,}$$

Маса всіх врубових зарядів:

$$Q_{\epsilon} = q_{\epsilon} \cdot N_{\epsilon} = 0,6 \cdot 4 = 2,4 \text{ кг,}$$

Маса зарядів відбійних шпурів:

$$Q_{\text{від}} = q_{\text{ср}} \cdot N_{\text{від}} = 0,05 \cdot 47 = 2,35 \text{ кг.}$$

Загальна маса вибухової речовини на цикл:

$$Q_{\text{вп}} = Q_{\kappa} + Q_{\epsilon} + Q_{\text{від}} = 32,4 + 2,4 + 2,35 = 37,15 \text{ кг,}$$

Уточнена питома витрата вибухової речовини на цикл:

$$q_o = \frac{Q_{\text{вп}}}{S \cdot \omega} = \frac{37,15}{25 \cdot 1} = 1,4 \text{ кг/м}^3,$$

Вихід породи за вибух (у масиві):

$$V = S \cdot \omega = 25 \cdot 1 = 25 \text{ м}^3,$$

Загальна кількість шпурометрів на цикл:

$$L_{\text{м}} = N \cdot l_{\text{ш}} = 87 \cdot 1,5 = 130,5 \text{ м.}$$

Розрахункові дані заносимо у таблицю умов і показників підривання та

таблицю шпурових зарядів.

2.2. Уступна частина

$$q = (0,3 \cdot \sqrt{f} + \frac{2}{\sqrt{S}}) e \cdot \psi \cdot W \text{ кг/м}^3,$$

кількість вибухової речовини на цикл:

$$Q = q \cdot S \cdot \omega \text{ кг},$$

де: f – коефіцієнт міцності породи, $f=3$;

S – проектна площа перерізу, $S=40 \text{ м}^2$;

e – коефіцієнт працездатності вибухової речовини, $e=1$;

ψ – коефіцієнт впливу щільності зарядження $\psi=1,1$;

ω – прийнята глибина заходки на цикл $\omega=1 \text{ м}$;

Знаючи необхідні для розрахунку дані визначаємо питому витрату та кількість вибухової речовини на цикл:

$$q = (0,3\sqrt{3} + \frac{2}{\sqrt{40}}) \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,4 = 1,28 \text{ кг/м}^3,$$

$$Q = 1,28 \cdot 40 \cdot 1 = 51,2 \text{ кг}.$$

Оскільки порода руйнується не по всій довжині шпура, треба визначити необхідну довжину комплексу відбійних і контурних шпурів l_k . Для цього скористаємось формулою:

$$l_k = \frac{\omega}{\eta} = \frac{1}{0,9} = 1,1 \text{ м},$$

де: η – коефіцієнт використання шпура, який у горизонтальних виробках складає $\eta=0,9$.

Для складання схеми розташування шпурів визначаємо кількість шпурових зарядів. Загальна кількість шпурів визначається із виразу:

$$N = N_v + N_{vid} + N_k + N_n \text{ шт.}$$

де: N_v , N_{vid} , N_k , N_n – кількість врубових, відбійних, контурних і

підшовових шпурів відповідно .

Згідно з прийнятими нормами кількість контурних шпурів можна визначити за формулами:

$$N_{\kappa} = \frac{P_{\kappa}}{a_{\kappa}} \text{ шт.},$$

де: P_{κ} – периметр виробки по лінії розташування контурних шпурів,

$$P_{\kappa} = 2 \cdot \pi \cdot R - b = 2 \cdot 3,14 \cdot 4,75 - 4,8 = 25,03$$

a_{κ} – відстань між контурними шпурами,

$$a_{\kappa} = 0,6 \text{ м.}$$

Тоді:

$$N_{\kappa} = \frac{P_{\kappa}}{a_{\kappa}} = \frac{25,03}{0,6} = 42 \text{ шт.}$$

Користуючись формулою Покровського визначимо врубіві та відбійні шпури:

$$N_{\kappa} + N_{\text{від}} = \frac{12,7 \cdot q \cdot S}{d^2 \cdot K_3 \cdot \Delta \cdot K_{\Delta}} + \sqrt{S'} \text{ шт.},$$

де: d – діаметр патрона вибухової речовини, $d=3,2$ см;

K_3 – коефіцієнт заповнення шпура, $K_3=0,6$;

Δ – щільність заряджання вибухової речовини, $\Delta = 1,45$;

K_{Δ} – коефіцієнт ущільнення заряду, $K_{\Delta}=1,05$;

S' – площа ядра перерізу тунелю.

