

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

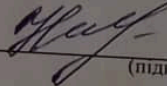
ННЦ «Мости і тунелі»
(назва факультету/ННЦ)

«Транспортна інфраструктура»
(повна назва кафедри)

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

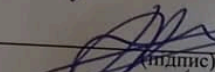
на тему: Конструювання колонної станції метрополітену із обґрунтуванням технології її спорудження
за освітньою програмою «Мости і транспортні тунелі»
зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студентка групи: МТ19130


(підпис студента)

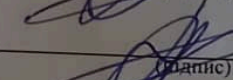
/ Анастасія НАРІЧЕНКО /
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

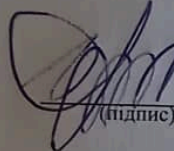
Нормоконтролер:


(підпис)

/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН /
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

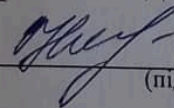
Охорона праці та безпека в
надзвичайних ситуаціях
(назва розділу)


(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 – 2022 рік

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

Bridges and tunnels
(faculty/TRC)

"Transport infrastructure"
(department)

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

on the topic: Construction of a subway column station with substantiation
of its construction technology

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: MT19130 / Anastasiia NARICHENKO /
(name, surname)

Scientific Supervisor: / Head of Dept. Oleksii TIUTKIN /
(position, name, surname)

Normative controller : / Head of Dept. Oleksii TIUTKIN /
(position, name, surname)

Supervisors
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

ННЦ: «Мости і тунелі»

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 ТЮТЬКІН**

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу

ОС «бакалавр»

(ступінь вищої освіти)

студентці Наріченко Анастасії Василівні

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Конструювання колонної станції метрополітену із обґрунтуванням технології її спорудження»

Керівник роботи: Тютюкін Олексій Леонідович, д.т.н., професор

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

затверджені наказом від «27» жовтня 2022 р. № 718ст

2. Строк подання студентом роботи: «13» червня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Результати аналізу інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов, конструкцій станції колонного типу глибокого закладення та матеріали, 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. Розділ

2. Варіантне проектування колонної станції глибокого закладення та ТЕО. Розділ

3. Розрахунок конструктивних елементів станційної конструкції. Розділ

4. Обґрунтування технології будівництва станції. Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Лист 1. Інженерно-геологічні умови. Лист 2. Конструкція колонної станції

(обраний за ТЕО варіант). Лист 3. Розрахунок конструктивних елементів

станційної конструкції. Лист 4. Технологія спорудження колонної станції

метрополітену.

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 та гідрогеологічних умов.	28.02.2022 – 20.03.2022	
2	Розділ 2. Варіантне проектування колонної станції глибокого закладення та ТЕО.	21.03.2022 – 10.04.2022	
3	Розділ 3. Розрахунок конструктивних елементів станційної конструкції.	11.04.2022 – 01.05.2022	
4	Розділ 4. Обґрунтування технології будівництва станції.	02.05.2022 – 22.05.2022	
5	Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Оформлення ВКР.	23.05.2022 – 05.06.2022	
6	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	06.06.2022 – 12.06.2022	
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	13.06.2022	
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	21.06.2022	

Студентка

_____ (підпис)

Анастасія НАРІЧЕНКО
_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олексій ТЮТЬКІН
_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

46 стор., 13 рис., 5 табл., 18 літературних джерел.

Об'єкт розробки – колонна станція метрополітену глибокого закладення.

Мета роботи – конструювання колонної станції метрополітену із обґрунтуванням технології її спорудження.

Метод дослідження – метод скінченних елементів на основі модифікованого методу Метродіпротрансу.

В бакалаврській роботі виконано аналіз інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов будівництва. Проведене варіантне проектування колонної станції глибокого закладення та виконане техніко-економічне порівняння.

Проведений розрахунок конструктивних елементів станційної конструкції методом скінченних елементів на основі модифікованого методу Метродіпротрансу. Обґрунтовано параметри міцності конструктивного елемента тунелю (залізобетонний блок).

Обґрунтовано технологію будівництва колонної станції глибокого закладення. Розроблені основи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: МЕТРОПОЛІТЕН, КОЛОННА СТАНЦІЯ, РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ, МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ	8
2 ВАРІАНТНЕ ПРОЄКТУВАННЯ КОЛОННОЇ СТАНЦІЇ ГЛИБОКОГО ЗАКЛАДЕННЯ ТА ТЕО	11
2.1 Визначення геометричних розмірів станції	11
2.2 Розрахунок об'ємів варіантів	13
2.3 Техніко-економічне обґрунтування варіантів станції	19
3 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАНЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ	23
3.1 Визначення навантаження на оправу станції	23
3.2 Розрахунок станційної конструкції методом скінченних елементів	24
3.3 Перевірка оправи на міцність	28
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА СТАНЦІЇ	32
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	38
ВИСНОВКИ	44
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	45

ВСТУП

Для великих міст та особливо для мегаполісів, які постійно розширюють свою територію за рахунок зростання передмість та міст-супутників, метрополітен як міський швидкісний позавуличний залізничний транспорт, лінії якого прокладені в підземних тунелях, по поверхні землі та на естакадах, є незамінним в транспортній інфраструктурі міста.

Його робота повністю вписується в сучасну тенденцію розвитку підземного простору міста, оскільки метрополітен, поєднуючись з наземною інфраструктурою, дозволяє її розвантажити. Відомо, що станційні комплекси разом із вестибюлями виконують роль не лише транспортну, а й культурно-розважальну та інші. В сьогоденній час вторгнення РФ в Україну станції метрополітенів виконують роль укриття.

Також станції метрополітенів є складними підземними об'єктами, їх поділяють на три типи конструкції: пілонна, колонна та односклепінчаста станції. Вони відрізняються між собою конструкцією, витратами на спорудження, прямими затратами на матеріали тощо. Дуже важливим фактором є саме інженерно-геологічні умови, від яких залежить вибір та довговічність конструкції та матеріал оправи.

В бакалаврській роботі задано інженерно-геологічні умови достатнього діапазону міцності за М. М. Протод'яконовим ($f=1,5\dots7$). Основним типом є достатньо міцні породи $f=3,0$, для яких характерні станції глибокого закладення колонного типу. Цей тип має центральну і дві бокові зали, у яких розімкнуті кільця оправи, що взаємоперетинаються та спираються на несучий конструктивний елемент – колони, які приймають навантаження через клинчасті перемички або через прогони.

Таким чином, для кваліфікаційної роботи на здобуття ОС «бакалавр» метою прийнято конструювання колонної станції метрополітену із обґрунтуванням технології її спорудження.

1 АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ

Дніпропетровська гранітна товща є утворенням, яке зазнало дуже складну історію геологічного розвитку, яка включала етапи тектонічної активності, багаторазові деформації, які призвели до складкоутворення та ендогенного притоку речовини з мантії [1].

Граніт інтрузивний – магматична порода. Структура цієї гірської породи полнокрісталліческа, текстура щільна, мінеральний склад: ортоклаз, кварц. З огляду на ці характеристики ми приходимо до висновку, що попадання ґрунтової води в забій зводиться до мінімуму.

Тріщинуватість скельних і напівскельних гірських порід є одним з вирішальних факторів при їх інженерно-геологічній оцінці. Вона характеризує результат їх механічного руйнування. Ступінь тріщинуватості гірських порід визначає ступінь їх руйнування. При вирішенні інженерно-геологічних завдань оцінка ступеня вивітрюванні гірських порід мають величезне значення, тому що чим вона більша, тим більше і ступінь їх порушення. Найголовнішими фізичними властивостями скельних порід є: питома вага, щільність, пористість, тріщинуватість.

- питома вага від 2,67 до 2,72 г/см³;
- щільність від 2,55 до 2,65 г/см³;
- пористість від 0,06 до 2,0 %.

У районі будівництва залягають наступні види ґрунтів:

- насипний ґрунт асфальтові покриття з підсипанням, пісками і суглинками з включенням будівельного сміття;
- суглинки, сіро-жовті, тверді;
- торфи, суглинки темно-сірі до чорних, насичені водою;
- супіски пластичні, сірувато-жовті, різного ступеня запесоченості з прошарками пилювато-кварцового піску;
- уламкова зона елювії скельних порід з піщано-глинистим заповненням,

неоднорідні;

- уламковий елювій скельних порід з піщаним заповненням;
- піски дрібні кварцові, жовтувато-сірі, сірі, водонасичені, однорідні;
- гравелиста товща, з включеннями гальки, гравію, кристалічних порід;
- плагіограніти сірі.

Ділянка станції, яка проектується, в геоморфологічному відношенні приурочена до першої правобережної тераси р. Дніпро. Рельєф рівний, з незначним ухилом у північному напрямі в бік р. Дніпро.

Геологічна будова ділянки, яка проектується, представлена комплексом осадових чверткових відкладень які залягають на архей-протерозойському кришталевому фундаменті. Сучасні відкладення представлені насипними ґрунтами – асфальтовим покриттям з дресвяно-щебенистою підсипкою, піски кварцові, темно-сірі, пилюваті, з включенням уламків червоної цегли, доменного шлаку, щебеню та іншого будівельного сміття до 10...20 % потужністю 2,2...4,8 м.

Комплекс алювіально-делювіальних верхньочвертинних відкладень загальною потужністю від 4,0 м до 11,5 м. Літологічно представлені суглинками, супісками та дрібними кварцовими пісками.

Суглинки жовтувато-сірі, туго пластичні, у кривлі з прошарками суглинків чорних, зеленувато-сірих та прошарками мілкового піску.

Супіски темно-сірі до чорних, текучі, з відносним вмістом органічних речовин до 0,04 та прошарками мілкового піску.

Піски кварцові, жовтувато-сірі, мілкі, однорідні, середньої щільності, насичені водою, з включенням невеликої кількості прошарків суглинків туго пластичних та пісків пилюватих.

Флювіогляціальні середньо-чверткові відкладення представлені неоднорідними гравійно-гальковими відкладеннями жовто-сірими, неоднорідними, щільними, насиченими водою, з піщаним заповнювачем, з поєдиними валунами скельних порід та прошарками суглинків жовто-бурих, туго пластичних, потужністю 0,8...5,6 м.

Чвертинні утворення залягають на протезой-мезозойській корі вивітрювання магматичних порід, представлені дисперсною і уламковою зонами.

Дисперсна зона кори вивітрювання скельних порід (під зона глинистих продуктів розкладання) – каоліни первинні, білі, сірувато-білі, тверді, з включенням зерен кварцу від 20...25 % до 40...50 %, з охристими п'ятнами гідроокисів заліза, потужністю 1,2...5,7 м.

