

## ЗАЯВА

Я, Вотченко Діана Юріївна

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

студента(ки) групи MT2022 ННЦ «Мости і тунелі»

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код та назва спеціальності)

освітньої програми «Мости і транспортні тунелі»

(назва освітньої програми)

освітнього ступеня магістр

(бакалавр, магістр)

заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

«Обґрунтування способу будівництва трьохекскавнаторної станції»  
метромітету з урахуванням натурного геотехнічного стану ґрунтового  
масиву в процесі будівництва. Визначення параметрів маркувально-геотехнічного стану.

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)

Вотченко Д. Ю.  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Дата

02.12.24

Керівник ВКР

  
(підпис)

Кучеріс 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) «магістр»

Вотченко Діана Юріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Обґрунтування способу будівництва трохсклепін-  
часткої станції метрополітену з урахуванням напру-  
жено-деформованою стану ґрунтового масиву в  
процесі будівництва. Розрахунок параметрів напру-  
жено-деформованої станції  
в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР

(підпис)

Курій В.П.

(прізвище, ім'я, по батькові)

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

## Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Транспортна інфраструктура»

До захисту:

Завідувач кафедри ТІ

\_\_\_\_\_ Олексій ТЮТЬКІН

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

### ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття ОС «магістр»

Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

ОПП «Мости і транспортні тунелі»

Тема: «Обґрунтування способу будівництва трьохсклепінчастої станції метрополітену з урахуванням напружено-деформованого стану ґрунтового масиву в процесі будівництва. Розрахунок параметрів напружено-деформованого стану»

Theme: “Rationale of the construction method for a three-vault metro station considering the stress-strain state of the soil massif during construction. Calculation of the stress-strain state parameters ”

Керівник магістерської роботи	<u>К.т.н., доц.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Володимир КУПРІЙ</u> (ПІБ)
Консультант розділу з БЖД	<u>К. т. н., доц.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Юрій ЗАЯЦЬ</u> (ПІБ)
Нормоконтролер	<u>Д.т.н., проф.</u> (посада)	_____ (підпис)	<u>Олексій ТЮТЬКІН</u> (ПІБ)
Виконавець, студент групи МТ2022		_____ (підпис)	<u>Діана ВОТЧЕНКО</u> (ПІБ)
Student			<u>Diana VOTCHENKO</u>

2021 р.

## РЕФЕРАТ

Дипломний робота представлена на 66 сторінках та містить 35 рисунків, 1 таблицю, 37 літературних джерел.

**Об'єкт розробки або дослідження:** трьохсклепінчаста станція пілонного типу глибокого закладення.

**Мета роботи:** провести аналіз напружено-деформованого стану тимчасового кріплення станційних тунелів в зоні їх взаємного впливу при будівництві з урахуванням послідовності зведення конструкцій трьохсклепінчастої станції метрополітену.

Робота складається із 6 розділів. У першому розділі описуються інженерно-геологічні умови будівництва трьохсклепінчастої станції метрополітену. У другому розділі проводиться розрахунок конструкції трьохсклепінчастої станції пілонного типу. У третьому розділі розглядається будівництво станції способом пілот-тунелю та пропонується замість нього спосіб будівництва станційних тунелів суцільним забоем з тимчасовим кріпленням. У четвертому розділі проводиться розробка моделі ґрунтового масиву та тимчасового кріплення станційних тунелів у процесі будівництва трьохсклепінчастої станції пілонного типу. У п'ятому розділі проводиться моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву та тимчасового кріплення в процесі будівництва станційних тунелів. У шостому розділі описані вимоги безпеки праці під час проходки тунелю, шкідливі та небезпечні фактори, вимоги безпеки про проведенні вибухових робіт та ліквідація зарядів що відмовили.

**Ключові слова:** трьохсклепінчаста станція пілонного типу; тимчасове кріплення; напружено-деформований стан.

## Зміст

ВСТУП .....	5
Розділ 1 Аналіз інженерно-геологічних умов будівництва трьохсклепінчастої станції метрополітену.....	7
Розділ 2 Аналіз та розрахунок конструкції станції із збірного залізобетону.....	11
2.1 Аналіз конструкції трьохсклепінчастої станції пілонного типу	11
Розділ 2 Аналіз та розрахунок конструкції станції із збірного залізобетону.....	11
2.2 Розрахунок параметрів конструкції трьохсклепінчастої станції пілонного типу .....	11
Розділ 3 Аналіз способів спорудження станції пілонного типу із залізобетонних тубінгів.....	16
3.1 Аналіз способу будівництва станції способом пілот-тунелю	16
Розділ 3 Аналіз способів спорудження станції пілонного типу із залізобетонних тубінгів.....	16
3.2 Аналіз способу на суцільну виробку з тимчасовим кріпленням	18
Розділ 4 Розробка моделі ґрунтового масиву та тимчасового кріплення станційних тунелів у процесі будівництва трьохсклепінчастої станції пілонного типу .....	20
4.1 Спосіб скінченних елементів.....	20
4.2. Особливості математичного моделювання в програмному комплексі ЛІРА .....	23
4.2.1. Скінченні елементи плоскої деформації ґрунтів (№ 281, 282, 284) .....	25
4.2.2. Раціональна розбивка на скінченні елементи .....	25

					<i>011.170005.MP.2021.000</i>
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
Розробив		Вотченко Д.Ю.			Зміст
Керівник		Купрій В.П.			
Керів.розділу		Купрій В.П.			
Консульт.					
Н.контроль		Тютюкін О.Л.			
					Літ.    Арк.    Аркушів

4.3. Розробка скінченно-елементної моделі тимчасового кріплення виробки .....	27
4.3.1. Моделювання зони взаємодії тимчасового кріплення з ґрунтовим масивом за допомогою скінченних елементів № 282 та 284 .....	28
4.4 Тимчасове кріплення виробки станційних тунелів .....	29
4.5 Розробка моделі станційної оправи та ґрунтового масиву.....	30
5.1 Етапи модулювання .....	35
5.2 Проходка лівого та правого станційного тунелю .....	38
5.3 Проходка правого станційного тунелю .....	41
5.4 Проходка центрального станційного тунелю .....	43
5.6 Розрахунок на міцність тимчасового кріплення станційних тунелів .....	47
5.5 Висновки .....	51
Розділ 6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	52
6.1 Вимоги безпеки праці під час проходки тунелю .....	52
6.2 Вимоги при проведенні вибухових робіт .....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	62

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Конструкції станцій метрополітенів глибокого закладення залежать у першу чергу від інженерно-геологічних умов, а також від матеріалів, які використовуються для конструкцій оправ станційних тунелів.

Трьохсклепінчасті станції метрополітенів пілонного типу проектують і будують у складних інженерно-геологічних умовах. Для несучих конструкцій таких станцій використовують залізобетонні блоки, залізобетонні тюбінги або чавунні тюбінги.

Факторами, що визначають особливості статичної роботи конструкцій трьохсклепінчастих станцій метрополітену, є тип конструкції станційних споруд, їхні обриси й геометричні розміри елементів, матеріал оправ станційних тунелів, глибина закладення станції від земної поверхні, інженерно-геологічні умови розташування станцій, величина й характер діючого на станційні тунелі гірського тиску, а також методи будівництва та порядок виконання робіт зі спорудження [16].

Спорудження трьохсклепінчастих станцій метрополітену пілонного типу є найбільш складна та трудомістка частина підземного будівництва з високим рівнем фінансових та матеріальних витрат, тому правильне врахування напружено-деформованого стану ґрунтового масиву у процесі будівництва дає велику економію і зменшує ризики безпеки виконання робіт.

Вибір способу будівництва та порядок виконання робіт залежить від інженерно-геологічних умов, конструктивних особливостей станції та зміни напружено-деформованого стану ґрунтового масиву у процесі будівництва.

**Актуальність теми.** У технічній літературі та у навчальних посібниках порівняно широко представлені методи статичного розрахунку оправ перегінних тунелів метрополітенів, але у меншій мірі представлені методи розрахунку конструкцій станцій метрополітену глибокого закладення.

					<i>011.170005.MP.2021.000</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Вотченко Д.Ю.				Вступ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Купрій В.П.							
Керів.розділу	Купрій В.П.							
Консульт.								
Н.-контроль	Тютькін О.Л.							

Відсутність досить повно розроблених методів розрахунку конструкцій станцій глибокого закладення пояснюється більшою кількістю важко встановлюваних факторів, що впливають на їхню статичну роботу, і складністю розрахункового апарата, за допомогою якого отримується числове вираження напружено-деформованого стану. А також в існуючих методах розрахунку розглядається етап, коли оправа станції вже побудована та набрала розрахункової міцності і сприймає діючі навантаження.

**Мета роботи.** Отримати закономірності напружено-деформованого стану ґрунтового масиву та тимчасового кріплення на проміжних етапах спорудження станційних тунелів, на які впливають будівельні процеси розробки ґрунту та зведення тимчасового кріплення.

**Методи дослідження.** Моделювання напружено-деформованого стану тимчасового кріплення станційних тунелів та ґрунтового масиву на проміжних етапах будівництва методом скінченних елементів за допомогою програмного комплексу Lira for Windows.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 1

### Аналіз інженерно-геологічних умов будівництва трьохсклепінчастої станції метрополітену

Станції метрополітену являють собою просторову конструкцію, на яку впливає тиск навколишніх гірських порід.

Інтенсивність силових впливів обумовлюється властивостями прорізуваних виробкою порід, характером нашарувань, гідрогеологічним режимом підземних і поверхневих вод, і поруч інших геологічних ознак, що підлягають дослідженню в процесі вишукування.

При проектуванні станції метрополітену враховуються багато різних інженерно-геологічних факторів, а також характер її взаємодії з навколишньою породою.

Будівництво тунелю, його 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 вишукування району, наміченого для будівництва тунелю. Геологічна експертиза, що узагальнює результати цих досліджень, повинна дати відповідь на всі запитання, що цікавлять будівельників, передбачити труднощі, що можуть виникнути в процесі будівництва й експлуатації тунелю, і рекомендувати найбільш сприятливе в геологічному відношенні положення траси. Помилки або неправильні висновки експертизи можуть дуже негативно вплинути на хід, вартість і терміни будівництва, а також на умови експлуатації тунелю.

За результатами вишукування, проведених за допомогою буріння, складається зведений інженерно-геологічний звіт, що складається з первинних документів, загальної частини й інженерно-геологічних висновків.

					011.170005.MP.2021.000			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Вотченко Д.Ю.				Розділ 1 Аналіз інженерно-геологічних умов будівництва трьохсклепінчастої станції метрополітену	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Купрій В.П.							
Керів.розділу	Купрій В.П.							
Консульт.								
Н.-контроль	Тютюкін О.Л.							