Для визначення площі ядра тунелю визначимо площу, що необхідно висадити контурними та підшововими зарядами, скориставшись формулою:

$$S_{\kappa} = (N_{\kappa} - 1) \cdot a_{\kappa} \cdot (\omega_{\kappa} + 0,1) \text{ м}^2,$$

$$\omega_{\kappa} = \frac{a_{\kappa}}{m}$$

де: ω_{κ} – лінія найменшого опору контурних зарядів;

m – коефіцієнт зближення зарядів, $m=0,8$;

тоді:

$$\omega_k = \frac{a_k}{m} = \frac{0,6}{0,8} = 0,75 \text{ м},$$

$$S_k = (N_k - 1) \cdot a_k \cdot (\omega_k + 0,1) = (42 - 1) \cdot 0,5 \cdot (0,75 + 0,1) = 17,425 \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу ядра перерізу тунелю:

$$S' = S - S_k = 40 - 17,425 = 22,575 \text{ м}^2.$$

Знаючи необхідні показники, визначаємо суму врубових та відбійних шпурів:

$$N_{\epsilon} + N_{\text{від}} = \frac{12,7 \cdot 1,28 \cdot 40}{3,2^2 \cdot 0,6 \cdot 1,45 \cdot 1,05} + \sqrt{22,575} = 74 \text{ шт.}$$

Тоді загальна кількість становить:

$$N = N_{\epsilon} + N_{\text{від}} + N_k = 4 + 70 + 42 = 116 \text{ шт.}$$

Оскільки заряд складається з патронів вагою 200 та 300 г, розрахункову масу одного заряду округляють до 0,2 кг.

Масу контурного і підшовеного зарядів визначають із виразу:

$$q_k = k_3 \cdot l_{\text{ш}} = 0,6 \cdot 1,5 = 0,9 \text{ кг},$$

Масу всіх контурних зарядів:

$$Q_k = q_k \cdot N_k = 0,9 \cdot 42 = 37,8 \text{ кг},$$

Середня маса зряду інших шпурів:

$$q_{\text{ср}} = \frac{Q - Q_k}{N - N_k} = \frac{50 - 37,8}{116 - 42} = 1,16 \text{ кг},$$

Маса заряду врубового шпуру:

$$q_{\epsilon} = 1,2 \cdot q_{\text{ср}} = 1,2 \cdot 1,16 = 1,39 \text{ кг},$$

Маса всіх врубових зарядів:

$$Q_{\epsilon} = q_{\epsilon} \cdot N_{\epsilon} = 1,39 \cdot 4 = 5,56 \text{ кг},$$

Маса зарядів відбійних шпурів:

$$Q_{від} = q_{ср} \cdot N_{від} = 1,16 \cdot 70 = 81,2 \text{ кг.}$$

Загальна маса вибухової речовини на цикл:

$$Q_{вп} = Q_{к} + Q_{с} + Q_{від} = 37,8 + 5,56 + 81,2 = 124,56 \text{ кг,}$$

Уточнена питома витрата вибухової речовини:

$$q_o = \frac{Q_{вп}}{S \cdot \omega} = \frac{124,56}{40 \cdot 1} = 3,114 \text{ кг/м}^3,$$

Вихід породи за вибух (у масиві):

$$V = S \cdot \omega = 40 \cdot 1 = 40 \text{ м}^3,$$

Загальна кількість шпурометрів на цикл:

$$L_m = N \cdot l_{ш} = 116 \cdot 1,5 = 174 \text{ м.}$$

Розрахункові дані заносимо у таблицю умов і показників підривання та таблицю шпурових зарядів, паспорт буровибухових робіт.