Уламкова зона кори вивітрювання скельних ґрунтів – дресв'яно-щебеневі ґрунти, сірі, неоднорідні, з піщано-глинистим заповнювачем змістом 30...40 %, каолінізовані, водонасичені, потужністю 1,6...2,4 м.

Фундаментом для більш молодших порід служать архей-протезойські породи, представлені плагіогранітами сірими, світло-сірими, іноді розу вато-сірими, дрібно-середньозернистими, у покрівлі крупнозернистими, масивної структури, від дуже сильно тріщинуватих до сильно тріщинуватих, слабо вивітрені, середньої міцності та міцні, обводнені, не разм'ячені. Максимально вскрыта потужність скельних порід складає 37...40 м.

Скельний масив порушений тектонічними зонами різноманітного характеру, напрямку і потужності.

Гідрогеологічні умови ділянки характеризуються наявністю одного водоносного комплексу. Водоносний комплекс являється безнапірним, постійно існуючим. Рівень підземних вод залягає на глибині 1,6...2,4 м. Занурення станції під статичний рівень складає 43,0...44,0 м.

Скельні ґрунти представлені, переважно, сильно тріщинуватими паліогранітами слабкої стійкості. Таким чином, діапазон міцності за М. М. Протод'яконовим складає $f=1,5...7$. Приймаємо складні інженерно-геологічні умов (коефіцієнт міцності $f=3$, зона зруйнованого та тріщинуватого плагіограніту).

2 ВАРІАНТНЕ ПРОЄКТУВАННЯ КОЛОННОЇ СТАНЦІЇ ГЛИБОКОГО ЗАКЛАДЕННЯ ТА ТЕО

2.1 Визначення геометричних розмірів станції

Основними розмірами станції є [2, 3]: довжина і ширина посадкових платформ, довжина і ширина середнього залу станції, висота станції, ширина і висота проходів.

1. Довжина пасажирської платформи станції приймається згідно з кількістю вагонів, які експлуатуються в поїздах, що проходять через станцію з уточненням до цілих кілець [4, 5]:

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

$$n_{\text{кіл}} = \frac{L_{\text{пл}}}{0,75} = \frac{98}{0,75} = 130,67 \approx 131 \text{ шт.}$$

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

де n – кількість вагонів у поїзді, шт.,

l – довжина вагонів між зчепленнями, м,

a – запас на неточність зупинки поїзда, $a = 2$ м,

0,75 – довжина кільця, м.

2. Площа платформи визначається з урахуванням кількості пасажирів:

$$\omega = n_{\text{пл}} \cdot \eta = 383 \cdot 0,55 = 210,65 \text{ м}^2,$$

де $n_{\text{пл}}$ – кількість пасажирів на платформі, чол.,

η – густина заповнення платформи, м²/чол..

3. Кількість пасажирів на платформі:

$$n_{\text{пл}} = A \cdot n \cdot k_{\text{пв}} = 170 \cdot 5 \cdot 0,45 = 382,5 = 383 \text{ осіб,}$$

де A – розрахункова величина заповнення вагона, $A = 170$ чол.,

$k_{\text{пв}}$ – коефіцієнт посадки-висадки пасажирів.

Густота заповнення платформи приймається $0,55$ м²/чол. Обумовлено масовими пасажиропотоками [6, 7].

4. Розрахункова довжина платформи визначається з урахуванням відстані від початку поїзда до перших дверей і від останніх до кінця поїзда (приблизно 7 м):

$$l_p = L_{\text{пл}} - 7 = 98,25 - 7 = 91,25 \text{ м.}$$

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

$$n_e = \frac{2 \cdot n_{\text{п}} \cdot n_{\text{пл}}}{8500} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 383}{8500} = 0,9 \approx 2 \text{ шт.,}$$

де $n_{\text{п}}$ – число пар поїздів за годину,

$n_{\text{пл}}$ – кількість пасажирів, які одночасно знаходяться на платформі;

8500 – пропускна спроможність одного ескалатора.

Приймаємо 2 ескалатори.

6. Ширина платформи для посадки пасажирів колонного типу:

$$w = l_p + 0,45 = 91,25 + 0,45 = 91,7 \text{ м.}$$

Приймається платформа острівного типу шириною не менше 10 м.

2.2 Розрахунок об'ємів варіантів

В якості варіантів обрано три, для яких розраховано об'єми та проведено техніко-економічне порівняння, метою якого було визначення варіанту, що приймається до розрахунку [8, 9].

Варіант 1. Зі збірного залізобетону з опорами колового окреслення (рис. 2.1).

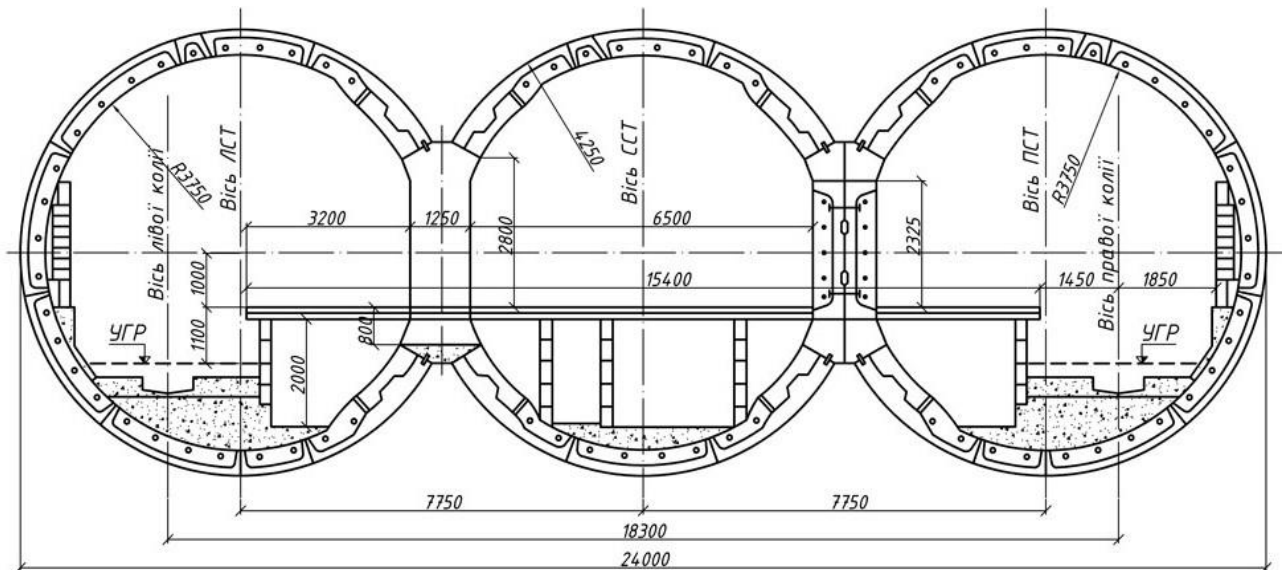


Рисунок 2.1 – Варіант 1

1. Проходка тунелю механізованим щитом (лівий та правий опорні тунелі):

$$V_1 = 2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L_{\text{пл}} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 8,5^2}{4} \cdot 98,25 = 11141,6 \text{ м}^3.$$

2. Вкладання збірної залізобетонної оправи із блоків (лівий та правий опорні тунелі).

$$V_2 = \left(2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \right) \cdot L_{\text{пл}} = \left(2 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 9,5^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 8,5^2}{4} \right) \right) \cdot 98,25 = 1031,71 \text{ м}^3.$$

3. Влаштування опорних металевих башмаків та сталевих колон:

$$V_{\text{колони}} = 0,5^2 + 0,4^2 = 0,09$$

$$V_4 = 0,09 \cdot 3,75 = 0,3375$$

$$V_4 = 24,0 \cdot 0,3375 = 8,1$$

4. Розробка калоти:

$$S_5 = \frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\pi \alpha}{180} - \sin \alpha \right) = 13,53$$

$$V = S \cdot L_{\text{пл}} = 13,53 \cdot 98,25 = 1329,3.$$

5. Розробка середньої штроби (ядро) і лоткової частини:

$$S = \left(\frac{\pi \cdot 9,5^2}{4} - S_5 \right) = \left(\frac{3,14 \cdot 9,5^2}{4} - 13,53 \right) = 57,32.$$

$$V = 57,32 \cdot 98,25 = 5631,3$$

6. Влаштування колійних стін:

$$V = 79,583 \cdot 2 = 159,1.$$

7. Влаштування платформи:

$$V = 0,5 \cdot 15,5 \cdot 98,25 = 761,438.$$

Варіант 2. Колонна станція з чавунної оправи (рис. 2.2).

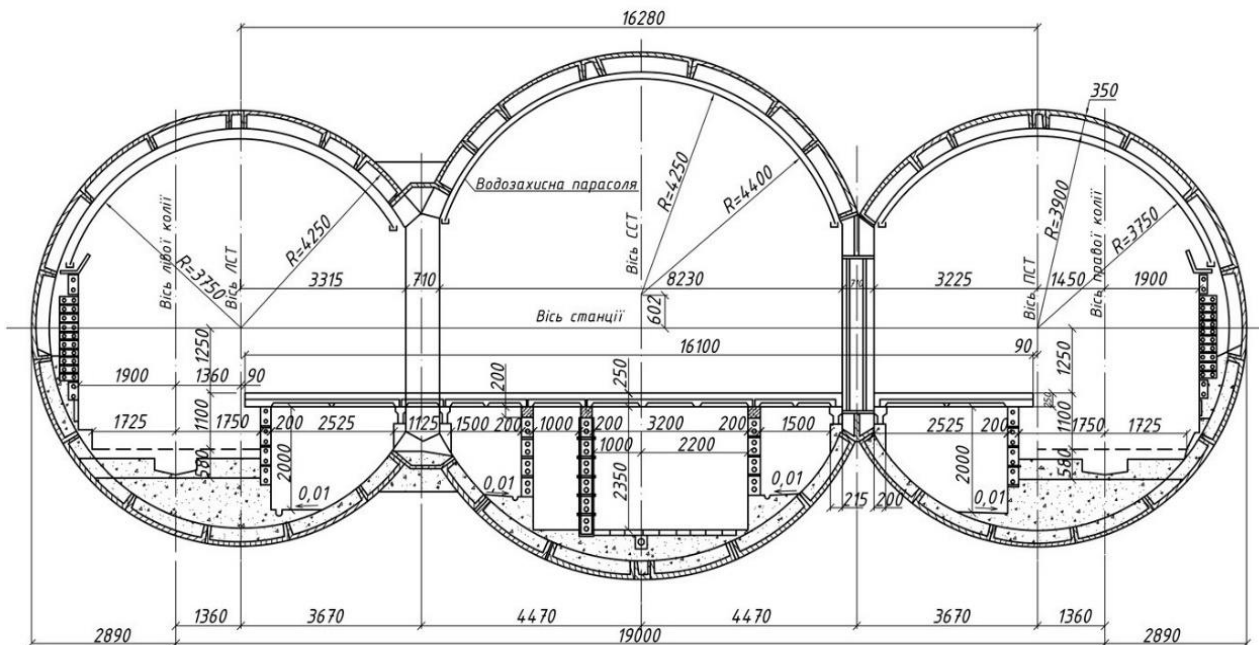


Рисунок 2.2 – Варіант 2

1. Проходка тунелю механізованим щитом (лівий та правий опорні тунелі):

$$V_1 = 2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L_{пл} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 8,5^2}{4} \cdot 98,25 = 11141,6 \text{ м}^3.$$