## Розділ 2

### Аналіз та розрахунок конструкції станції із збірного залізобетону

#### 2.1 Аналіз конструкції трьохсклепінчастої станції пілонного типу

Станція пілонного типу будується шляхом прокладання трьох паралельних станційних тунелів які з'єднуються проходами, станція має три зали які відокремленні один від одного пілонами з проходами між ними. Круговий обрис тунелів що утворюють станційне спорудження, і відносно невеликий проліт виробок забезпечує однотипність робіт і безпеку їх проведення.

Трьохсклепінчаста станція пілонного типу споруджують закритим способом, так як глибина залягання 40 м. Особливість конструктивної схеми пілонів станції полягає в тому, що кожен шлях з посадочними платформами і розподільний зал станції розташовані в різних тунелях. Тунелі знаходяться на відстані, яке виключає дотик і перетин їх оправ. Приймається конструкція станції на підставі техніко-економічних міркувань і звичайно ж з урахуванням інженерно-геологічних умов та особливостей експлуатаційної роботи станції.

#### 2.2 Розрахунок параметрів конструкції трьохсклепінчастої станції пілонного типу

Основними розмірами станції це ширина і довжина посадкових платформ, довжина і ширина середнього залу станції, висота станції, ширина і висота проходів. Розрахунок виконується відповідно до [15].

Визначення основних розмірів станції.

1. Визначення довжини пасажирської платформи:

$$L_{ст} = l_p \cdot n + a = 19,2 \cdot 5 + 2 = 98 \text{ м.} \quad (2.1)$$

					011.170005.MP.2021.000			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 2 Аналіз та розрахунок конструкції станції із збірного залізобетону	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Вотченко Д.Ю.						
Керівник		Купрій В.П.						
Керів.розділу		Купрій В.П.						
Консульт.		Тютюкін О.Л.						
Н.-контроль		Тютюкін О.Л.						

$$98/0,75=131 \text{ м.}$$

$$131 \cdot 0,75=98,25 \text{ м.}$$

$$L_{CT} = 98,25 \text{ м.}$$

де:  $l_B$  – довжина вагону ( $l_B=19,2$  м);

$a$  – запас на неточність ( $a=2$  м);

$n$  – кількість вагонів ( $n= 5$  шт).

2. Площа платформи визначається з урахуванням кількості пасажирів :

$$\omega = n_{пл} \cdot \eta , \quad (2.2)$$

де:  $\eta=0,75 \text{ м}^2/\text{чол}$  - густина заповнення платформ;

$n_{пл}$  - кількість пасажирів, які знаходяться на платформі, чол.;

$$n_{пл} = A \cdot n \cdot k_{пв} = 170 \cdot 5 \cdot 0,6 = 510 \text{ чол.} \quad (2.3)$$

де:  $A=170$  чол. - розрахункова величина заповнення вагона;

$k_{пв} = 0,2 \dots 0,5$  (для станцій, які розташовані біля театрів, парків, вокзалів

$k_{пв} = 0,5 \dots 1$ ) коефіцієнт посадки-висадки пасажирів.

$$\omega = n_{пл} \cdot \eta = 510 \cdot 0,75 = 382,5 \text{ м}^2.$$

3. Розрахункова довжина платформи визначається з урахуванням відстані від початку поїзда до перших дверей і від останніх до кінця поїзда:

$$l_p = L_{CT} - 7 = 98,25 - 7 = 91,25 \text{ м.} \quad (2.4)$$

4. Необхідна ширина платформи для посадки пасажирів трисклепінчастих станцій пілонного типу ( $b \geq 3,2$  м):

$$b = \frac{\omega}{l_p} + 0,45 = \frac{382,5}{91,25} + 0,45 = 4,6 \text{ м.} \quad (2.5)$$

5. Ширина середньої зали станції повинна становити не менше 1/4 довжини пасажирської платформи:

$$b_{сер} = \frac{L_{пл}}{4} = \frac{98,25}{4} = 24,56 \text{ м.} \quad (2.6)$$

6. Кількість проходів між середньою залюю і боковими платформами:

$$m = \frac{60 \cdot n_{пл} \cdot k}{4000 \cdot b_{пр} \cdot t} \quad (2.7)$$

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



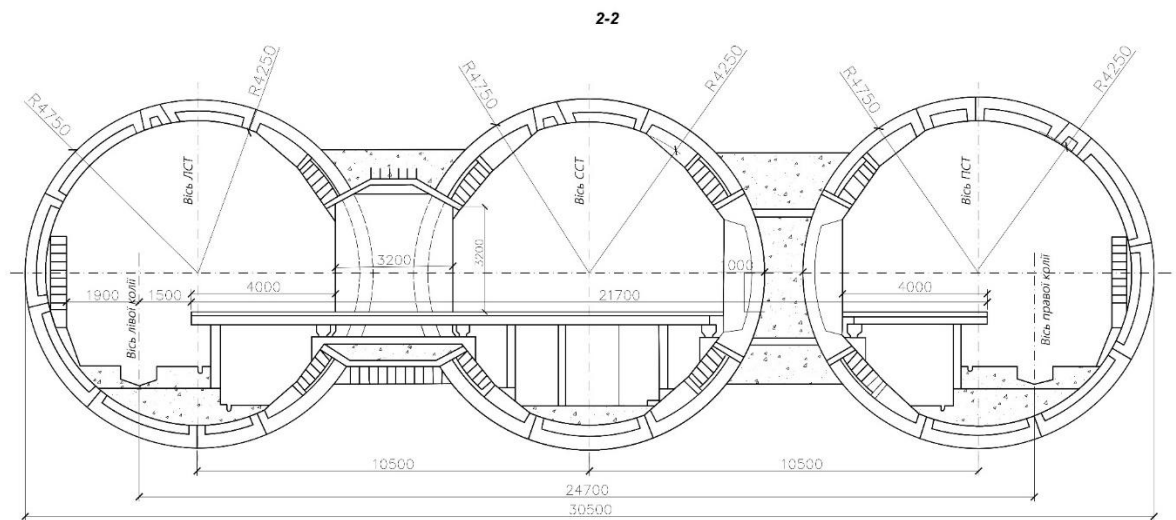


Рисунок 2.2 – Конструкція трисклепінчасті станції пілонного типу з  
оправою із залізобетонних тьюбінгів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

011.170005.MP.2021.000

Арк.

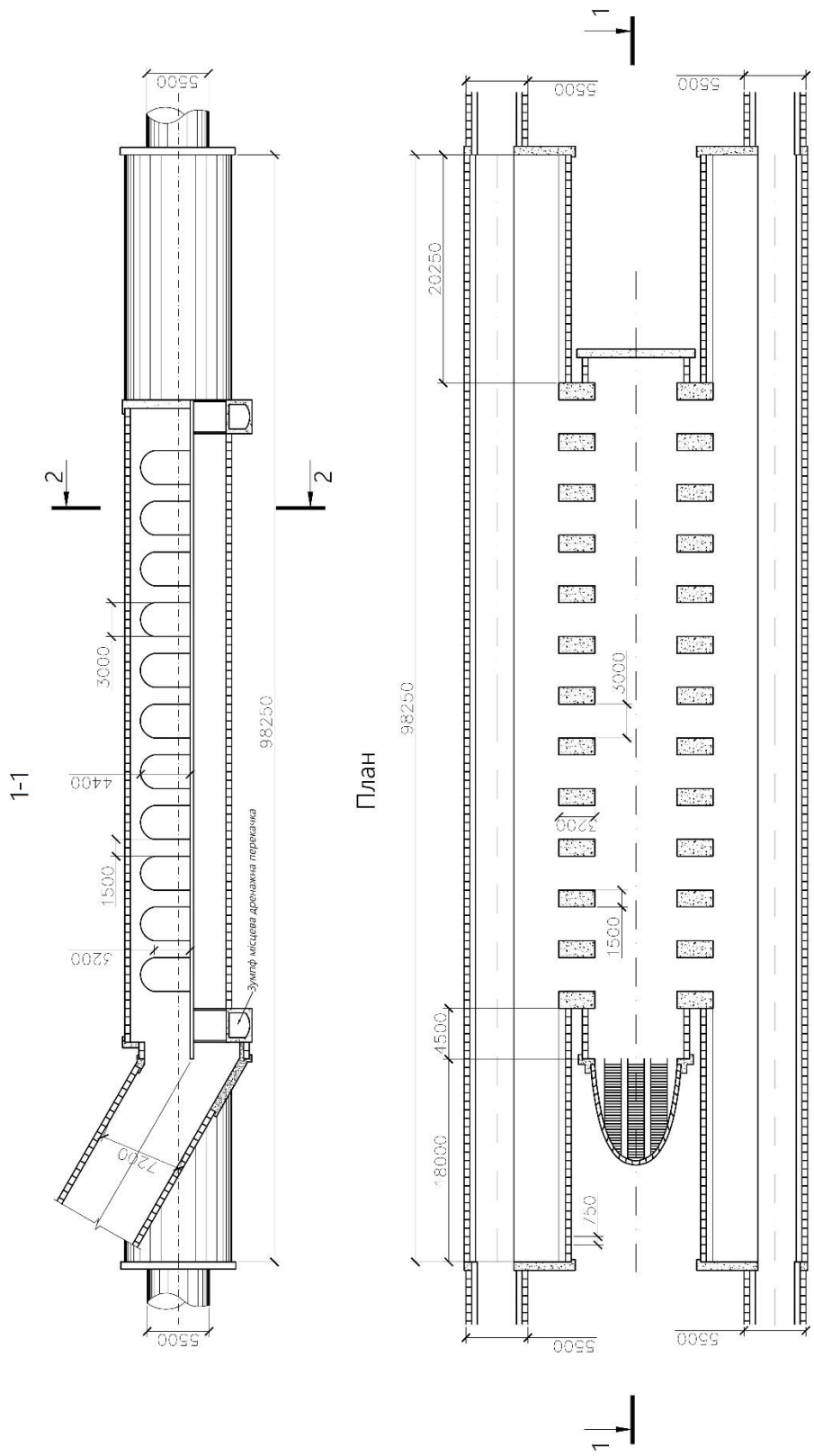


Рисунок 2.3 – Конструкція трисклепінчасті станції глибокого закладення пілонного типу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

011.170005.MP.2021.000

Арк.

### Розділ 3

## Аналіз способів спорудження станції пілонного типу із залізобетонних тубінгів

### 3.1 Аналіз способу будівництва станції способом пілот-тунелю

Конструкція пілонної станції допускає незалежну проходку паралельних станційних тунелів з подальшим з'єднанням їх поперечними проходами. Суть методу полягає в тому, що виробітку станційного тунелю розкривають до розміру основного станційного тунелю в два прийоми: на початку проходять тунель меншого перетину з чавунних тубінгів діаметр 5,5 м (пілот-тунель), а потім розкривають виробку до проектного контуру діаметром 8,5 м [33].

Це дозволяє розділити значну за розмірами площу забою на дві виробки меншого перетину та використовувати оправу пілот-тунелю як надійну опору для кріплення основного тунелю.