Процес буропідривної проходки тунелів зазвичай складається з кількох етапів:

Підготовчі роботи: На цьому етапі визначаються вимоги до тунелю, розробляється проєкт та проводяться геологічні та гідрогеологічні дослідження місцевості. Потім вибирається оптимальний маршрут та розраховуються параметри для бурових робіт.

Установка бурових машин: Бурові машини, такі як бурові тунельні комплекси (ТВМ), встановлюються на початковій точці проходки. Ці машини оснащені потужними буровими головками, здатними проникати через ґрунт та породу.

Паспорт безпеки підривних робіт (ПБВР) є важливим документом, необхідним для виконання підривних робіт на будівництві станції метро або в будь-яких інших умовах, де використовуються вибухові матеріали або процеси.

ПБВР розробляється фахівцями у сфері безпеки та визначає необхідні

заходи та вимоги, які мають бути виконані для забезпечення безпеки працівників та навколишнього середовища під час проведення вибухових робіт. Він включає інформацію про характер робіт, що використовуються підривних матеріалах, запобіжні заходи, спеціальні вимоги щодо навчання та кваліфікації персоналу, а також процедури контролю та спостереження.

У контексті будівництва станції метро ПБВР має особливе значення, оскільки вибухові роботи можуть бути необхідні для прокладання тунелів, руйнування скельних порід або видалення перешкод. Ці роботи можуть включати використання вибухових речовин, вибухових зарядів, детонаторів та інших інструментів спеціально розроблених для безпечного проведення таких операцій.

Під час будівництва станції метро ПБВР виконує кілька важливих функцій:

Безпека працівників: ПБВР визначає всі заходи безпеки, які мають бути вжиті для захисту працівників, включаючи навчання, надання необхідних засобів індивідуального захисту, контроль доступу та заходи запобігання несанкціонованому доступу до небезпечних зон.

Захист навколишнього середовища: ПБВР включає заходи для мінімізації впливу вибухових робіт на навколишнє середовище, включаючи контроль викидів, обмеження шуму та вібрацій, запобігання забруднення ґрунту та водних ресурсів та інші заходи.

Дотримання правових вимог: ПБВР допомагає забезпечити дотримання всіх застосовних нормативних вимог та правил щодо вибухових робіт, включаючи вимоги щодо ліцензування, реєстрації та документування.

Монтаж оправи бокових станційних тунелів

Особливості полягають у монтажу оправи цих тунелів. До них відноситься постановка у склад кожного двох опорних фігурних елементів (1) – блоків. Ці елементи розміщуємо у площині майбутнього ряду колон, утворюючи опірні вузли для передачі на колони зусиль від розімкнутих зводів бічних і середнього тунелів. Тому при їх монтажі необхідний високий

ступінь точності (± 15 мм). Іноді замість нижнього ряду фігурних опорних елементів влаштовують повздовжні залізобетонні стрічкові фундаменти, у проєкті приймається два ряди опорних елементів.

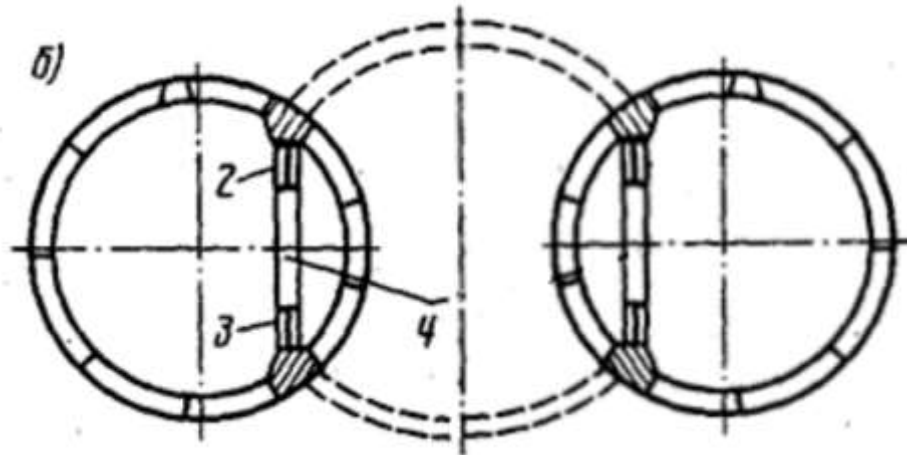


Рисунок 4.2 – Монтаж прогонів і колон у бокових станційних тунелях

По мірі проходки на відстань, яка забезпечує необхідний фронт робіт (з відставанням від забою на 10 м), приступаємо до монтажу прогонів і колон (рис. 4.2).