2. Вкладання чавунної оправи (лівий, правий та середній станційні тунелі)

$$S = \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) = \left(\frac{3,14 \cdot 8,5^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 7,8^2}{4} \right) = 8,9$$

$$8,9 \cdot \frac{5}{6} = 7,4$$

$$S = \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) = \left(\frac{3,14 \cdot 9,5^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 8,8^2}{4} \right) = 14,1$$

$$14,1 \cdot \frac{4}{6} = 9,4$$

$$V_3 = 7,4 + 7,4 + 9,4 \cdot 98,25 = 967,825$$

$$V_3 \cdot \gamma \cdot n = 967,8 \cdot 7,2 \cdot 0,33 = 2299,5$$

$$\gamma = 7,2$$

$$n = 0,33.$$

3. Влаштування опорних металевих башмаків та сталевих колон:

$$V_{\text{колони}} = 0,5^2 + 0,4^2 = 0,09$$

$$V_3 = 0,09 \cdot 3,75 = 0,3375$$

$$V_3 = 24,0 \cdot 0,3375 = 8,1.$$

4. Розробка калоти:

$$S_5 = \frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\pi \alpha}{180} - \sin \alpha \right) = 13,53.$$

$$V_4 = S \cdot L_{\text{пл}} = 13,53 \cdot 98,25 = 1329,3.$$

5. Розробка середньої штроби (ядро) і лоткової частини:

$$S = \left(\frac{\pi \cdot 9,5^2}{4} - S_5 \right) = \left(\frac{3,14 \cdot 9,5^2}{4} - 13,53 \right) = 57,32.$$

$$V_5 = 57,32 \cdot 98,25 = 5631,3.$$

6. Влаштування колійних стін:

$$V_6 = 79,583 \cdot 2 = 159,165.$$

7. Влаштування платформи:

$$V_7 = 0,5 \cdot 15,5 \cdot 98,25 = 761,438.$$

Варіант 3. Колонна станція з монолітної оправи (рис. 2.3).

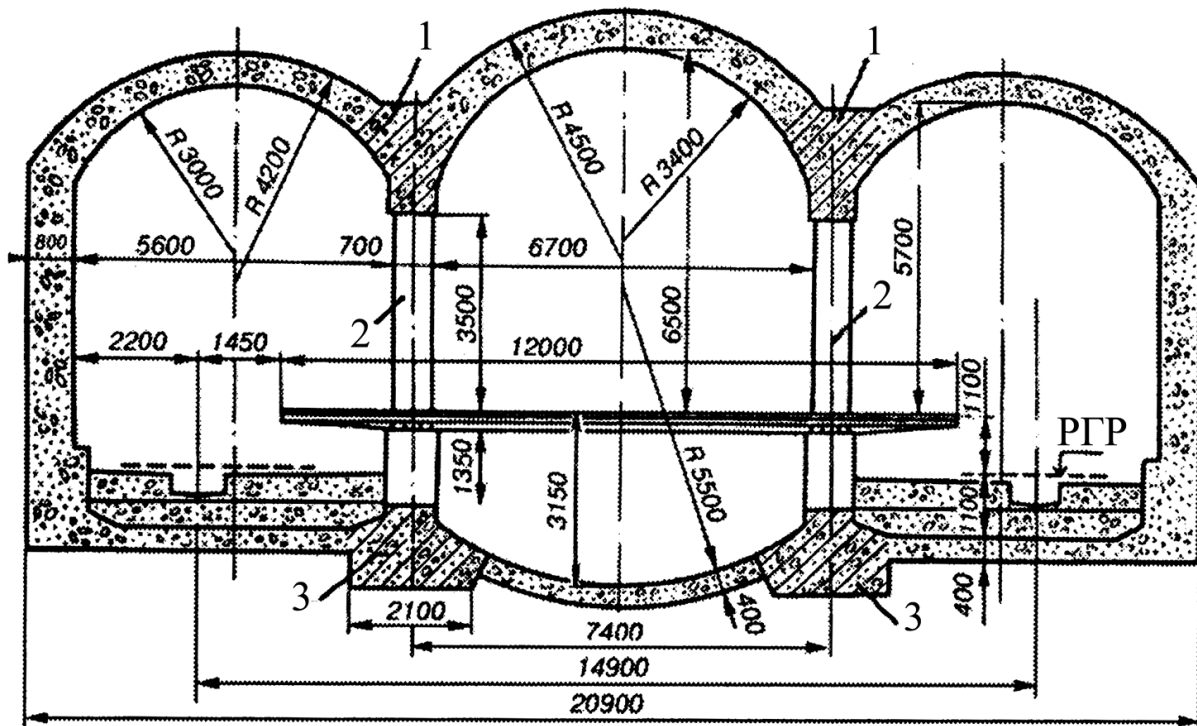


Рисунок 2.3 – Варіант 3

1. Проходка тунелю способом суцільного забою (лівий та правий станційні тунелі):

$$V_T^1 = S_T \cdot L_{пл} = 58.4 \cdot 98,25 = 5\,737,8 \text{ м}^3,$$

де D – діаметр лівого та правого тунелів,

V_T^1, V_T^3 – об'єм лівого та правого тунелів,

$$V_T^1 = V_T^3$$

$$\sum V_T = 2 \cdot V_T^1 = 2 \cdot 5\,737,8 = 11\,475,6 \text{ м}^3.$$

2. Розробка калоти шириною до 9 м.

$$V_K^2 = S_K \cdot L_{ср.тун.} = 58.4 \cdot 62,25 = 3\,635,4 \text{ м}^3.$$

3. Розробка середньої штроси (ядро) і лоткової частини:

$$V_{\text{штр}}^2 = S_{\text{штр}} \cdot L_{\text{ср. тун.}} = 37,2 \cdot 62,25 = 2\,315,7 \text{ м}^3.$$

4. Влаштування опорних металевих башмаків та сталевих колон:

$$V_{\text{колон}} = S_{\text{колон}} \cdot h_{\text{колон}} \cdot n = 1,56 \cdot 2,8 \cdot 15 \cdot 2 = 131,04 \text{ м}^3,$$

де $S_{\text{колон}}$ – об'єм однієї колони, n – загальна кількість колон.

5. Влаштування монолітних бетонних склепінь (лівий, правий та середній станційні тунелі):

$$V_{\text{скл}} = S_{\text{скл}} \cdot L_{\text{ст}} = 20,2 \cdot 98,25 = 1\,984,65 \text{ м}^3.$$

6. Влаштування монолітних бетонних стін (лівий та правий станційні тунелі):

$$V_{\text{скл}} = S_{\text{скл}} \cdot L_{\text{ст}} = 2 \cdot 5,3 \cdot 98,25 = 1\,041,45 \text{ м}^3.$$

7. Влаштування монолітних бетонних лотоків:

$$V_{\text{скл}} = S_{\text{л}} \cdot L_{\text{ст}} = 12,1 \cdot 98,25 = 1\,188,8 \text{ м}^3.$$

8. Влаштування колійних стін:

$$V_{\text{к.с.}} = S_{\text{к.с.}} \cdot n \cdot L_{\text{пл}} = 0,9 \cdot 2 \cdot 98,25 = 176,85 \text{ м}^3.$$

9. Влаштування платформи

$$V_{\text{пл}} = 2 \cdot S_{\text{пл}} \cdot L_{\text{пл}} = 2 \cdot 7,8 \cdot 1 \cdot 98,25 = 1\,532,7 \text{ м}^3.$$

де $S_{\text{пл}}$ – площа платформи.

3.3 Техніко-економічне обґрунтування варіантів станції

Шифри та значення трудовитрат, які потрібні на виконання робіт зі спорудження одного метра тунелю, наведені в Нормах [10]. Розрахунки кожного з варіантів наведені в табл. 2.1-2.3.

Таблиця 2.1 – Варіант 1

Найменування робіт	Шифр	Од. виміру	Об'єм робіт	Трудовитрати, люд.-год	
				На одиницю	На об'єм
Проходка тунелю механізованим щитом.	29-80-10	м ³	11141,6	0,42	4679,3
Вкладання збірної з/б оправи із блоків.	29-126-11	м ³	1031,7	15,484	15974,8
Влаштування опорних металевих башмаків та сталевих колон	29-129,2	м ³	8,1	18,8	152,28
Розробка калоти шириною до 9 м	29-49-5	м ³	1329,3	1107,58	14721,9
	29-49-6				
	29-49-7				
Розробка середньої штроси (ядро) і лоткової частини	29-52-3	м ³	56313	254,38	14324,9
	29-52-4				
	29-52-5				
Влаштування колійних стін.	29-155-1	м ³	159,165	13,003	2069,6
Влаштування платформи.	29-153-2	м ³	761,438	12,277	9348,1
				Сума:	61271,2

Таблиця 2.2 – Варіант 2

Найменування робіт	Шифр	Од. виміру	Об'єм робіт	Трудовитрати, люд.-год	
				На одиницю	На об'єм
Проходка тунелю механізованим щитом.	29-80-10	м ³	11141,6	0,42	4679,5
Вкладання чавунної оправи(лівий, правий та середній станційні тунелі)	29-126-11	м ³	2299,5	4,55	10462,7
Влаштування опорних металевих башмаків та сталевих колон	29-129,2	м ³	8,1	18,8	152,3
Розробка калоти шириною до 9 м	29-49-5	м ³	1329,3	1107,58	14721,9
	29-49-6				
	29-49-7				
Розробка середньої штроси (ядро) і лоткової частини	29-52-3	м ³	5631,3	254,38	14324,9
	29-52-4				
	29-52-5				
Влаштування колійних стін.	29-155-1	м ³	159,165	13,003	2069,6
Влаштування платформи.	29-153-2	м ³	761,438	12,277	9348,1
				Сума:	55760