Через порівняно невеликої довжини станційних тунелів до робіт з розширенням виробки приступають після завершення проходки пілот-тунелю.

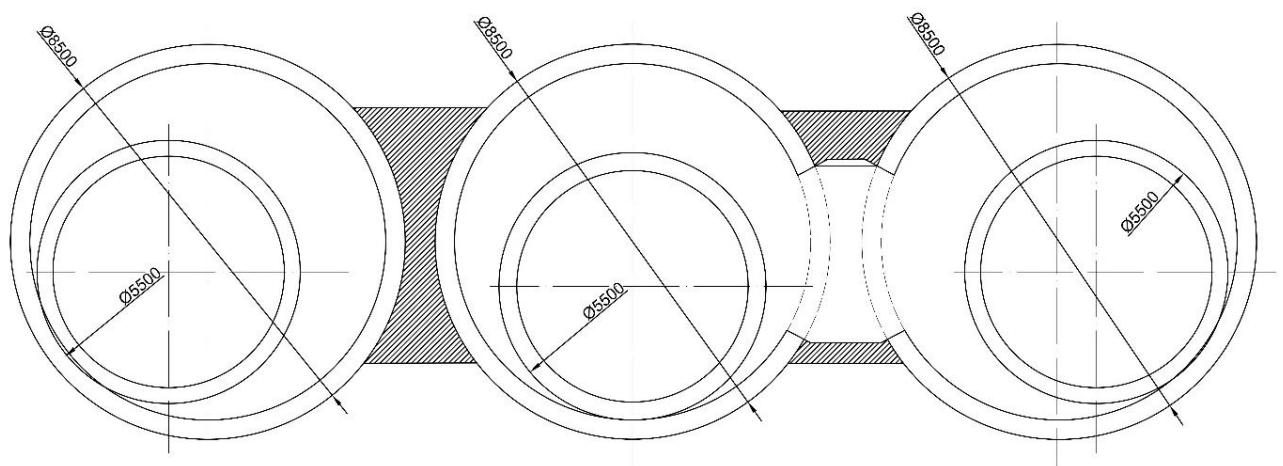


Рисунок 3.1 – Схема проходки станційних тунелів способом пілот-тунелю

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив	Вотченко Д.Ю.				Літ.	Арк.	Аркушів		
Керівник	Купрій В.П.								
Керів.розділу	Купрій В.П.				Розділ 3 Аналіз способів спорудження станції пілонного типу із залізобетонних тубінгів				
Консульт.									
Н.-контроль	Тютякін О.Л.								





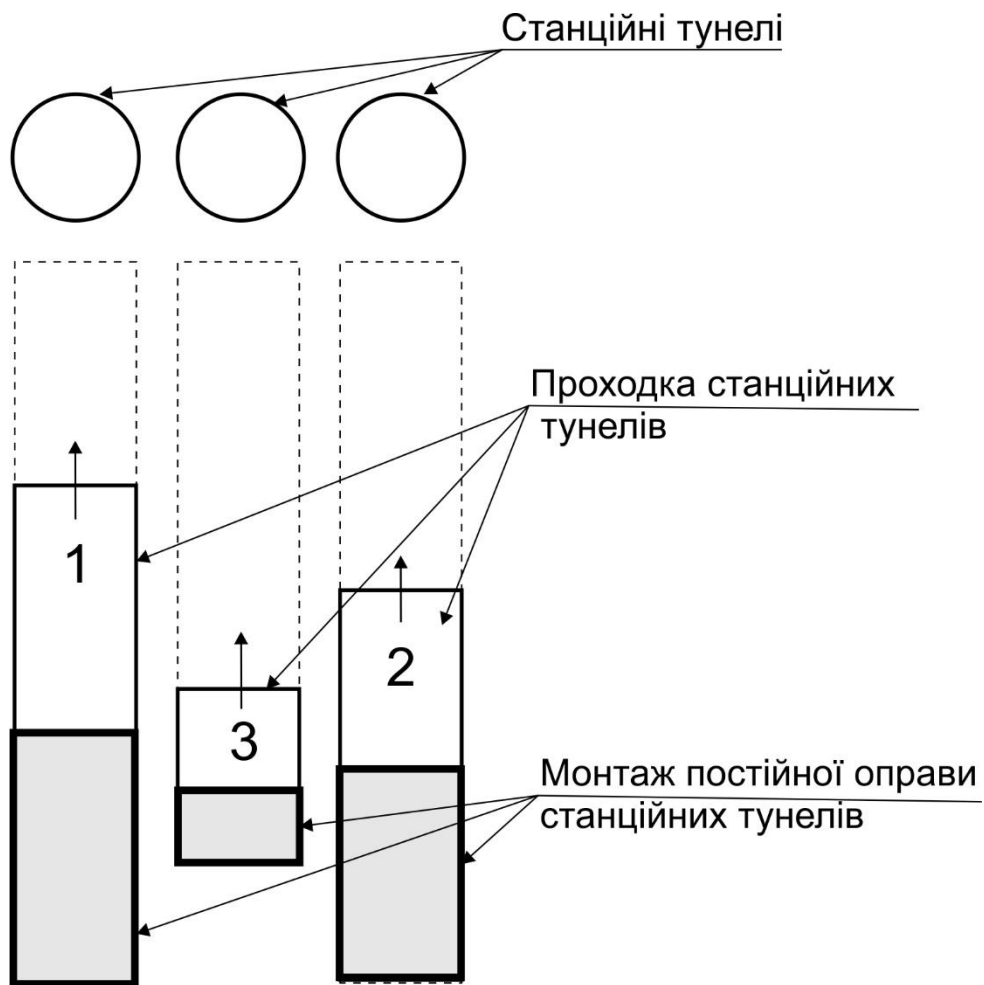


Рисунок 3.4 – Порядок проходки станційних тунелів способом суцільного забою

При проходці станційних тунелів способом суцільного забою, монтаж постійної оправи станційних тунелів виконується з відставанням від забою виробок, що дозволяє вести роботи по проходці і монтажу одночасно.

При такій технології важливим фактором, який впливає на порядок робіт є напружено-деформований стан гірського масиву.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 4

### Розробка моделі ґрунтового масиву та тимчасового кріплення станційних тунелів у процесі будівництва трьохсклепінчастої станції пілонного типу

#### 4.1 Спосіб скінченних елементів

Для розрахунку складних конструкцій, а станція метрополітену пілонного типу є такою конструкцією, використовують розрахункові програми, які базуються на методі скінчених елементів. Суть методу скінченних елементів полягає у наступному. З нескінченного масиву виокремлюється деяка область, яку необхідно дослідити, наприклад, навколо досліджуваної виробки (рис. 4.1, а) [12].

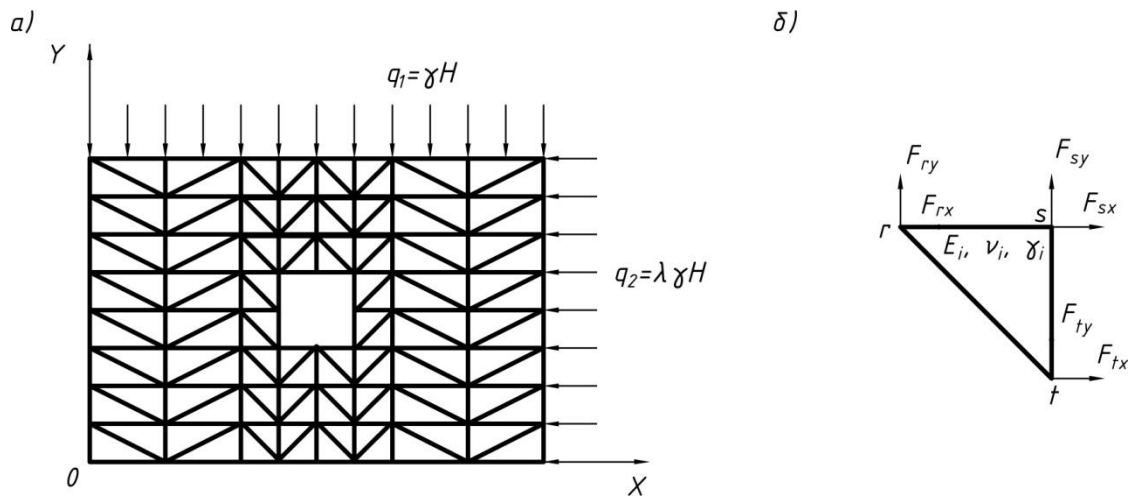


Рисунок 4.1 – Скінченно-елементна апроксимація досліджуваної області (а) та її довільний і-й елемент (б)

Дію відкинутої частини масиву замінюється зусиллями, які прикладені на гранці області:

$$\sigma_y = -\gamma H; \sigma_x = -\lambda \gamma H \quad (4.1)$$

					011.170005.MP.2021.000			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Вотченко Д.Ю			Розділ 4 Розробка моделі ґрунтового масиву та тимчасового кріплення станційних тунелів у процесі будівництва трьохсклепінчастої станції пілонного типу	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Купрій В.П.						
Керів.розділу		Купрій В.П.						
Консульт.								
Н.-контроль		Тют'якін О.Л.						



Поставлена задача буде вирішена , якщо будуть відомі переміщення вузлів під дією прикладеного навантаження. А вони, в свою чергу, пов'язані з зусиллями у вузлах, тобто з вектором  $\{F\}$ . Цей зв'язок виходить з наступної умови: робота вузлових сил по переміщенню вузлів повинна бути рівною роботі внутрішніх сил, тобто напружень. Для трикутного елемента, ця умова дає рівняння:

$$\{F\}_e = [k]_e \{\delta\}_e, \quad (4.3)$$

де:  $[k]_e$  – так звана матриця жорсткості елемента [50].

Матриця жорсткості елемента утворюється наступним чином:

$$[k]_e = \frac{h}{2s} B^T D B, \quad (4.4)$$

Головним етапом створення скінченно-елементної моделі є побудова для всієї системи узагальненої матриці жорсткості, в яку входять жорсткості кожного елемента. При цьому всі зовнішні навантаження приводяться до вузловим сил.

Для лінійних задач справедливий принцип суперпозиції. Із множини векторів  $\{F\}_e$  та  $\{\delta\}_e$  формується узагальнений вектор сил  $\{F\}$  та вектор переміщень вузлів  $\{U\}$ , які пов'язані між собою рівнянням:

$$\{F\} = K\{U\}, \quad (4.5)$$

де:  $K$  – узагальнена матриця жорсткості системи, елементами якої є матриці жорсткості кожного скінченного елемента .