Для виконання цієї роботи використовується спеціальний інвентарний візок (рис. 4.3).

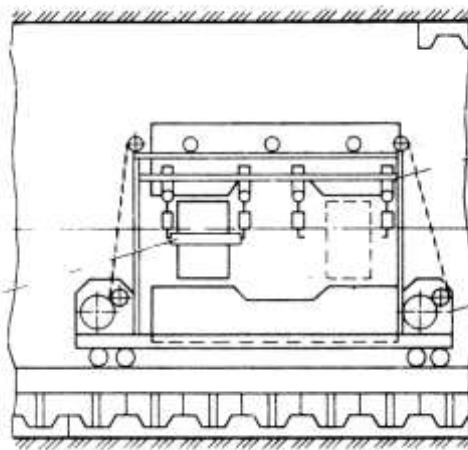


Рисунок 4.3 – Спеціальний інвентарний візок для монтажу прогонів і колон

Склад і послідовність робочих операцій з їх зведення залежать від конструктивного рішення опорних вузлів. За наявності у нижньому опорному

вузлі фігурного тюрінгу або блоку спочатку необхідно спорудити нижній прогін (3). Потім монтують верхній прогін (2), прикріплюючи його до верхніх опорних елементів оправи, і встановлюють колону (4). (рис.4.5)

Одночасно із встановленням чергової колони та ригеля з монтажного майданчика, що закріплений на допоміжній рамі (10), заповнюють проміжок між верхнім циліндричним циліндром (4) та опорними тюрінгами фібробетоном і скріплюють ригель з раніше встановленим.

4.4 Проходка центрального станційного тунелю

Проходку середнього станційного тунелю (рис. 4.4) в залежності від стійкості ґрунтів ведуть суцільним забоєм або у уступним способом і розбирають елементи тимчасового заповнення бічних тунелів. Склепіння споруджують із залізобетонних блоків. Ґрунт транспортують по відкаточному шляху, укладеному у бічному тунелі, через отвори, утворені у результаті розбирання блоків у місцях проходів.

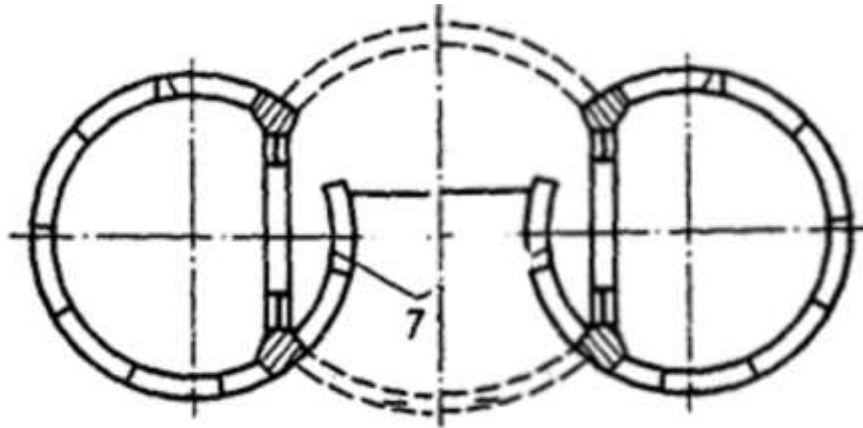


Рисунок 4.4 – Проходка середнього станційного тунелю

Проходку середнього тунелю станції ведуть в уступний спосіб (рис. 4.5). З висувних платформ тунельного укладача (1) розроблюють ґрунт на заходку l у межах верхньої частини зали ($h_1 \approx 4,8$ м) і монтують верхнє склепіння.