Таблиця 2.3 – Варіант 3

Назва роботи	Шифр	Од. виміру	Об'єм	Трудовитрати на од., люд-год.	Трудовитрати на об'єм, люд- год.
Проходка тунелю способом суцільного забою (лівий та правий станційні тунелі)	29-70- 11	100м ³ грунту	11 475,6	382.36	43 878,1
Розробка калоти шириною до 9м	29-49- 5	100м ³ з/б	3 635,4	1015.94	36 933,5
Розробка середньої штриси (ядро) і лоткової частини	29-52- 3	100м ³ з/б	2315,7	203.82	4 719,9
Влаштування опорних металевих башмаків та сталевих колон	29- 129-2	1т сталі	131,04	18,8	2 463,55
Влаштування монолітних бетонних склепінь (лівий, правий та середній станційні тунелі)	29- 107-3	100м ³ з/б	1984,65	1959.2	38 883,26
Влаштування монолітних	29- 110-7	100м ³ з/б	1041,45	1531.0	15 944,6

бетонних стін (лівий та правий станційні тунелі)					
Влаштування монолітних бетонних лотоків	29- 109-2	100м ³ з/б	1188,8	592,5	7 043,64
Влаштування колійних стін	29- 155-1	100м ³ з/б	176,85	1300,3	2 299,6
Влаштування платформи	29- 153-2	100м ³ з/б	1532,7	1227,7	18 817
				Сума:	170 983,15

На основі досліджених інженерно-геологічних умов за техніко-економічними показниками можна зробити висновок, що більше підходить варіант 2 (чавунна оправа), оскільки він більш економічний за трудовитратами. Але для статичного розрахунку і для розробки технології прийнято варіант 1 (залізобетонні блоки), оскільки він дешевший за прямими витратами

3 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТАНЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

3.1 Визначення навантаження на оправу станції

Визначення навантажень, які діють на оправу станції, є однією з основних частин статичного розрахунку [9, 11]. Уже під час вибору варіантів необхідно визначити величину навантажень від гірського тиску для кожного варіанта станції, оскільки це суттєво впливає на вибір її типу. Станція розташована в масиві міцних скельних порід, навантаження на оправу необхідно визначати на основі гіпотези проф. М. М. Протод'яконова (рис. 3.1).

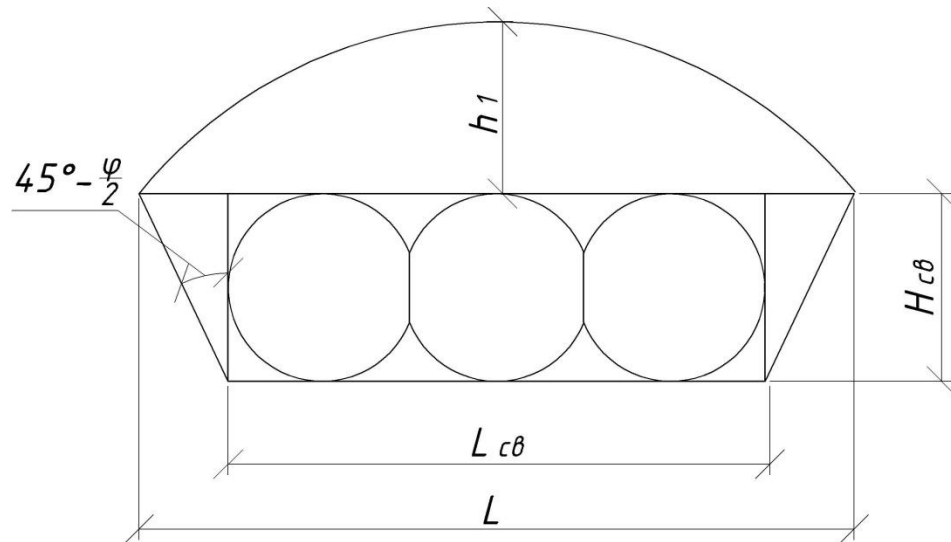


Рисунок 3.1 – Схема визначення вертикального навантаження для станції
колонного типу

Скористаємося наступними формулами, приймаючи варіант складних інженерно-геологічних умов (коефіцієнт міцності $f=3$, зона зруйнованого та тріщинуватого плагіограніту):

$$q_B^H = \gamma h_1,$$

$$h_1 = \frac{L}{2f},$$

$$L = L_{cb} + 2H_{cb} \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right),$$

де h_1 і L – відповідно висота і ширина склепіння обвалення; f – коефіцієнт міцності породи за проф. М. М. Протод'яконовим; $L_{\text{св}}$ та $H_{\text{св}}$ – відповідно ширина і висота станційної конструкції у світлі.

Відповідно до вимог ДБН [1] у розрахунку оправи за несучою здатністю величину розрахункових навантажень визначають шляхом множення нормативних навантажень на коефіцієнт перевантаження n :

$$q_B^P = nq_B^H.$$

$$L = L_{\text{св}} + 2H_{\text{св}} \cdot \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 24 + 2 \cdot 9,5 \cdot 0,27 = 29,14$$

$$h_1 = \frac{L}{2f} = \frac{29,14}{2 \cdot 3} = 4,9$$

$$q_B^H = \gamma h_1 = 25 \cdot 4,9 = 122,5$$

$$q_B^P = nq_B^H = 188,75.$$

3.2 Розрахунок станційної конструкції методом скінченних елементів

Сутність методу скінченних елементів полягає в розбивці розрахункової області на значну кількість менших областей простого геометричного окреслення – скінченних елементів [12-14]. Залежно від характеру розв'язуваної задачі використовують об'ємні, плоскі або стержневі елементи. Властивості елементів відображають реальні характеристики матеріалів ґрунту і конструкції.

Вибір розрахункової схеми – найбільш важливий елемент розрахунку. Вона повинна найбільшою мірою відповідати реальним 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 ВКР 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 [14-16]. 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.

Площу еквівалентного стержня F знаходять за формулою [4]:

$$F = \frac{k'l}{En},$$

де k' – приведений по довжині коефіцієнт пружного відпору (якщо ширина розрахункової схеми прийнята рівною 1 м, збігається із значенням коефіцієнта пружного відпору); l – довжина стержня; E – модуль пружності матеріалу стержня; n – кількість стержнів.

Приймається наступна розрахункова схема колонної станції (рис. 3.2).

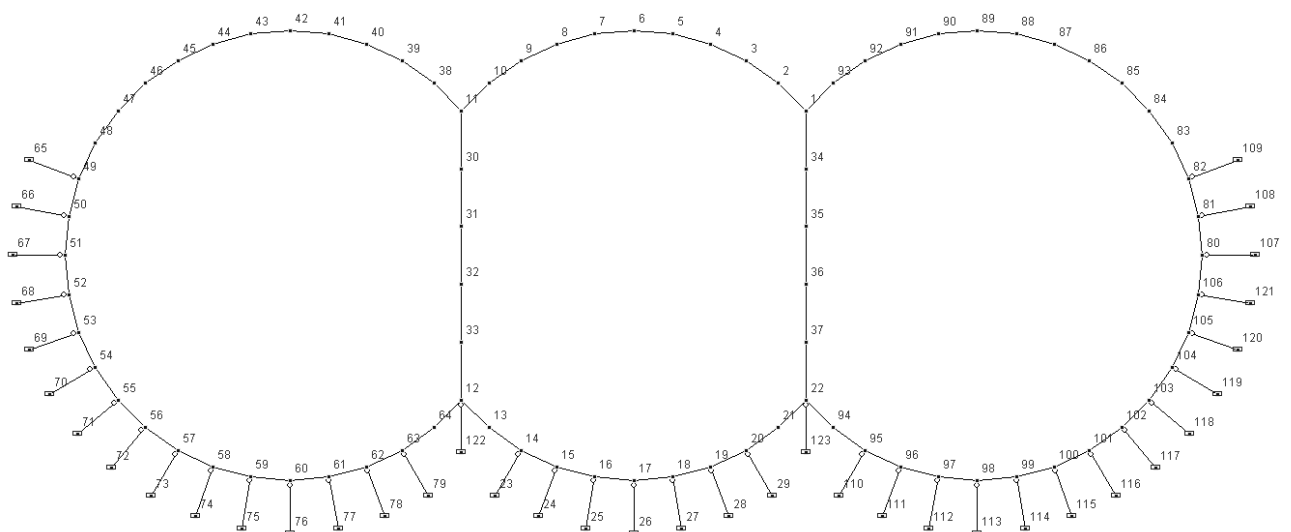


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема станції колонного типу

Після визначення площі еквівалентного стержня його геометричні та деформаційні властивості присвоюються відповідним елементами моделі (рис. 3.3), прикладається розподілене навантаження та виконується розрахунок (рис. 3.4).