Це рівняння, яке записано у матричній формі, представляє собою систему лінійних рівнянь:

$$\begin{aligned} U_1 K_{11} + V_1 K_{12} + U_2 K_{13} + V_2 K_{14} + \dots + U_{2n} K_{1,2n-1} + V_{2n} K_{1,2n} &= F_{x1} \\ U_1 K_{21} + V_1 K_{22} + U_2 K_{23} + V_2 K_{24} + \dots + U_{2n} K_{2,2n-1} + V_{2n} K_{2,2n} &= F_{y1} \\ &\dots \\ U_1 K_{2n-1,1} + V_1 K_{2n-1,2} + U_2 K_{2n-1,3} + V_2 K_{2n-1,4} + \dots + U_{2n} K_{2n-1,2n-1} \\ &\quad + V_{1n} K_{2n-1,2n} == F_{xn} \\ U_1 K_{2n,1} + V_1 K_{2n,2} + U_2 K_{2n,3} + V_2 K_{2n,4} + \dots + U_{2n} K_{2n,2n-1} + V_{2n} K_{2n,2n} &= F_{yn} \end{aligned} \quad (4.6)$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	011.170005.MP.2021.000					





Кроковий процесор дозволяє комбінувати лінійні та нелінійні скінченні елементи.

Бібліотека фізично нелінійних скінченних елементів має елементи, які дозволяють моделювати роботу ґрунту: скінченний елемент № 281 (прямокутний елемент ґрунту), № 282 (трикутний елемент ґрунту), № 284 (універсальний чотирикутний елемент ґрунту).

#### **4.2.1. Скінченні елементи плоскої деформації ґрунтів (№ 281, 282, 284)**

Скінченні елементи плоскої деформації ґрунтів призначені для дослідження плоскої деформації ґрунтів. Урахування специфікації ґрунтів проводиться на основі залежності Мора-Кулона для максимально дотичного напруження:

$$\sigma_1 - \sigma_2 \leq -\sin(\varphi) \times (\sigma_1 + \sigma_2) + 2 \times C \times \cos(\varphi), \quad (4.7)$$

де:  $\sigma_1 \geq \sigma_2$  – головні напруження;

$C$  – зсувне зчеплення;

$\varphi$  – кут внутрішнього тертя.

Розрахунок проводиться кроково-ітераційним методом.

#### **4.2.2. Раціональна розбивка на скінченні елементи**

При вирішенні великої задачі, в якій густа сітка недопустима, а крупна розбивка не дає достатньо повної картини напружено-деформованого стану конструкції.

Якщо необхідно отримати більш точне рішення і для верхніх поверхів, то виконують розбивку на скінченні елементи наприклад, по рис. 4.1.

Вирішуючи задачу декілька разів, можна використовувати розрахунок укрупненої схеми із наступною фрагментацією її частин.

Фрагментація полягає в послідовному вирізанні, зменшенні та детальному розрахунку деякої області конструкції. Такий підхід

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	011.170005.MP.2021.000				



Впливи на вузли фрагменту від відкинutoї частини конструкції необхідно задавати у вигляді заданих переміщень, отриманих в результаті по укрупненій схемі. Для виробки кругового обрису задача ускладнюється.

#### **4.3. Розробка скінченно-елементної моделі ґрунтового масиву, який оточує виробку кругового окреслення та тимчасового кріплення виробки**

Моделювання взаємодії тимчасового кріплення з оточуючим ґрунтовим масивом ведеться для повного перерізу виробки станційного тунелю для будівництва станції метрополітену.

Моделювання оточуючого виробку ґрунтового масиву ведеться за допомогою прямокутних, універсальних чотирикутних та трикутних скінченних елементів (№ 281, 284, 282), які враховують особливі властивості ґрунтового масиву. Робота тимчасового кріплення моделюється за допомогою стержневих скінченних елементів. Загальний вигляд моделі показано на рисунку 4.3.

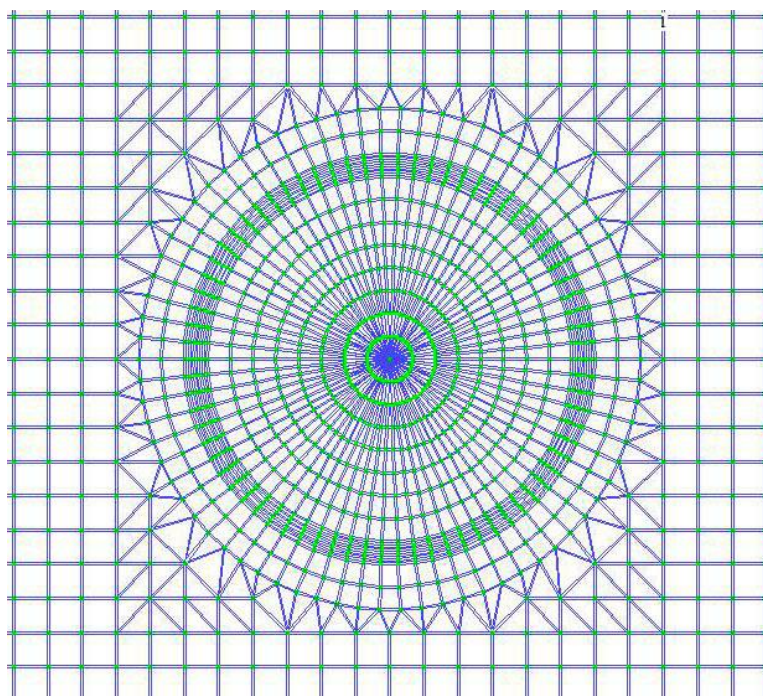


Рисунок 4.3 – Розбивка моделі на скінченні елементи біля тимчасового кріплення

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 4.3 ґрунтовий масив змодельовано за допомогою скінченних елементів № 281 розміром 0.5×0.5 м. Виробка має розміри: ширина – 8.5 м, висота – 8.5 м. Повна модель ґрунтового масиву має розміри: ширина – 55.5 м, висота – 58.5 м. Тимчасове кріплення моделюється за допомогою стержневих скінченних елементів № 10 довжиною 0.569 м.

Оскільки клепіння виробки має коловий обрис, то змоделювати ґрунтовий масив за допомогою тільки прямокутних скінченних елементів неможливо. Частина моделі в зоні взаємодії тимчасового кріплення з ґрунтовим масивом зображено на рисунку 4.3.

Ґрунтовий масив у зоні взаємодії з тимчасовим кріпленням моделюється за допомогою трикутних та універсальних чотирикутних скінченних елементів № 282 та 284.

#### **4.3.1. Моделювання зони взаємодії тимчасового кріплення з ґрунтовим масивом за допомогою скінченних елементів № 282 та 284**

У ПК «Ліра» моделювання ґрунтового масиву в зоні взаємодії з тимчасовим кріпленням проводиться за допомогою інструменту «Створення та тріангуляція контуру». За допомогою цього інструменту програмний комплекс «Ліра» автоматично змоделює ґрунтовий масив з трикутних або чотирикутних скінченних елементів. Результати тріангуляції контуру зображено на рисунку 4.4.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





#### 4.5 Розробка моделі станційної оправи та ґрунтового масиву

Застосування методу скінченних елементів (МСЕ) дозволяє значно наблизити розрахункову схему до реальної конструкції станції, дає можливість урахувати найбільш важливі властивості ґрунтового масиву, а також реальну форму станційних тунелів. Використання МСЕ найбільше ефективно в тих випадках, для яких не є точних аналітичних рішень: для розрахунку конструкцій складної конфігурації; розрахунку опор, розташованих у неоднорідному ґрунтовому масиві; врахуванню етапів зведення опор.

Ґрунти моделюються фізично нелінійними чотирикутними, трикутними кінцевими елементами плоскої деформації ґрунтів (КЕ 281, 282, 284), тимчасове кріплення моделюється брусом 20×100 см (КЕ 10), анкера моделювалися КЕ 208 (спеціальний фізично нелінійний елемент). Шар граніту, в якому проходяться станційні тунелі моделювався трьох і чотирьох кутніми кінцевими елементами № 282 та 284, які більш точно відображають роботу скельного ґрунту та його фізичні і механічні характеристики.

Кожному шару ґрунту, що знаходиться в розрізі над тунелем, задавалися характеристики кінцевих елементів відповідно до геотехнічних параметрів ґрунтів, наведених вище. Властивості шару граніту прийняті наступні: питома вага = 26 кН/м<sup>3</sup>,  $C = 343$  кПа, кут внутрішнього тертя = 57,0°,  $E = 2565000$  кПа.

На рисунку 4.6 наведено кінцево-елементну модель ґрунтового масиву в межах проходки станційних тунелів.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Моделювання напружено-деформованого стану оправ станційних тунелів та ґрунтового масиву ведеться за допомогою прямокутних, універсальних чотирикутних та трикутних скінченних елементів (№ 281, 284, 282), які враховують особливі властивості ґрунтового масиву. Масив має розмір 58,5 м. на 55,5 м.. Робота постійних оправ станційних тунелів моделюється за допомогою стрижневих скінченних елементів. Загальний вигляд моделі показано на рисунку 4.8.

Заруження 1

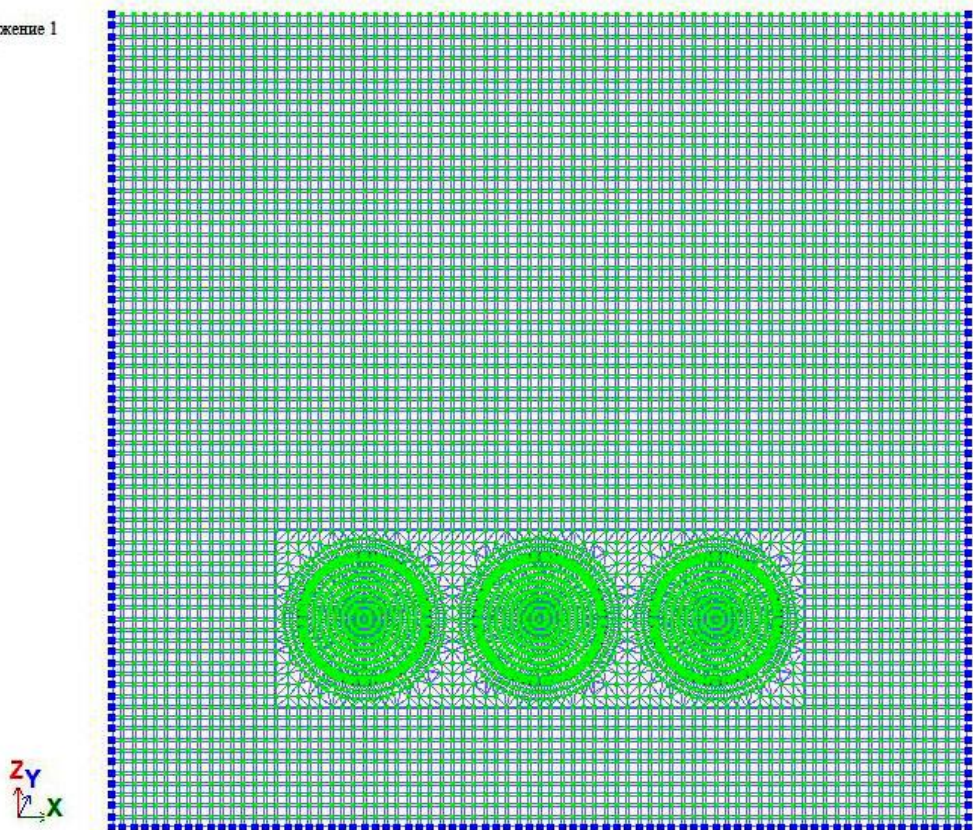


Рисунок 4.8 – Скінченно-елементна модель ґрунтового масиву

Оскільки склепіння виробок має коловий обрис, то змоделювати ґрунтовий масив за допомогою тільки прямокутних скінченних елементів неможливо. Частина моделі в зоні взаємодії оправ станційних тунелів з ґрунтовим масивом зображено на рисунку 4.9.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стадія 1