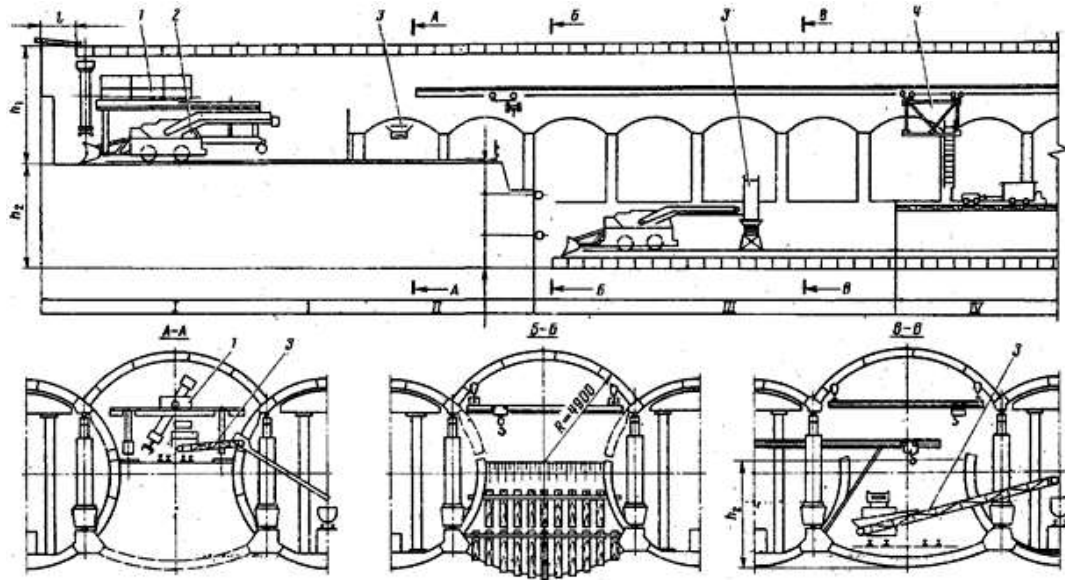


Рисунок 4.5 – Схема спорудження середнього тунелю колонної станції з оправою зі збірного залізобетону: I – ділянка проходки калоти зі зведенням зводу; II – ділянка демонтування верхніх тюбінгів тимчасового заповнення бічних тунелів; III – ділянка розробки виступу і зведення зворотного зводу; IV – ділянка пристрою платформи; 1 – тунельний укладач; 2 – породонавантажувальна машина; 3 – транспортер; 4 – візок для карбувальних робіт

Завантаження розробленого ґрунту виконують породонавантажувальною машиною ковшового типу (2) на поперечний транспортер (3) і через отвір, який утворений частково розібраними тюбінгами заповнення, по лотку видають у бічний тунель. Блоки, суху суміш та інші матеріали підвозяться по бічному тунелю та за допомогою електричної талі подають через отвір у середній тунель, звідки їх кран-балкою транспортують на верхній виступ.

Монтаж оправи блокоукладачем, обладнаним захисними пристроями від дії ударів породи при вибухах, а також висувним захисним козирком та платформами.

Нижній виступ заввишки $h_2 \approx 4,3$ м розроблюють на відстані 20-25 м від забою буровибуховим способом, ґрунт вантажною машиною вантажать на поперечний транспортер і видають у бічний тунель через повністю розкриті отвори.

Після розробки ґрунту в лотку монтують зворотне склепіння і негайно вводять його в роботу розтискуванням гідроциліндрами, що встановлені в замковому розпирному блоці.

На цьому етапі встановлюються системи вентиляції, електропостачання, освітлення, транспортних систем та інших необхідних інженерних систем. Також проводиться монтаж станційного обладнання, такого як турнікети, інформаційні табло, лавки та інше.

Оздоблення та інтер'єр: Після завершення основних робіт проводяться оздоблювальні роботи, включаючи встановлення підлог, стінних покриттів.