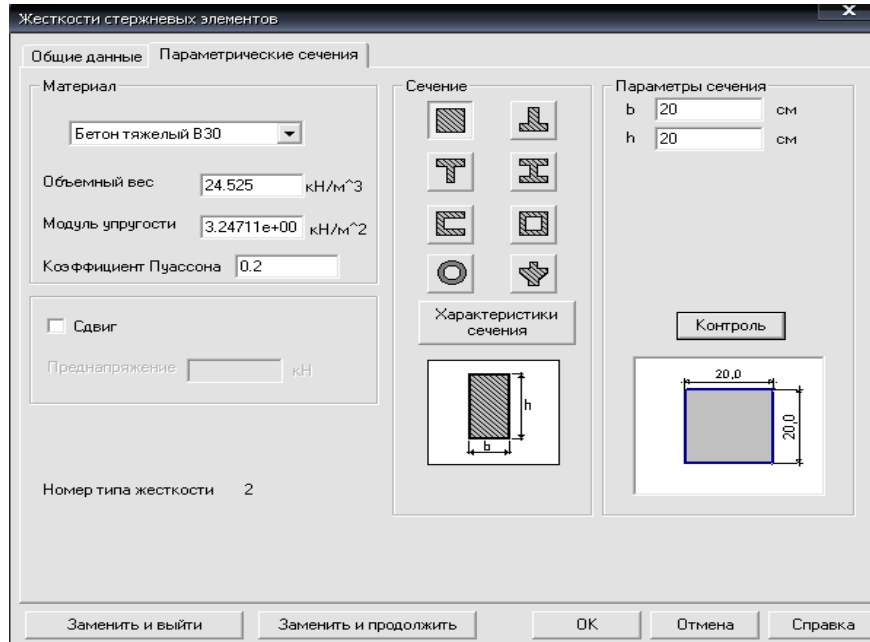


Рисунок 3.3 – Присвоєння властивостей еквівалентних стержнів в SCAD

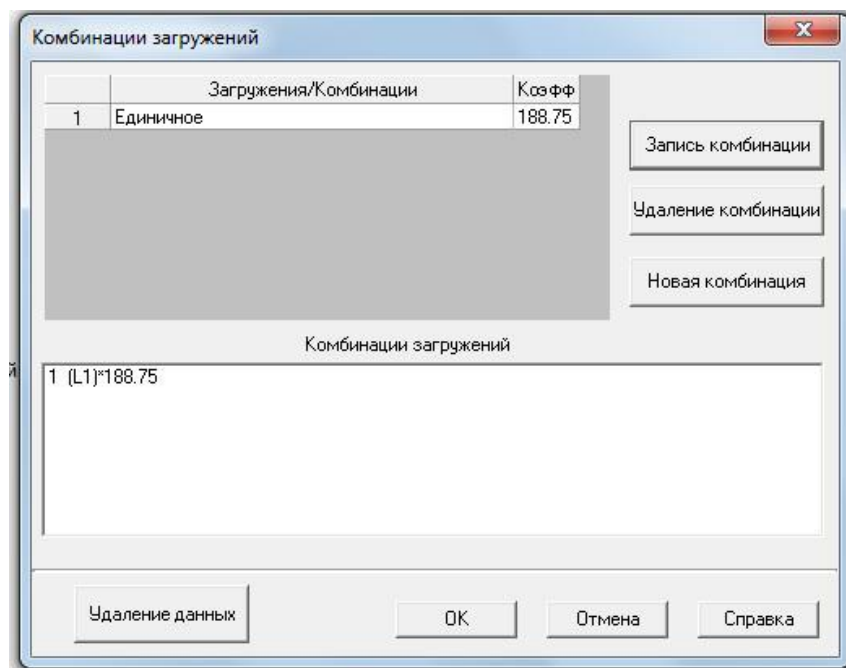


Рисунок 3.4 – Присвоєння розподіленого навантаження в SCAD

Результатами розрахунку є згинальні моменти й нормальні сили (рис. 3.5-3.6).

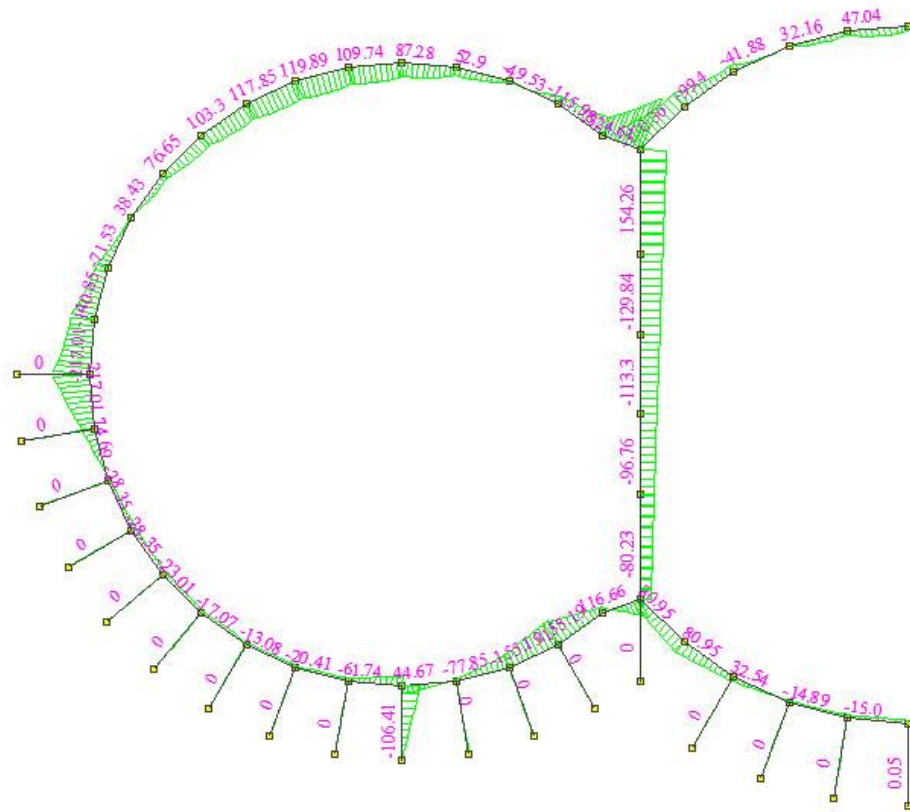


Рисунок 3.5 – Еюра згинальних моментів (максимальний – 119,9 кН·м)

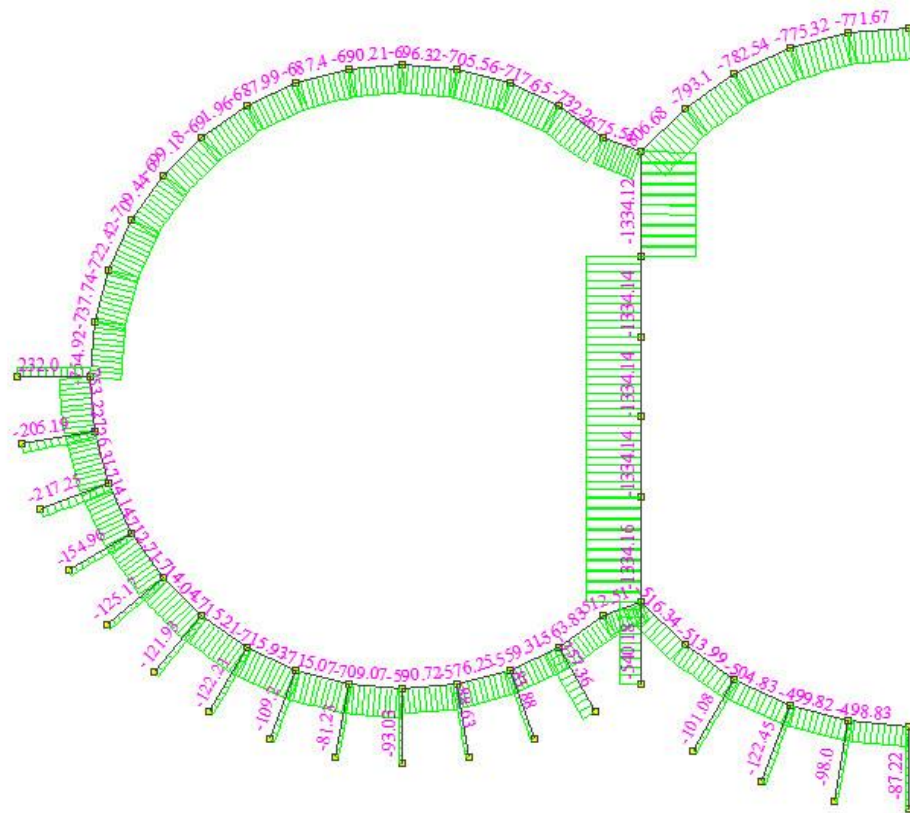


Рисунок 3.6 – Еюра нормальних сил (максимальна – 687,4 кН)

3.3 Перевірка оправи на міцність

Перед перевіркою оправи на міцність слід виконати її армування, виходячи із правила симетричного армування блока, тобто розміщення однакової кількості арматури в розтягнутій та стиснутій зонах. Таке розміщення пояснюється тим, що нормальний блок або тубінг може бути змонтований у зоні як від'ємних, так і додатних моментів [4].

Для поздовжньої робочої арматури потрібно застосовувати стержні діаметром не менше 12 мм і не більше 40 мм. Мінімальна відстань у світлі між стержнями арматури повинна бути не менша діаметра стержня і не менша 25 мм. Найбільшу відстань між осями стержнів робочої арматури приймають 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:

$$A_b = b \cdot h,$$

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

2. Попереднє визначення площі арматури:

$$A_s^{\text{сум}} = \mu \cdot A_b.$$

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

$$A_{1\text{ст}} = \pi \cdot r_{\text{ст}}^2,$$

де $r_{\text{ст}}^2$ – радіус стержня.

4. Визначення кількості стержнів робочої арматури:

$$n = \frac{A_s^{\text{сум}}}{A_{1\text{ст}}}.$$

5. Фактична площа арматури становить:

$$A_s^{\text{факт}} = n \cdot A_{1\text{ст.}}$$

6. Площа розтягнутої A_s та стиснутої A'_s арматури:

$$A_s = A'_s = \frac{A_s^{\text{факт}}}{2}.$$

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

$$e_0 = \frac{M}{N}.$$

8. Перевірка блоків на міцність:

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

де N – поздовжня сила в перерізі, який перевіряється, e – ексцентриситет нормальної сили N відносно центру розтягнутої арматури для блока: $e = e_0 + \frac{h}{2} - a$, де $a = a'$ – сума товщини захисного шару та половини діаметру стержня арматури, R_b – розрахунковий опір бетону на стиск,

$$x \text{ – висота стиснутої зони бетону: } x = \frac{N}{R_b \cdot b},$$

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 верхньої фібри до центру стержня стиснутої арматури.

Усі геометричні характеристики і параметри наведені на рис. 3.7.

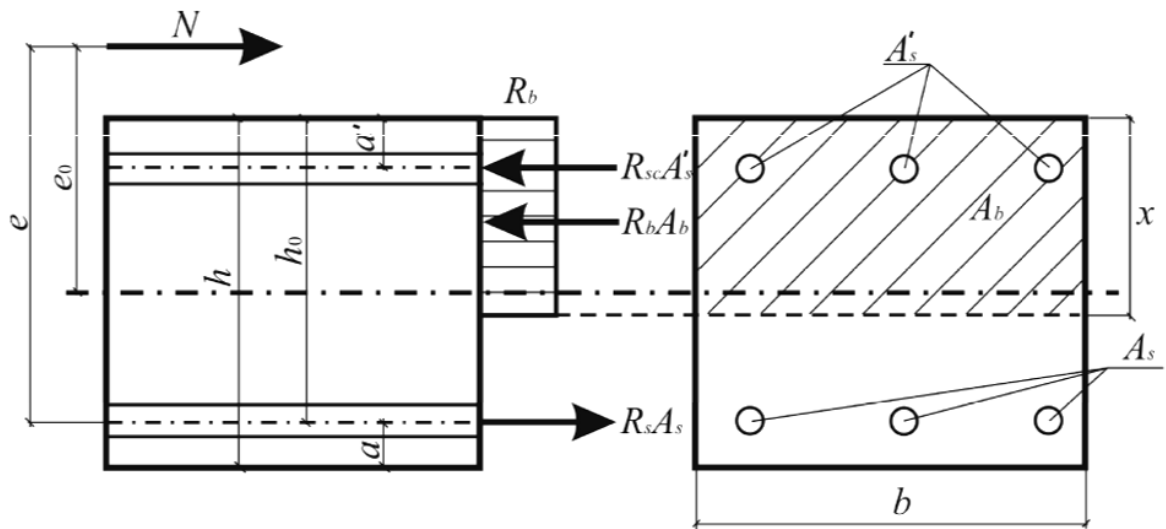


Рисунок 3.7 – Схема позначень розрахунку на міцність для блока

Скористаємось розрахунковою програмою в Microsoft Excel (табл. 4.1 та 4.2).