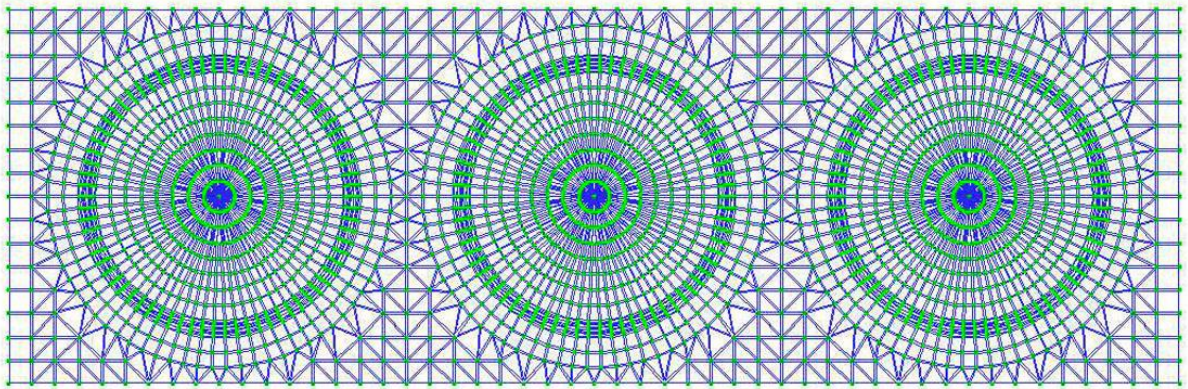


Рисунок 4.9 – Скінченно-елементна модель ґрунтового масиву в місті проходки станційних тунелів.

Стадія 1

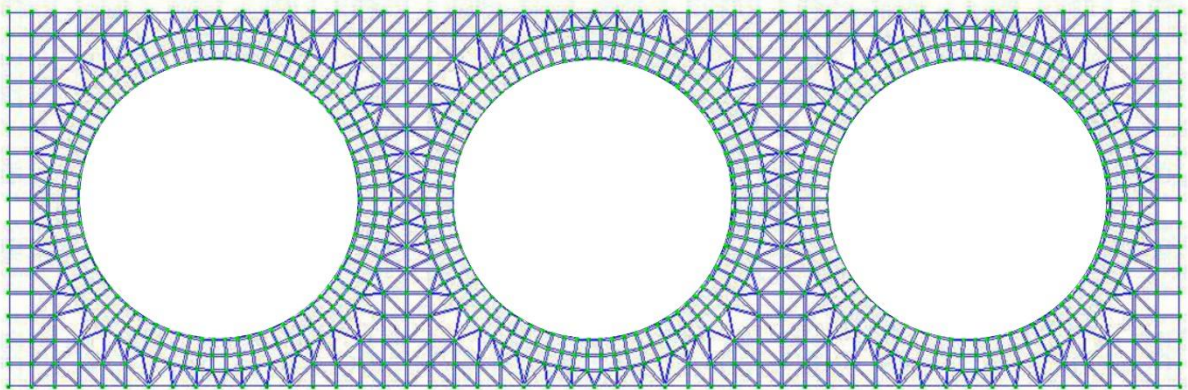


Рисунок 4.10 – Скінченно-елементна модель тимчасового кріплення станційних тунелів та ґрунтового масиву.

Тимчасове торкрет-бетонне кріплення моделюється брусом 20×100 см.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 5

### Моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву та тимчасового кріплення в процесі будівництва станційних тунелів

#### 5.1 Етапи модулювання напружено-деформованого стану

Аналіз досвіду будівництва підземних споруд показує, що найбільш критичні напруження, деформації або ситуації із стійкістю виробок виникають на проміжних етапах виробництва робіт після розробки породи, але до установки тимчасового кріплення, тому аналіз напружено-деформованого стану ґрунтового масиву проводився в двох стадіях, після розробки породи і після установки тимчасового кріплення на кожному етапі робіт.

Моделювання напружено-деформованого стану тимчасового кріплення виробок спільно з ґрунтовим масивом проводилося відповідно до етапів проходження станційного тунелю (рисунок 5.1). Етап розбивався на стадії відповідно до виконуваних робіт.

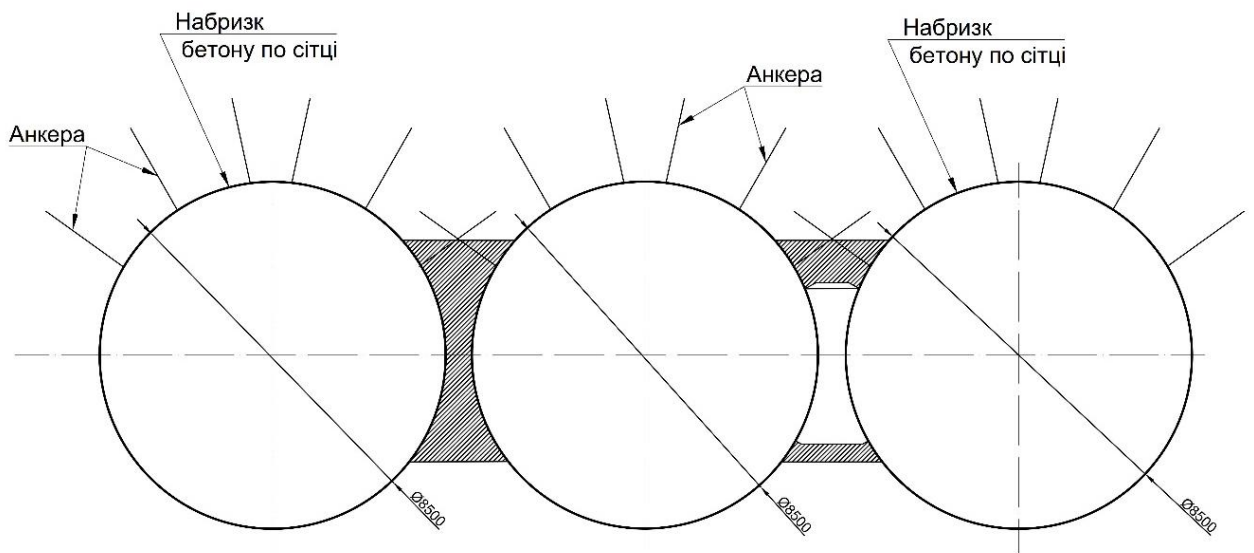


Рис. 5.1. Порядок проходки станційних тунелів

					011.170005.MP.2021.000					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 5 Моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву та тимчасового кріплення в процесі будівництва станційних тунелів			Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив	Вотченко Д.Ю.									
Керівник	Купрій В.П.									
Керів.розділу	Купрій В.П.									
Консульт.										
Н.-контроль	Тютюкін О.Л.									

## Етап 0

Моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву в місці будівництва станції до початку робіт по проходці станційних тунелів.

## Етап 1. Проходка лівого станційного тунелю

Стадія 1.1. Моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву після розробки ґрунту у лівому станційному тунелю до установки тимчасового кріплення.

Стадія 1.2. Моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву після розробки ґрунту у лівому станційному тунелю та установки тимчасового кріплення.

## Етап 2. Проходка правого станційного тунелю

Стадія 2.1. Моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву та тимчасового кріплення у лівому станційному тунелі після розробки ґрунту у правому станційному тунелю до установки у ньому тимчасового кріплення.

Стадія 2.2. Моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву та тимчасового кріплення у лівому станційному тунелі після розробки ґрунту у правому станційному тунелю після установки у ньому тимчасового кріплення.

## Етап 3. Проходка центрального станційного тунелю

Стадія 3.1. Моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву та тимчасового кріплення у лівому та правому станційних тунелів після розробки ґрунту у центральному станційному тунелю до установки у ньому тимчасового кріплення.

Стадія 3.2. Моделювання напружено-деформованого стану ґрунтового масиву та тимчасового кріплення у лівому та правому станційних тунелів після розробки ґрунту у центральному станційному тунелю після установки у ньому тимчасового кріплення.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 5.2 приведені етапи будівництва станційних тунелів, на яких проводилось моделювання напружено-деформованого стану гірського масиву та тимчасового кріплення станційних тунелів в зоні їх взаємного впливу. I етап – проходка лівого станційного тунелю, II етап – проходка правого станційного тунелю паралельно лівому, але з відставанням, III етап – проходка центрального станційного тунелю при пройдених бокових станційних тунелів.

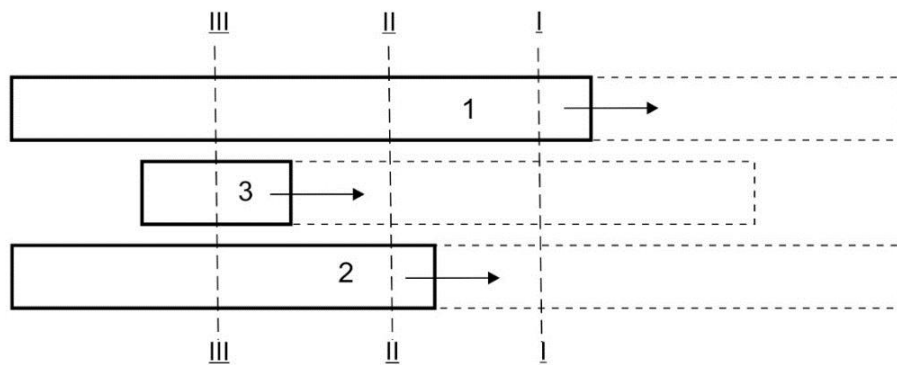


Рисунок 5.2 – Етапи моделювання напружено-деформованого стану при проходці станційних тунелів.