Трубопроводи повітря, водопроводу та водовідливу нарощуються по мірі монтажу оправи, не доходячи до укладача. В призабійній зоні використовуються високонапірні шланги, кріплення труб до оправи на хомутах.

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.

Буровибуховий спосіб проходки тунелів є одним з основних методів будівництва підземних тунелів. Цей метод включає використання спеціальних бурових машин і вибухових речовин для прориву свердловин і подальшого створення проходу.

Заходи безпеки під час виконання БВР

Заходи безпеки повинні включати комплекс дій, спрямованих на безпечне і ефективне виконання БВР, а саме : розробку оперативної документації (паспорт БВР), організацію зберігання та обліку ВМ, контроль дотримання вимог Єдиних правил безпеки (ЄПБ) та інших вказівок під час виконання робіт.

З метою підтримання безпечності та ефективності бурових робіт необхідно:

- перед початком буріння проводити оборку покрівлі виробки й поверхні забою з подальшою розміткою шпурів згідно з паспортом БВР;
- при забурюванні шпурів штангу бурового інструмента необхідно підтримувати спеціальними пристроями;
- не допускати присутності людей в зоні маніпуляторів;
- використовувати раціональні режими буріння із врахуванням інженерно-геологічних умов;
- суворо дотримуватися строків профілактичного ремонту бурового обладнання в процесі експлуатації.

У разі виконання бурових робіт у забої кожний бурильник повинен уважно стежити за режимом роботи бурового обладнання й не допускати відхилень, які можуть бути пов'язані із зміною інженерно- геологічних умов, до яких відносять: збільшення або зниження швидкості буріння; зміну зусиль подачі бура на збій або його заклинювання; пропускання буру в порожнину; появу або посилення притоку води із шпурів до виробки; зміну кольору води або викидів із шпуру мулу або піску. Якщо ж виявлені такі ознаки, слід повідомити начальника дільниці (майстра), який приймає рішення по конкретному випадку. Особливу увагу слід звертати на такі явища під час

проходки виробок у зонах геологічних порушень. Для уточнення стану рекомендується бурити розвідувальні свердловини довжиною не менше 3 м. Роботи виконують під керівництвом працівника служби технічного нагляду.

До початку буріння шпурів забій повинен бути приведений в безпечний стан шляхом оборки ґрунтів. Буріння шпурів на висоті більше 1,5 м від підосви виробки дозволяється виконувати із спеціальних риштувань, підмостків або бурових рам.

Для захисту очей від пилу, бурильник повинен використовувати захисні окуляри зі склом, що не б'ється. З метою безпечного виконання робіт під час забурювання шпурів застосовуються короткі забурники довжиною 0,5...0,8 м.

Для роботи на бурових установках допускаються особи, які мають посвідчення на право управління відповідним механізмом і пройшли стажування та вивчили інструкції з експлуатації і правила охорони праці. Забороняється працювати на несправному обладнанні.

Заходи безпеки під час вибухових робіт

До виробництва підривних робіт допускаються особи, що склали іспити кваліфікаційній комісії та отримали „Єдину книжку підривника”, або „Єдину книжку майстра-підривника” НПАОП 0.00-4.12-05. Виконуючи вибухові роботи, необхідно дотримуватися правил безпеки під час підготовки вибухової речовини, підривання зарядів і огляду результатів підривання.

Вибухові матеріали не дозволяється кидати, кантувати, у процесі роботи з ними забороняється палити, користуватися вогнепальною зброєю. Сірники та запальнички дозволяється мати при собі лише підривникам. Допуск робочих до місця вибуху дозволяється особами технічного нагляду після того, як ними разом із підривником буде встановлено, що робота в місці вибуху безпечна НПАОП 0.00-7.01-06 «Вимоги до працівників, які здійснюють керівництво буро вибуховими роботами».

Підривник підкоряється керівнику підривних робіт та зобов'язаний виконувати всі його розпорядження. Підривнику без дозволу керівника

підривних робіт забороняється виконувати не доручену йому роботу, залучати до роботи інших осіб, змінювати технологію робіт та встановлений внутрішній розпорядок НПАОП 0.00-1.17-92 «Єдині правила безпеки при вибухових роботах».