Таблиця 4.1 – Геометричні характеристики блоку

Введіть ширину блока b, м	1
Введіть висоту блока h, м	0,5
Площа поперечного перерізу A_b, м²	0,5
Введіть діаметр арматури $d_{ст}$, м	0,024
Введіть коефіцієнт армування m_u	0,015
Попередня площа арматури A_s , м ²	0,0075
Площа стержня арматури	0,000452
Кількість стержнів арматури n , штук	16,6
Введіть n округлене до цілого парного	18
Фактична площа арматури A_s, м²	0,0081
Площа розтягнутої арматури, м²	0,0041
Площа стиснутої арматури, м²	0,0041
Введіть товщину захисного шару, м	0,02
Висота перерізу до верхньої фібри h_0, м	0,468
Сумарна відстань $a=a'$, м	0,032

Таблиця 4.2 – Силкові фактори в блоці

Введіть нормальну силу N, кН	687,4
Введіть згинальний момент M, кНм	119,9
Ексцентриситет e_0, м	0,17443
Розрахунковий опір бетону R_b, кН/м²	22000
Розрахунковий опір арматури R_s, кН/м²	280000
Ширина стиснутої зони бетону x, м	0,031
Повний ексцентриситет e, м	0,39
Ліва частина рівняння	269,8
Перша права частина рівняння (бетон)	311,0
Друга права частина рівняння (арматура)	496,8
Права частина рівняння	807,8
Запас міцності N	3,0
ВИСНОВОК:	Виконується

Після виконання розрахунку на міцність можна зробити висновок, що залізобетонний блок станційної конструкції витримує навантаження, а запас міцності дорівнює 3,0, що характеризує міцність як достатню.

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА СТАНЦІЇ

Різноманітність умов будівництва визначила велике число варіантів конструктивного виконання колонних станцій і відповідно способів їх споруди. Загальна особливість цих способів полягає у виконанні наступних основних етапів робіт [17, 18]:

- 1) проходка двох бокових тунелів станції із залишенням ціліка ґрунту між ними;
- 2) спорудження в бокових тунелях уздовж станції внутрішніх несучих конструкцій, основним елементом яких є колони;
- 3) спорудження середнього станційного тунелю з оправою у вигляді верхнього склепіння, яке спирається на внутрішні несучі конструкції, і зворотного склепіння або лоткової плити.

Колонна станція є єдиною просторовою конструкцією, яка включає значне число різних за формою і матеріалом елементів. Тому послідовність виконання виробничих операцій при її спорудженні повинна бути такою, щоб забезпечити спільну роботу всіх елементів конструкції як в поперечному, так і в подовжньому перетині станції. Важливою умовою є також одночасне включення в роботу колон, розташованих в одному поперечному перетині станції.

Загальна для всіх станцій глибокого залягання послідовність розкриття виробок зберігається: спочатку споруджують бокові тунелі з випередженням забоїв в 25...50 м, а потім – середній тунель.

В слабких малостійких ґрунтах станції колонного типу споруджують із збірною оправою з прогонами і передбачається наступний склад і порядок робіт. Бокові тунелі станції зовнішнім діаметром $D=8,5$ або $9,5$ м споруджують на відстані B між їх вертикальними осями, яке визначається заданою шириною платформи і вимогами габариту наближення будов. Проходка бокових тунелів (рис. 4.1, а) не має яких-небудь особливостей і залежно від інженерно-геологічних умов здійснюється на повний переріз або способом пілот-тунелю.

Із зворотним склепінням

Із лотковою плитою

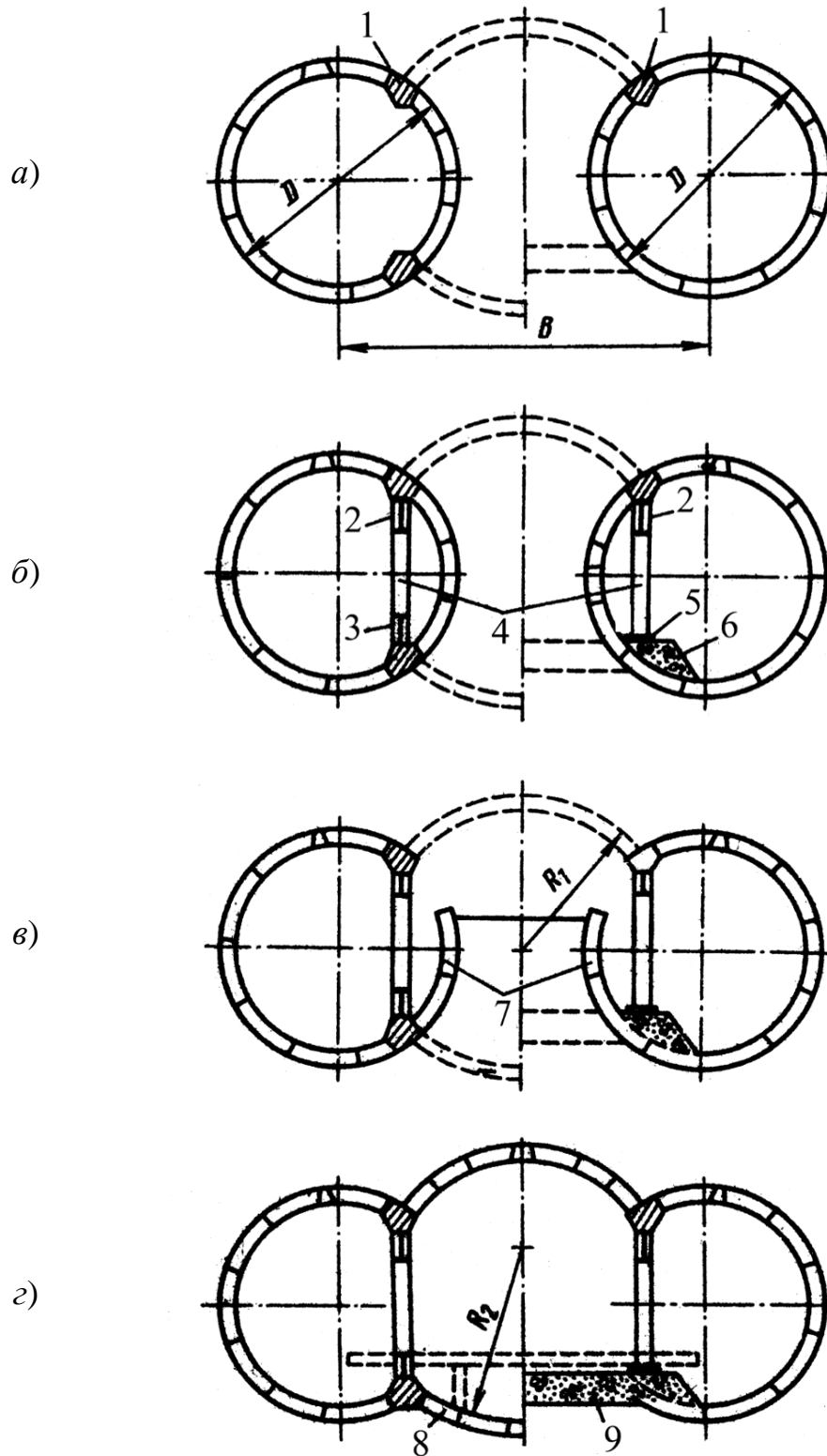


Рисунок 4.1 – Послідовність спорудження колонної станції із збірною залізобетонною оправою

Особливості полягають в монтажі оправи цих тунелів, до них відноситься постанова до складу кожного кільця одного (або як варіант двох) опорних фігурних елементів 1 – тюбінгів або блоків. Ці елементи розміщують в площині майбутнього ряду колон, утворюючи опорні вузли для передачі на колони зусиль від розіркнених склепінь бокових і середнього тунелів. Іноді замість нижнього ряду фігурних опорних елементів влаштовують подовжні залізобетонні стрічкові фундаменти.

По мірі проходки на відстань, що забезпечує необхідний фронт робіт (з відставанням від забою на 30...50 м), приступають до монтажу прогонів і колон (рис. 4.1, б). Склад і послідовність робочих операцій по їх спорудженню залежать від конструктивного рішення опорних вузлів. За наявності в нижньому опорному вузлі фігурного тюбінга або блоку спочатку необхідно спорудити нижній прогін 3. Потім вмонтовують верхній прогін 2, прикріплюючи його до верхніх опорних елементів оправи, і встановлюють колону 4.

При залізобетонному стрічковому фундаменті б послідовність операцій може бути декілька змінена. Спочатку вмонтовують верхній прогін 2 із його тимчасовою підтримкою спеціальними пристосуваннями, а потім колону 4, на яку опускають верхній прогін. Зазор, що утворюється між прогоном і верхнім опорним елементом заповнюють фібробетоном 5.

Проходку середнього станційного тунелю (рис. 4.1, в) залежно від стійкості ґрунтів ведуть суцільним забоем або уступним способом і розбирають елементи тимчасового заповнення бокових тунелів 7. Склепіння споруджують з чавунних або залізобетонних тюбінгів або із залізобетонних блоків. Ґрунт через проходи, утворені в результаті розбирання тюбінгів тимчасового заповнення, транспортують по шляху відкатки, укладеному в боковому тунелі.

На наступному етапі (рис. 4.1, г) розробляють ґрунт в лотку і зводять зворотне склепіння або залізобетонну плиту основи 9.

Особливістю колонних станцій із збірного залізобетону, які споруджуються в щільних сухих глинах, є наявність верхнього і нижнього шарнірів в місцях

спирання розімкнених кілець оправи на внутрішні несучі конструкції. Роботи в цьому випадку виконують в наступному порядку.