Для перевірки розробленої моделі ґрунтового масиву, до нього прикладаються навантаження від власної ваги і розраховуються деформації масиву по глибині. На рисунку 5.3 показані ізополя деформацій в ґрунтовому масиві по осі Z до початку робіт по проходці станційних тунелів. Горизонтальне розташування ізополів підтверджує правильність розробки моделі ґрунтового масиву та оправу тунелів.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

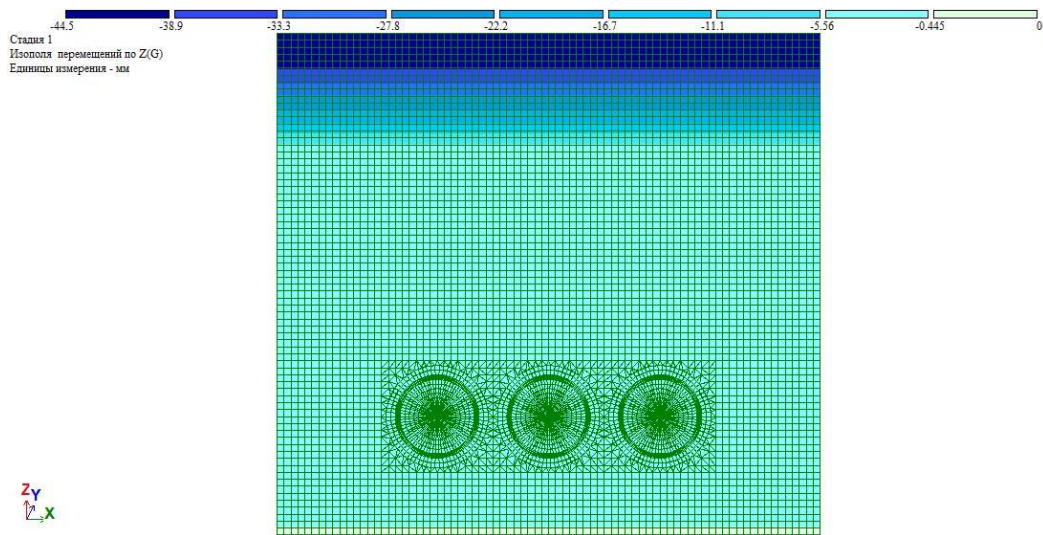


Рисунок 5.3 – Ізополя деформацій в ґрунтовому масиві по осі Z

На рисунку 5.4 показані ізополя деформацій в ґрунтовому масиві по осі Z до початку робіт по проходці станційних тунелів в зоні, яка оточує виробки і оправи станційних тунелів. Оправи і ґрунтовий масив моделюються скінченними елементами різної форми.

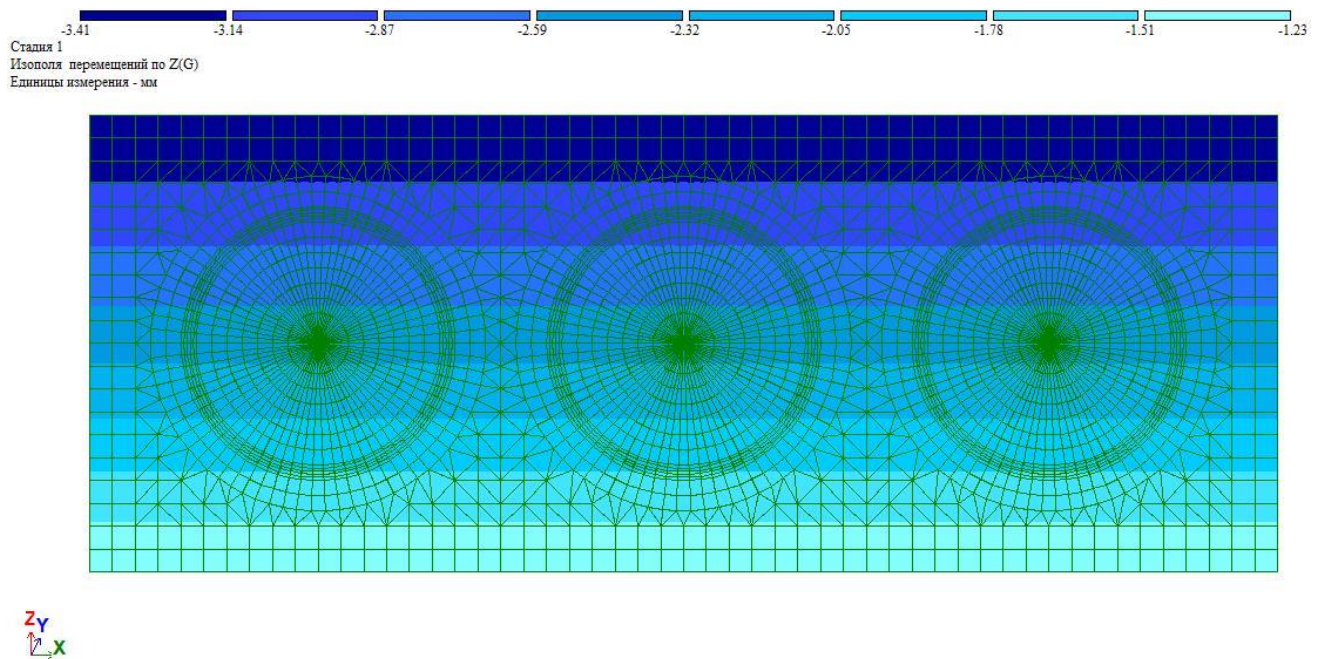


Рисунок 5.4 – Ізополя деформацій в ґрунтовому масиві по осі Z в зоні, яка оточує виробки станційних тунелів.

## 5.2 Проходка лівого та правого станційного тунелю

I етап – проходка лівого станційного тунелю складається з двох стадій, перша стадія – розробка породи на весь переріз станційного тунелю, друга

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





### 5.3 Проходка правого станційного тунелю

Проходка правого станційного тунелю проводиться з відставанням від забою лівого станційного тунелю на 30 – 40 метрів з метою зменшення впливу буро-вибухових робіт на тимчасове кріплення лівого станційного тунелю.

На рисунку 5.8 показані ізополя деформацій по контуру виробок лівого та правого станційних тунелів після розробки породи в правому станційному тунелі, етап II, стадія 1.

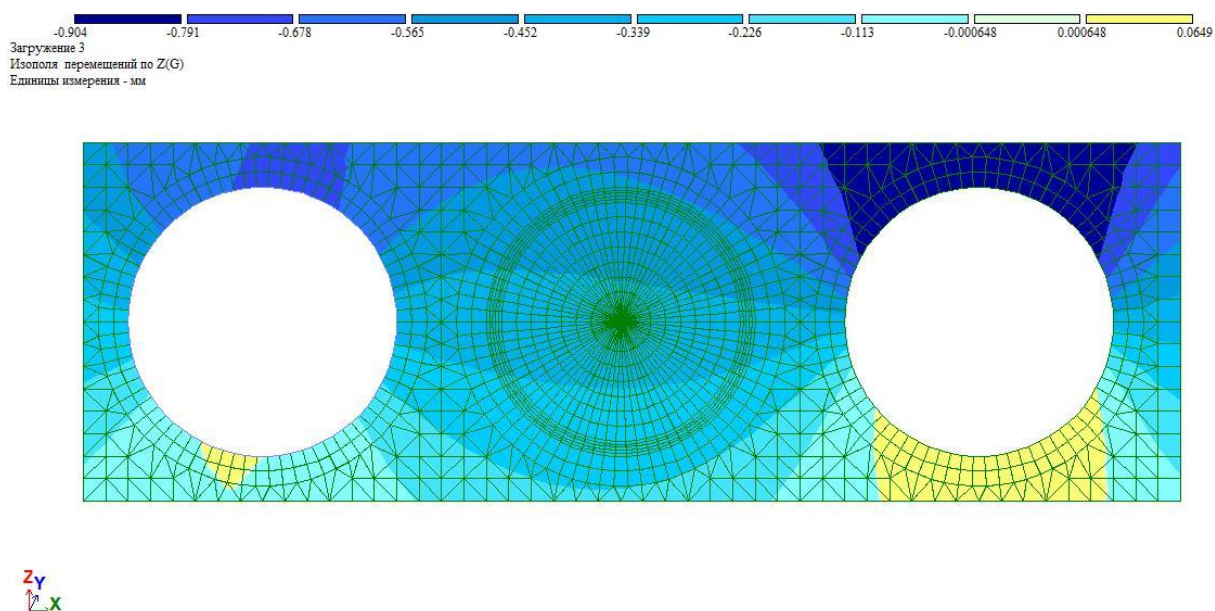


Рисунок 5.8 – Ізополя деформацій по контуру виробок бокових станційних тунелів

Деформація у правому тунелю збільшилась у порівнянні з лівим тунелем, але незначно.

На рисунку 5.9 показані ізополя напружень по осі X по контуру виробок бокових станційних тунелів після розробки породи у правому тунелю, етап II, стадія 1.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





-1.29 -1.13 -0.982 -0.83 -0.678 -0.526 -0.374 -0.222 -0.0701  
 Загруженне 4  
 Ізополя перемещений по Z(G)  
 Единицы измерения - мм

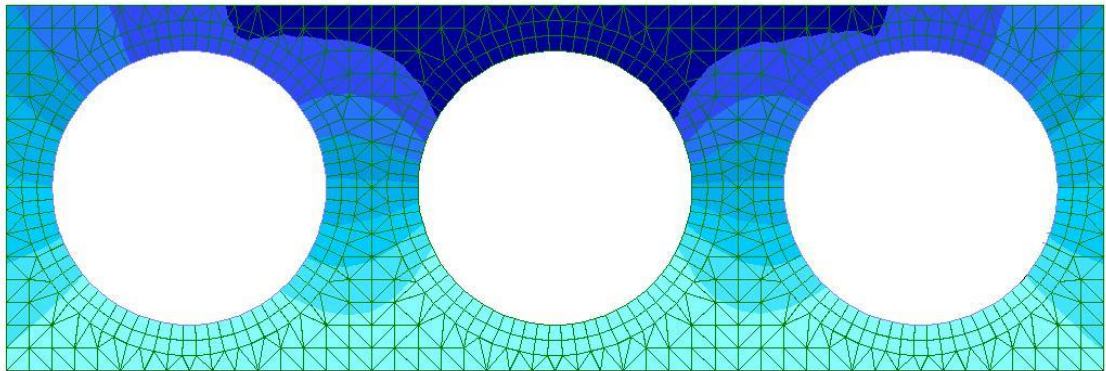


Рисунок 5.12 – Ізополя деформацій по контуру виробок станційних тунелів

Деформація у центральному тунелю збільшилась у порівнянні з боковими тунелями і вже доволі значно.

На рисунку 5.13 показані ізополя напружень по осі X по контуру виробок станційних тунелів після розробки породи в центральному тунелю, етап III.