Підготовлені до вибуху заряди повинні бути обов'язково підірвані. В одному шпурі дозволяється використати лише один патрон-бойовик, який обережно розміщують в пробуреній порожнині. Якщо бойовик, що застряг у шпурі, витягнути неможливо, то заряджання припиняють і підривають його разом із рештою.

Забійка шпурів інертним матеріалом повинна виконуватися невеликими порціями із максимальною обережністю. Підривати шпури без забійки заборонено.

Дозволяється під час монтажу користуватися для освітлення напругою не більше 36 Вольт НПАОП 0.00-1.17-92.

Під час виконання вибухових робіт обов'язковими є звукові сигнали, які подають у такому порядку.

Перший сигнал – запобіжний (один довгий). Подається перед початком заряджання. Після заряджання монтують і перевіряють електропідривну мережу. Люди виводяться на безпечну відстань-не менше 150 м від забою.

Другий сигнал – бойовий (два довгих). Після цього сигналу підривник виконує підривання.

Третій – відбій (три коротких). Сигнал подається після огляду місця підривання і сповіщає про завершення підривних робіт.

Заряди, що не підірвалися, необхідно терміново підірвати за допомогою зарядів, які розташовують в паралельно пробурених шпурах на відстані не ближче 30 см від шпуру із зарядом, що відмовив.

Після підривання і провітрювання забій слід привести в безпечний стан шляхом обстукування та оббирання шматків ґрунту, що нависають. Оббирання здійснюють металевими штангами або відбійними молотками з робочих майданчиків або платформ.

Охорона праці та безпека відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки пасажирів та персоналу в метрополітені, особливо у надзвичайних ситуаціях. Метро є складною інфраструктурою, де дотримання заходів безпеки є невід'ємною частиною щоденної експлуатації. Нижче наведено детальний огляд заходів, що вживаються для забезпечення охорони праці та безпеки в метро у разі надзвичайних ситуацій.

Профілактика та планування: Метрополітен розробляє та регулярно оновлює плани надзвичайних ситуацій, які включають різні сценарії, від пожеж та аварій до терористичних актів. Плани включають заходи щодо евакуації, зв'язку з екстреними службами та надання першої допомоги. Також проводяться тренування та навчання для персоналу з метою підготовки до надзвичайних ситуацій.

Обслуговування та технічний стан: Регулярне технічне обслуговування та перевірка систем метро є важливими заходами для запобігання виникненню аварійних ситуацій. Персонал відповідає за регулярну перевірку стану технічних систем, таких як ескалатори, ліфти, вентиляція та системи пожежної безпеки.

Пожежна безпека: Важливою частиною безпеки в метро є запобігання та боротьба з пожежами. У метрополітені встановлюються автоматичні системи виявлення пожежі, системи пожежогасіння та системи евакуації диму. Регулярні перевірки та обслуговування цих систем проводяться для забезпечення їхньої готовності до можливих надзвичайних ситуацій.

Евакуація та рятувальні операції: У разі надзвичайної ситуації, яка потребує евакуації пасажирів, метро надає підготовлений персонал та плани евакуації.

ВИСНОВКИ

1. В бакалаврській роботі проведений аналіз інженерно-геологічних умов будівництва. На основі аналізу можна зробити висновок, що у місці будівництва діапазон міцності за М. М. Протод'яконовим складає $f = 1,5 \dots 3,0$.
2. Запроєктована конструкція колонної станції метрополітену, оправа станційних тунелів якої збирається із залізобетонних блоків. Таким чином приймаємо інженерно-геологічні умов з оправою із чавуну та збірного залізобетону, (коефіцієнт міцності $f=3$).
3. Розроблена технологія спорудження колонної станції метрополітену із залізобетонних блоків з розробкою породи буровибуховим способом.
4. Запропонована технологія спорудження колонної станції метрополітену зі збірного залізобетону з використанням залізобетонних блоків з зв'язками розтягу у стиках.

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.