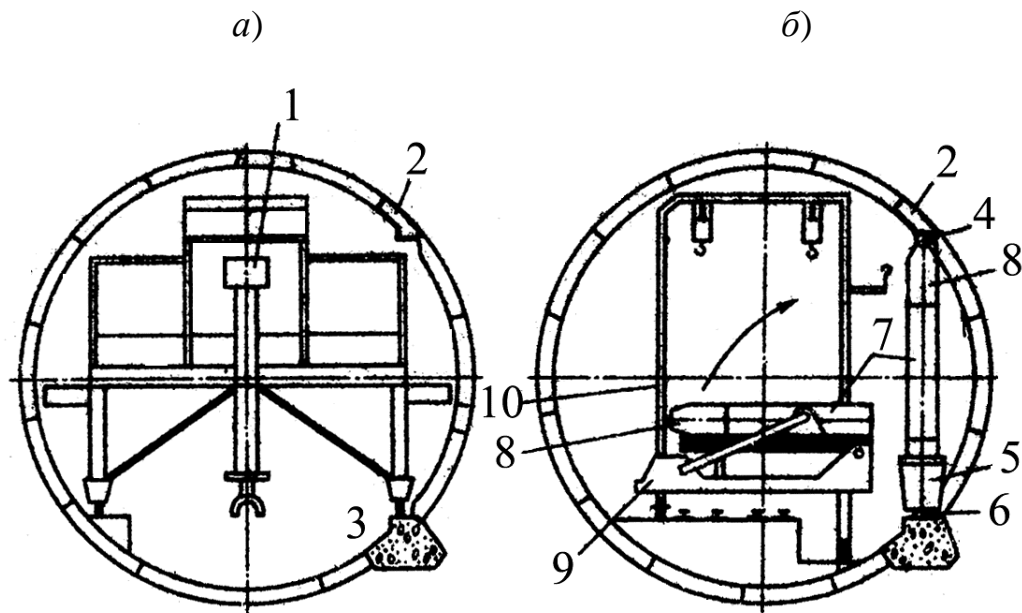


Рисунок 4.2 – Схема спорудження оправи (а) і внутрішніх елементів (б) в боковому тунелі колонної станції

Середній темп проходки бокового тунелю складає 1,5 м в добу. Проходку бокових тунелів ведуть заходками по 0,75 м гірським способом з розробкою ґрунту відбійними молотками на повний переріз. Чергове кільце залізобетонної оправи (рис. 4.2, а) вмонтовують станційним тьюбінгоукладальником 1, починаючи з фундаментного блоку 3. У верхній частині кожного кільця оправи з боку станційного тунелю розташовують опорний чавунний тьюбінг 2.

По мірі створення необхідного фронту робіт (30...40 м) приступають до бетонування нижнього прогону 5. Для цього усередині бокових тунелів по поверхні фундаментних блоків через вирівнюючий шар фібробетону встановлюють нижній циліндровий шарнір 6 з прикріпленою до нього опорною частиною і анкерними пристроями, що входять в нижній залізобетонний прогін. Встановлюють опалубку, арматуру і бетонують прогін 5. Після набору бетоном проектної міцності на прогін краном-укосиною встановлюють опорні черевики. Потім за допомогою спеціального підйомника 9 встановлюють сталеві колони 7

коробчатого перетину з ригелями 8.

Одночасно з установкою чергової колони і ригеля з монтажного майданчика, закріпленого на допоміжній рамі 10, заповнюють зазор між верхнім циліндровим циліндром 4 опорними тьюбінгами фібробетоном скріплюють ригель з раніше встановленим.

Після проходки бокових тунелів і спорудження в них внутрішніх опорних конструкцій приступають до спорудження середнього тунелю станції. До початку цих робіт в бокових тунелях повинні бути встановлені тимчасові пересувні інвентарні кріплення.

Проходку середнього тунелю станції ведуть уступним способом (рис. 4.3).

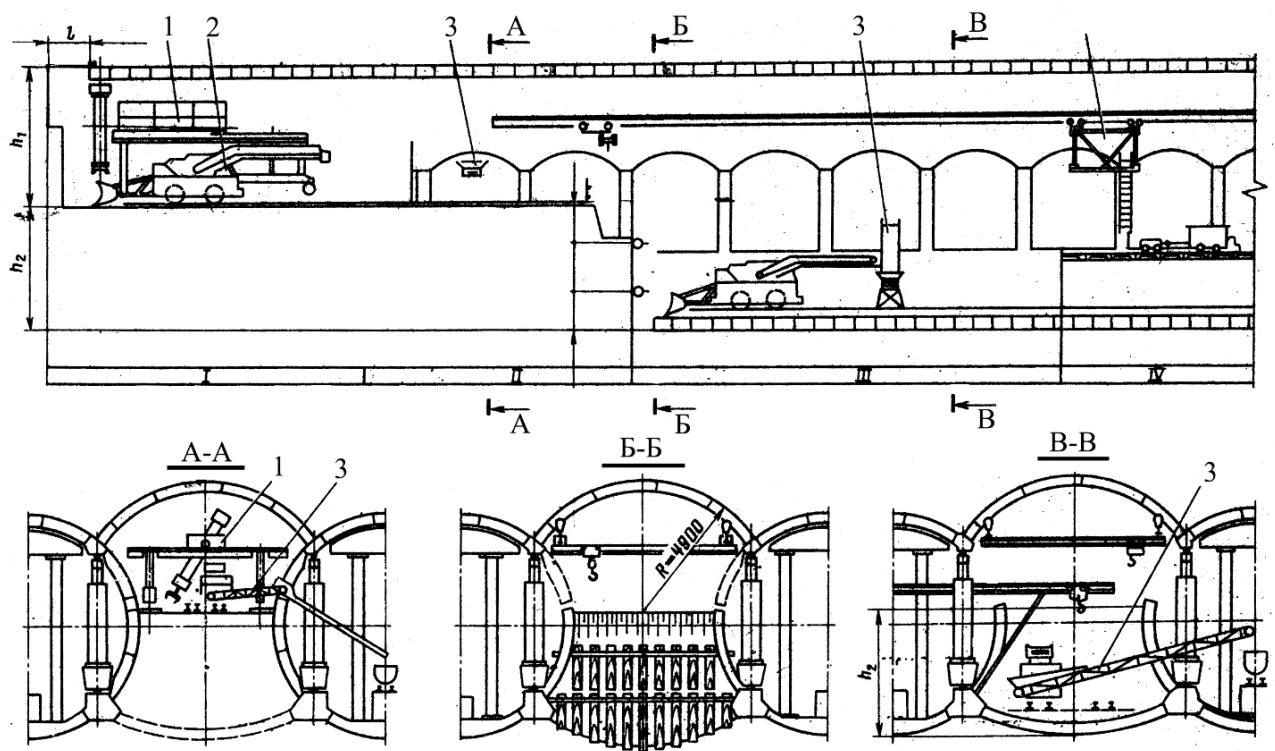


Рисунок 4.3 – Схема спорудження середнього тунелю колонної станції:

I – дільниця проходки калоти із зведенням склепіння;

II – дільниця демонтажу верхніх тьюбінгів тимчасового заповнення бокових тунелів; III – дільниця розробки ґрунту уступу і зведення зворотного склепіння;

IV – дільниця монтажу станційної платформи

З висувних платформ, тунельного укладальника 1 розробляють ґрунт на заходку 1 в межах верхньої частини залу і монтують верхнє склепіння. У випадку якщо середнє склепіння збирають з блоків суцільного перетину, що не мають зв'язків торців, для його монтажу використовують спеціальний дуговий блокоукладальник, а включення склепіння в роботу здійснюється плоскими гідравлічними домкратами, вмонтованими в замковий блок.

Вантаження розробленого ґрунту проводять породонавантажувальною машиною ковшового типу 2 на поперечний транспортер 3 і через отвір, утворений частково розібраними тюбінгами заповнення, по лотку видають в боковий тунель. Тюбінги, суху суміш і інші матеріали підвозять по боковому тунелю і електричним талем через отвір подають в середній тунель, звідки кран-балкою їх транспортують на верхній уступ.

Нижній уступ заввишки $h_2=4,3$ м розробляють на відстані 20...25 м від забою відбійними молотками, ґрунт вантажною машиною вантажать на поперечний транспортер і видають в боковий тунель через повністю розкриті проходи. Темп спорудження середнього тунелю станції при розробці ґрунту відбійними молотками невисокий і складає 1,5 м в добу. Тому для розробки ґрунту нижнього уступу доцільно використовувати екскаватори з укороченою стрілою і ковшем активної дії, прохідницькі комбайни із стріловидним ріжучим органом.

Після розробки ґрунту в лотку монтують зворотнє склепіння і негайно вводять його в роботу розтисненням гідроциліндрами, встановленими в замковому блоці розпору.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Вимоги безпеки праці під час виконання прохідницьких робіт зі спорудження колонної станції.

Роботи, що виконуються на об'єкті:

- буріння шпурів;
- провітрювання після вибуху;
- відкатка ґрунту;
- пересування комплексу;
- монтаж оправи;
- нагнітання за оправу;
- чеканка швів;

Машини та механізми, які задіяні на об'єкті:

- Бурильна установка «Тамрок»;
- Круговий блокоукладальник – ТУ- 4ГПБ;
- Пневмобетононагнітач – СО-242;
- Екскаватор – ЭКГ-5А;
- Погрузчик ґрунту – 1 – ППН;
- Чеканочні молотки;
- Станційний комплекс;
- Скреперна лебідка;

Основні небезпечні виробничі фактори:

- машини та механізми;
- електричний струм;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- шум,пил та вібрація;
- фізичне перенавантаження;

- транспортування вибухових речовин;
- зберігання вибухових матеріалів;
- обвалення породи;
- мікроклімат робочої зони.

Проходка тунелів за допомогою буровибухових робіт

У всіх випадках перед початком вибухових робіт встановлюють межі небезпечної зони, котрі відмічають на місцевості умовними знаками. Перед початком заряджання на межах забороненої (небезпечної) зони повинні бути виставлені пости, які забезпечують її охорону, а люди, котрі не зайняті заряджанням, – виведені в безпечні місця особою технічного надзору або (за його дорученням) підривником. Постовим забороняється доручати роботу, яка не пов'язана з виконанням прямих обов'язків. В небезпечну зону дозволяється прохід осіб технічного надзору організації та працівників контролюючих органів при наявності зв'язку з керівником вибухових робіт (підривником) і тільки через пост, по якому виходить підривник. На підземних роботах на час заряджання допускається заміна постів огорожами з написами, які забороняють вхід в небезпечну зону.

Огорожі повинні виставлятися на відстані, при якій вміст отруйних продуктів вибуху знижується до безпечних концентрацій. Ці відстані визначаються дослідним шляхом на основі результатів відбору проб повітря при максимальній кількості підірваних у забої ВР. Після закінчення вибухових робіт та повного провітрювання виробок вказані огорожі та знаки з написами знімаються.

В підземних виробках заборонена зона визначається розрахунком за дією ударної повітряної хвилі від можливого вибуху найбільшої кількості ВР в зарядній машині або крайній зарядженій свердловині. З урахуванням умов та організації робіт вона повинна складати не менше 50 м. Заборонена зона поширюється на всі виробки, сполучені з місцем розміщення зарядної машини або заряджених свердловин та шпурів. На межах цієї зони з початку

заряджання слід виставити пости охорони; у виробках, які ведуть до заряджених свердловин, замість постів можна встановлювати огорожі із забороняючими написами.