-94.4 -82.7 -71.1 -59.4 -47.8 -36.2 -24.6 -13 -1.33  
 Загруженне 4  
 Ізополя напружень по Nx  
 Единицы измерения - т/м\*\*2

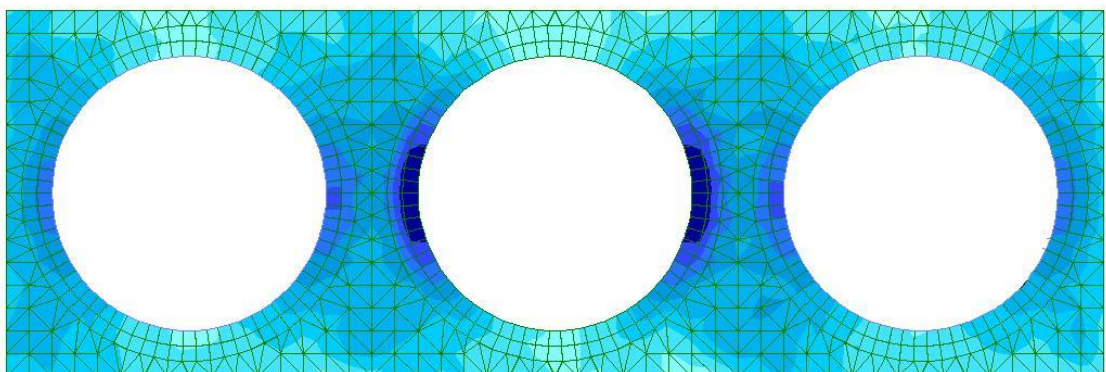


Рисунок 5.13 – Ізополя напружень по осі X по контуру виробок станційних тунелів на III етапі робіт

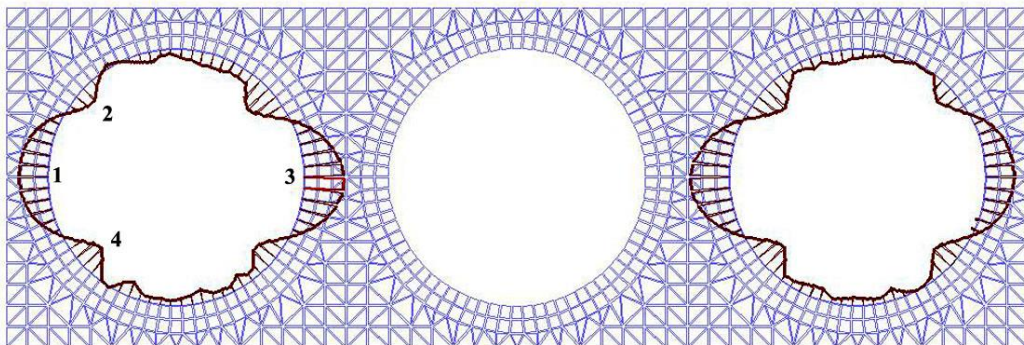
					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальні значення напружень 944 кПа виникають на горизонтальному діаметрі виробки центрального станційного тунелю і в порівнянні з напруженням у бокових тунелях його значення значно збільшилось .

На цьому етапі будівництва виникають найбільш великі напруження у пілонах станційних тунелів при розкритті виробки середнього станційного тунелю III етап рис. 5.13. У цьому випадку зі сторони бічних тунелів фактично знімається відпір породи, і у тимчасовому кріпленні бокових станційних тунелів виникають деформації у бік виробки середнього тунелю, який тримається тільки за рахунок своєї міцності, тому що опір цилін грунту, що залишилися, значно зменшується, а при розробці проходів зовсім відсутній.

На рисунку 5.14 показані епюра моментів в тимчасовому кріпленні бокових станційних тунелів при розробки породи в центральному станційному тунелю, етап III.

Завантаження 4  
Епюра М<sub>у</sub>  
Единиці вимірювання - т\*м



z y  
x  
Минимальное усилие -331831  
Максимальное усилие 331831

Рисунок 5.14 – Епюра моментів в оправі лівого станційного тунелю

Максимальні значення  $M = 33.1$  кН·м виникають на горизонтальному діаметру станційної оправі точки 1, 3 та величини моментів значно збільшуються.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	011.170005.MP.2021.000					





Розрахунковий опір на стиск  $R_b=14,5$  МПа (1450 т/м<sup>2</sup>)

Арматура: А400С

Характерна межа текучості – 40000 т/м<sup>2</sup>

Розрахункова межа текучості – 36364 т/м<sup>2</sup>

Відповідно до п.7.6.4, табл. 5 у ДБН В.1.2-14:2018 [8] для тимчасових споруд приймаємо коефіцієнт надійності щодо відповідальності (коефіцієнт відповідальності)  $\gamma_n = 1,05$ . При цьому всі отримані зусилля  $M$  та  $N$  збільшуються в 1,05 рази.

У перерізі тимчасового кріплення застосовуються два ряди сітки з арматурою  $\varnothing 10$  мм, встановленої з кроком 15 см та арка с трьома стрижнями діаметром 2 по 20 та 25 мм.

Перевірка проводиться на всіх етапах проходки у характерних точках із максимальним моментом або максимальною силою. Величини зусиль беруться із таблиць.

$A_s$  – площа арматури на погонний метр обробки, 0,00281 м<sup>2</sup>

$A_b$  – площа бетону, 0,2 м<sup>2</sup>

**Етап 3, Переріз 3, (див. табл. 1).**

$N = 121,390$  т,  $M = 1,960$  т·м

У розрахунок приймаємо:

$$N = 121,390 \times 1,05 = 127,46 \text{ т.}$$

$$M = 1,960 \times 1,05 = 2,058 \text{ т·м.}$$

$$e = M/N = 2,058/127,46 = 0,016 \text{ м.}$$

З рівняння проєкції всіх сил на вісь  $X$  знаходимо стислу зону бетону

$$127,46 - 1450 \times 1 \times X = 0$$

$$X = 127,46 / 1450 = 0,088 \text{ м.}$$

З рівняння суми моментів щодо розтягнутої арматури визначаємо несучу здатність перерізу

$$127,46 \times 0,068 \leq 36364 \times 0,0014 \times 0,12 + 1450 \times 0,088 \times 0,159$$

$$8,66 \text{ т·м} \leq 6,11 + 20,3 = 26,41 \text{ т·м}$$

Умова міцності виконується.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Етап 3, Переріз 1, (див. табл. 1).**

$$N = 110,107 \text{ т}, M = 2,271 \text{ т}\cdot\text{м}$$

В розрахунок приймаємо:

$$N = 110,107 \times 1,05 = 115,61 \text{ т.}$$

$$M = 2,271 \times 1,05 = 2,38 \text{ т}\cdot\text{м.}$$

$$e = M/N = 2,38/115,61 = 0,020 \text{ м.}$$

Из уравнения проекции всех сил на ось X находим сжатую зону бетона

$$115,61 - 1450 \times 1 \times X = 0$$

$$X = 115,61/1450 = 0,079 \text{ м.}$$

З рівняння суми моментів щодо розтягнутої арматури визначаємо несучу здатність перерізу.

$$115,61 \times 0,061 \leq 36364 \times 0,0014 \times 0,12 + 1450 \times 0,079 \times 0,076$$

$$7,05 \text{ т}\cdot\text{м} \leq 6,11 + 8,706 = 14,82 \text{ т}\cdot\text{м}$$

Умова міцності виконується.

Аналіз згинальних моментів (рис. 5.16...) свідчить, що на I етапі їх максимальні значення (19,2 кН·м) виникають на горизонтальному діаметрі станційної оправи у точці 1. Несиметричність моментів виникла із-за впливу граничних умов в моделі ґрунтового масиву. На II етапі максимальні значення (21,1 кН·м) виникають нижче горизонтального діаметру станційної оправи, змінюючи знак, але і у точках 1,3 на горизонтальному діаметру значення моментів збільшується. На III етапі максимальні значення (33,1 кН·м) виникають на горизонтальному діаметру станційної оправи (точки 1, 3), значно збільшуючись. [16]

Графіки залежності величини зусиль в точках 1, 3 від етапів будівництва станції показані на рисунку 5.17.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



тимчасового кріплення та монтажу постійної оправи станційних тунелів (рисунок 5.19).

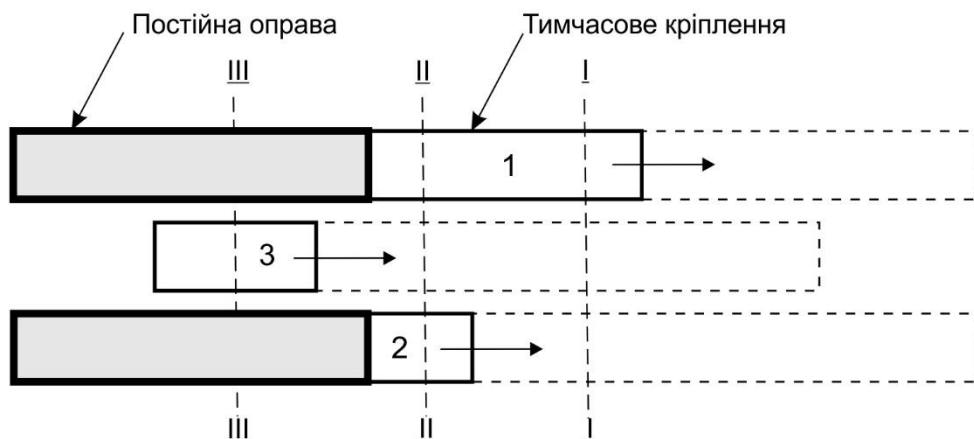


Рисунок 5.19 – Схема проходки станційних тунелів з установкою тимчасового кріплення та монтажу постійної оправи станційних тунелів

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 6

### Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

#### 6.1 Вимоги безпеки праці під час проходки тунелю

Усі роботи, що проводяться у тунелях, повинні відповідати вимогам Правил безпеки під час будівництва підземних споруд. До початку робіт необхідно привести робоче місце та проходи у стан, що забезпечує повну безпеку. Слід переконатися, щоб на шляху руху транспортних засобів не було працівників, а також вжито заходів щодо забезпечення переміщень вантажів та матеріалів за розробленими схемами, затвердженими керівником будівельного підрозділу. Прохід до місця робіт дозволяється лише за встановленими для цього маршрутами. За неосвітленими виробками будь-який рух забороняється [4].

Кожен працівник перед початком роботи повинен отримати цільовий інструктаж на робочому місці. Кожен працівник повинен точно знати значення сигналів, що подаються під час роботи механізмів та машин. Будь-який незрозумілий робочим сигнал, слід вважати сигналом зупинки.

У разі необхідності освітлення робочих місць переносними світильниками використовуються електросвітильники напругою не вище 46 В у приміщеннях, а поза приміщеннями – не вище 12 В. При цьому ручні електросвітильники повинні бути лише заводського виготовлення.