В цілях підвищення безпеки й ефективності бурових робіт необхідно:

1) перед початком буріння робити оборку покрівлі виробки і поверхні забою з послідуною розміткою шпурів згідно з затвердженим паспортом БВР;

2) при забурюванні підтримувати штангу спеціальними приладами;

3) не допускати присутності людей в зоні роботи маніпуляторів;

4) застосовувати раціональні режими буріння з урахуванням властивості ґрунту та способу буріння;

5) строго дотримуватись строків профілактичного ремонту бурового обладнання в процесі експлуатації.

Буріння шпурів повинно здійснюватися відповідно до паспорта буропідричних робіт (БПР), затвердженим головним інженером будівельного підрозділу, що веде роботи по ремонту і реконструкції тунелів та інших штучних споруд.

До початку робіт з буріння шпурів і свердловин забій виробки повинен бути оглянутий керівником робіт і приведений у безпечний стан.

Буріння шпурів на висоті більше 1,5 м від підшви дозволяється проводити тільки з помосту або спеціальними бурильними установками з бурових візків, бурових рам та агрегатів. Буріння шпурів в верхній частині забою із підірваного ґрунту при прохідці горизонтальних і слабопохилих виробок дозволяється проводити з вирівняної площадки, яка забезпечує стійке положення бурильника під час роботи. Для захисту очей від бурового пилу та від струменю стиснутого повітря при розривах шланга бурильник повинен користуватися захисними окулярами зі склом, яке не б'ється.

ВМ при будь-яких маніпуляціях не повинні піддаватися поштовхам та ударам. Забороняється кидати, волочити, перекачувати, штовхати та ударяти ящики з ВМ. В процесі роботи з ВМ забороняється палити та проводити будь-які операції з відкритим вогнем ближче 100 м від місця знаходження ВМ.

Працюючи з ВМ, забороняється мати при собі вогнепальну зброю. Сірники та інші запалювальні приналежності можуть бути тільки у підричників, лаборантів та інших осіб, які в процесі роботи виконують запал.

Вибухові роботи повинні виконуватися підричниками під керівництвом особи технічного нагляду за письмовим нарядом з ознайомленням під підпис та відповідним нарядами-путівками і проводиться тільки в місцях, що відповідають вимогам правил і інструкцій з безпеки робіт, встановлених проектом буропідривних робіт на реконструкцію або ремонт інженерної споруди.

До виробництва вибухових робіт, у тому числі при ремонті і реконструкції штучних споруд, допускаються особи чоловічої статі, що мають освіту не нижче середньої та наступні вік і стаж роботи:

- в тунельних виробках, віднесених до розряду небезпечних по газу або пилу;
- не молодше 18 років і стаж на підземних роботах не менше двох років;
- на всіх інших вибухових роботах – не молодше 18 років і стаж роботи не менше одного року за фахом, що відповідає характеру роботи, склали іспити кваліфікаційній комісії та одержали відповідні документи.

Підготовлених до вибуху зарядів повинно бути стільки, скільки їх буде підірвано за один прийом. Підривання зарядів повинно проводитися негайно після їх підготовки до вибуху. При заряджанні допускається використовувати тільки дерев'яні або алюмінієві забійники. Під час заряджання шпурів глибиною більше 2 м забороняється опускати бойовики на ВШ, ДШ або проводах електродетонатору. Забороняється використовувати в одному шпурі більше одного патрона-бойовика з детонатором. Бойовики повинні вводитися в шпури обережно, без поштовхів. При заряджанні забороняється ущільнювати бойовики, а також проштовхувати їх навіть легкими ударами забійника. Забороняється висмикувати або тягнути ВШ або проводи ЕД, введені в бойовики або заряди. Якщо вийняти застряглий бойовик не представляється можливим, то необхідно зупинити його заряджання та підірвати з іншими

зарядами.

Патрон-бойовик можна розмістити першим від устя або першим від дна шпура. В першому випадку дно детонатора повинно бути направлено до дна шпура, а в другому – до устя. Застосування оберненого ініціювання при вогневому підриванні дозволяється тільки при згоді з органами Держтехнагляду.

При виробництві вибухових робіт обов'язкова подача звукових, а в темний час доби, крім того, і світових сигналів для оповіщення людей. Забороняється подача сигналів голосом, а також з використанням вибухових матеріалів.

Звукові сигнали подають підривник (майстер-підривник) або керівник вибухових робіт, якщо одночасно працюють декілька підривників.

Сигнали подаються в наступному порядку. Перший сигнал – попереджувальний (один довгий свисток). Сигнал подається при вводі небезпечної зони. По цьому сигналі всі люди, не зайняті заряджанням та підриванням, йдуть за межі небезпечної зони або в безпечне місце, раніше указане відповідальним за проведення вибухових робіт, та виставляються пости охорони. Після закінчення заряджання та відходу в безпечне місце пов'язаних з цим осіб підривники приступають до монтажу підривної мережі. Монтувати електропідривну мережу необхідно в напрямку від заряду до джерела струму або до приладу, який вмикає струм. По закінченню монтажу виконують перевірку справності підривної мережі з безпечного місця. Другий сигнал – бойовий (два довгих свистка). По цьому сигналі підривники при вогневому підриванні запалюють ВШ і відходять в укриття або за межі небезпечної зони, а при електричному підриванні подають струм із укриття. Третій сигнал – відбій (три короткі свистка) подається після огляду місця вибуху та повідомляє про закінчення вибухових робіт. У випадку вторинного підривання з метою дроблення негабаритних кусків або ліквідації загромождження виробки перший та другий сигнали можуть бути об'єднані в один безперервного звучання.

Після вибуху заряду, який призначений для ліквідації відмови, підривник повинен ретельно оглянути підірвану масу, зібрати виявлені залишки ВМ

відмовившого заряду. Лише після цього можна приступати до прибирання ґрунту з дотриманням обережності.

При величині цілика між забоями 7 м і менше вибухові роботи слід вести тільки із одного забою з обов'язковим бурінням розвідувального шпуру, який випереджує забій на глибину не менше 1 м. В останньому прохідницькому циклі глибина шпурів не повинна перевищувати величини $2/3$ від залишеного цілика.

Для захисту металоконструкцій, обладнання та постійної оправи у близькій зоні від забою (до 6...7 м), а також для зменшення розлітання та забезпечення скупченості розвалу гірської маси після вибуху застосовують захисні мати. Міри обережності, які пов'язані з застосуванням БВР, вводять з наближенням підривного забою до діючої підземної та наземної споруди на відстані менше 12 м. При цьому переріз споруджуваного тунелю розбивають на три частини, а ділянку тунелю – на окремі зони довжиною від 2,75 до 4 м, для яких розраховують заряди та встановлюють черговість підривання. Кожну частину підривають у три-чотири прийоми з обов'язковим оглядом результатів попереднього вибуху.

ВИСНОВКИ

1. Провівши аналіз інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов можна зробити висновок, що ґрунти, в яких залягає підземна споруда, мають діапазон міцності $f=3\dots7$. Для таких видів ґрунтів характерне використання станцій метрополітену саме колонного типу з чавунною, залізобетонною та монолітною оправою.

2. На основі досліджених інженерно-геологічних умов за техніко-економічними показниками можна зробити висновок, що більше підходить варіант (чавунна оправа), оскільки він більш економічний за трудовитратами. Але для статичного розрахунку і для розробки технології прийнято варіант (залізобетонні блоки), оскільки він дешевший за прямими витратами.

3. Під час вибору варіантів визначили величину навантажень від гірського тиску для обраного варіанта станції. Визначили навантаження на оправу на основі гіпотези проф. М. М. Протод'яконова двома варіантами: від всього стовпа від склепіння обвалення.

4. Проведений розрахунок конструктивних елементів станційної конструкції методом скінчених елементів на основі модифікованого методу Метродіпротрансу. Після виконання розрахунку на міцність можна зробити висновок, що залізобетонний блок станційної конструкції витримує навантаження, а запас міцності дорівнює 3,0, що характеризує міцність як достатню.

5. Обґрунтовано технологію будівництва колонної станції глибокого закладення. Забезпечено послідовність виконання виробничих операцій при її спорудженні повинна бути такою, щоб забезпечити спільну роботу всіх елементів конструкції як в поперечному, так і в подовжньому перетині станції. Розроблені основи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лысыков, Б. А. Использование подземного пространства [Текст] / Б. А. Лысыков, А. А. Каплюхин. – Донецк : Вебер, 2008. – 416 с.
2. Заворицкий, В. И. Проектирование подземных транспортных сооружений [Текст] / В. И. Заворицкий. – Київ : Будівельник, 1975. – 204 с.
3. Фролов, Ю. С. Метрополитены. Учебник для вузов [Текст] / Ю. С. Фролов, Д. М. Голицынский, А. П. Ледаев. – Москва : Желдориздат, 2001. – 528 с.
4. 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.
5. 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.
6. Айвазов, Ю. М. Проектування метрополітенів (у 3-х частинах). Навчальний посібник. Частина 1 [Текст] / Ю. М. Айвазов. – Київ : НТУ, 2006. – 166 с.
7. Айвазов, Ю. М. Проектування метрополітенів (у 3-х частинах). Навчальний посібник. Частина 2 [Текст] / Ю. М. Айвазов. – Київ : НТУ, 2009. – 216 с.
8. Гайко, Г. І. Конструкції кріплення підземних споруд: Навчальний посібник [Текст] / Г. І. Гайко. – Алчевськ : ДонДТУ, 2006. – 133 с.
9. ДБН В.2.3-7-2010. Споруди транспорту. Метрополітени [Текст]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 195 с.
10. ДСТУ Б Д.2.2-29:2012 Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Тунелі та метрополітени (Збірник 29) (ДБН Д.2.2-29-99, MOD) [Текст]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. – 271 с.
11. 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.

12. Городецкий, А. С. Метод конечных элементов в проектировании транспортных сооружений [Текст] / А. С. Городецкий, В. И. Заворицкий, А. И. Лантух-Лященко, А. О. Рассказов. – Москва : Транспорт, 1981. – 143 с.

13. Еременко, С. Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел [Текст] / С. Ю. Еременко. – Харьков : Изд-во «Основа» при Харьковском ун-те, 1991. – 272 с.

14. 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.

15. SCAD для пользователя [Текст] / В. С. Карпиловский, Э. З. Криксунов, А. В. Перельмутер и др. – Киев : ВВП «Компас», 2000. – 332с.

16. Перельмутер, А. В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Текст] / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – Киев : Сталь, 2002. – 600 с.

17. Петренко, В. И. Современные технологии строительства метрополитенов в Украине [Текст] / В. И. Петренко, В. Д. Петренко, А. Л. Тютюкін. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2005. – 252 с.

18. Тютюкін, О. Л. Теоретичні основи комплексного аналізу тунельних конструкцій [Текст] / О. Л. Тютюкін. – Дніпро : Журфонд, 2020. – 260 с.