Підземні виробки, роботи в яких тимчасово призупинені, повинні бути огорожені або закриті міцними та щільними щитами з метою унеможливлення проходу по них працівників. Відновлення робіт у таких виробках допускається лише з дозволу керівника робіт після приведення їх у безпечний стан.

					<i>011.170005.ДР.2021.000</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Вотченко Д.Ю.				Розділ 6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Купрій В.П.							
Керів.розділу								
Консульт.								
Н.-контроль	Тютюкін О.Л.							

Перед початком роботи керівник робіт повинен упевнитися відповідно до кріплення затвердженого паспорта, у забезпеченості робочих місць засобами пилепридушення та пожежогасіння, а також у справності запобіжних пристроїв, механізмів, кабельної мережі, огорож, підвісних полків, настилів та риштування. Забороняється розпочинати роботи до повного усунення виявлених неполадок .

При технологічних перервах чи під час відпочинку перебувати у забої та інших небезпечних місцях забороняється. Для цього всім працівникам слід відійти від забою на відстань не менше ніж 20 м.

При підході поїзда до тунелю, всі працюючі повинні ховатися в нішах. Виходити з ніш і розпочинати роботу після проходу поїзда можна лише з дозволу керівника робіт. У двоколійному тунелі, в якому один шлях закритий для руху поїздів, перед проходом поїзда працівники повинні ставати в один ряд біля стіни з боку недіючого шляху або ховатися в нішах і камерах, заздалегідь зазначених кожному робітнику.

При влаштуванні тимчасового кріплення повинні бути дотримані такі вимоги:

- кріплення виробітку (арочне, полігональне, рамне) повинно бути ретельно розклинене на породу за контуром вироблення;
- порожнечі між кріпленням і поверхнею виробітку повинні бути ретельно забуті;
- з'єднання окремих частин кріплення повинні бути простими та зручними для огляду та задовольняти умови міцності;
- всі частини кріплення мають бути щільно пригнані.

При заміні деформованих або поламаних елементів кріплення (рам, стійок, металевих арок, анкерів тощо) поруч із змінними повинні бути попередньо поставлені проміжні рами, стійки, арки, анкери. Встановлення тимчасового кріплення має вестись під керівництвом та контролем керівника робіт.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







випадках, коли своєчасний відхід підричників утруднений. При вогневому підриванні запалювання запалювальних трубок повинно проводитися одним підривником.

Забороняється за один прийом підривати більше 16 зарядів, а при застосуванні запальних патронів кількість їх, що підпалюється за один прийом, має бути не більше десяти на забій.

В окремих випадках допускається змішане підривання за допомогою запальних патронів та запалювальних трубок при загальній кількості запалювань не більше 16, у тому числі не більше шести забоїв на забій. Вибух понад 16 зарядів без застосування запальних патронів допускається тільки детонуючим шнуром, електродетонаторами або електровогневим способом. У забоях шириною понад 5 м допускається одночасне запалювання запалювальних трубок двома підривниками.

При вогневому способі підривання в лавах у невугільних шахтах довжиною понад 50 м, при висоті очисного простору понад 1,8 м, стійких покрівлі та ґрунті пласта та вугілля падіння до 20 град., кількість зарядів, що вибухають, не обмежується за умови, якщо підривник під час запалювання вогнепровідних шнурів перебуватиме на свіжому струмені повітря на відстані не менше 30 м від вибухових зарядів.

При пошаровій відбійці вугілля не допускається присутність людей в очисному забої під гнучким перекриттям, настилом або міжшаровою пачкою, коли в одному із забоїв провадяться вибухові роботи. При підриванні у лавах, камерах та у верхніх нішах лав, а також у вентиляційних штреках на вугільних пластах крутого та похилого залягання допускається знаходження підричника у виробках з вихідним струменем повітря, за умови виконання вимог цих правил та зазначених у паспортах буропідривних робіт заходів щодо запобігання отруєнню людей отруйними газами.

При проходженні тунелів із застосуванням електровибуху все прохідницьке обладнання повинне бути знеструмлене до початку

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заряджання. Забороняється виготовлення патронів-бойовиків безпосередньо на майданчиках укладача тунельного оброблення або щита.

Вибухові роботи в калотах дозволяється за таких умов:

- а) гранична маса заряду встановлюється керівником підприємства (будівельного управління);
- б) підривання в обох крилах калотти повинно проводитись різночасово.

Заряджання має здійснюватися підриивниками у присутності особи технічної нагляду. При одиночному вогневому підриванні у щитовому вибої заряджання та підривання дозволяється проводити одночасно трохи більше, ніж у двох суміжних ярусах.

Під час грози забороняється ведення підривних робіт за допомогою засобів електричного ініціювання як на земній поверхні, так і у виробках, що проводяться із земної поверхні. Якщо електропідривна мережа була змонтована до початку грози, то підривання необхідно провести до початку грози. Якщо підривання не було проведено до початку грози, необхідно від'єднати дільничні проводи від магістральних, їхні кінці ретельно ізолювати, а людей вивести за межі небезпечної зони або в укриття .

### **6.3 Ліквідація зарядів, що відмовили**

У всіх випадках, коли заряди не можна ініціювати з причин технічного характеру, їх слід розглядати як не здетоновані заряди (як відмова). Кожна відмова має бути зафіксована в журналі реєстрації відмов під час вибухових робіт [17].

У разі виявлення відмови (або у разі підозри щодо неї) на земній поверхні підриивник (майстер-підриивник) повинен виставити відповідний знак біля заряду, що відмовив, а в підземних умовах - виставити заборонений знак біля входу в вибій виробки і в обох випадках повідомити про це керівника підприємства.

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Роботи, пов'язані з ліквідацією відмов, у тому числі на земній поверхні, повинні проводитись під безпосереднім керівництвом посадової особи відповідно до вимог інструкції з ліквідації відмов, що затверджена керівником суб'єкта господарювання та погоджена з територіальним органом Держгірпромнагляду України.

У місцях відмов забороняються будь-які роботи, що не пов'язані з ліквідацією відмов. Проводи виявленого електродетонатора у заряді, що відмовив, необхідно замкнути накоротко. Для ліквідації відмови зовнішнього заряду на нього необхідно помістити новий заряд і здійснити підривання у звичайному порядку.

Ліквідацію відмов шпурових зарядів дозволяється проводити підриванням зарядів у допоміжних шпурах, пробурених паралельно до заряду, що відмовив, на відстані не ближче ніж 30 см. Кількість допоміжних шпурів та місця їх закладання повинні визначатись посадовою особою, яка безпосередньо керує підривними роботами в зміні. Для встановлення напрямку таких шпурів дозволяється виймати зі шпуру забивний матеріал на довжину до 20 см від устя.

Ліквідацію зарядів, що відмовили, необхідно здійснювати способами та засобами з урахуванням типу вибухової речовини і засобу ініціювання згідно з технічних умов та керівництвами заводів-виробників вибухових матеріалів. Рішення про спосіб ліквідації зарядів, що відмовили, приймає керівник підривними роботами.

Ліквідацію свердловинних зарядів, що відмовили, дозволяється проводити:

- підриванням заряду, що відмовив, у разі, якщо відмова відбулася в результаті порушення цілісності зовнішньої підривної мережі (коли ЛНО заряду, що відмовив, не зменшилася). Якщо під час перевірки ЛНО виявиться можливість небезпечного розкидання кусків породи або впливу УПХ під час вибуху, то підривання заряду, що відмовив, забороняється;

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

011.170005.MP.2021.000

- розбиранням породи в місці розташування свердловини із зарядом, що відмовив, з вилученням його вручну;

- із застосуванням екскаватора, якщо виключити безпосередній вплив ковша на ВМ, для розбирання породи навколо заряду ВР, що відмовив, на основі АС, що не містить у своєму складі нітроефірів, порохів або гексогену, які ініціюються ДШ. У разі неможливості механічного розбирання породи навколо заряду ВР, що відмовив, дозволяється розкривати свердловину шляхом буріння та підривання шпурових зарядів, розташованих не ближче ніж 1 м від стінки свердловини. У цьому разі кількість й напрямок шпурів, їх глибина та маса окремих зарядів визначаються проектом (паспортом) ведення підричних робіт або безпосередньо керівником підричних робіт суб'єкта господарювання;

- підриванням заряду у свердловині, що пробурена паралельно на відстані не менше ніж 3 м від свердловини із зарядом, що відмовив;

- вимиванням із свердловини заряду ВР групи сумісності D (крім димного пороху) під час ініціювання ДШ.

За неможливості ліквідувати відмову перерахованими способами їх ліквідацію слід здійснювати за проектом, затвердженим керівником суб'єкта господарювання, що веде підричні роботи. Ліквідацію відмов з КВР необхідно проводити за інструкціями з їх застосування, розробленими виробниками КВР [17].

Ліквідацію зарядів, що відмовили в рукавах, необхідно проводити підриванням заряду в допоміжному рукаві у свердловині, що пройдена на відстані не менше ніж одна третина довжини рукава із зарядом, що відмовив, а також вищезазначеними способами .

Ліквідацію камерних зарядів, що відмовили, необхідно проводити відповідно до вимог проекту (паспорта) ведення підричних робіт. Необхідно проводити розбиранням забивки з наступним введенням нового ПБ, забивки та ініціюванням зарядів ВР у звичайному порядку (якщо ЛНО заряду, що відмовив, не зменшилася).

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо під час перевірки ЛНО виявиться можливість небезпечного розкидання кусків породи або впливу УПХ під час вибуху, то підривання заряду, що відмовив, забороняється. У цьому випадку його ліквідацію необхідно проводити розбиранням забивки з наступним вилученням ВР. До моменту ліквідації відмови такі заряди необхідно охороняти .

У тих випадках, коли для ліквідації камерного заряду, що відмовив, необхідно проходити додаткові виробки, ці роботи необхідно здійснювати за проектом, затвердженим керівником суб'єкта господарювання .

Після підривання заряду, призначеного для ліквідації заряду, що відмовив, необхідно ретельно оглянути подрібнену масу та зібрати виявлені ВМ. Лише після цього дозволяється допускати працівників до розбирання гірської маси, вживаючи запобіжних заходів безпеки [17].

					011.170005.MP.2021.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Загальні висновки

На основі отриманих закономірностей розподілу напружено-деформованого стану та силових факторів доведено, що чисельний аналіз конструкції станції в процесі будівництва необхідний для вживання заходів запобігання або зменшення деформацій оправ, що перебувають у невідповідних умовах. До таких мір відноситься постановка тимчасового кріплення і розкриття виробок короткими по довжині станції заходками так, щоб завдяки спільній роботі тимчасово перевантажених кілець оправи полегшувалася сусідніми кільцями, що працюють у нормальних умовах [16].

В ході досліджень отримано закономірності зміни напружень, переміщень, згинальних моментів та нормальних сил в моделях пілонної станції, які відображають послідовність її спорудження.

Аналіз напружено-деформованого стану конструкції станції в процесі будівництва необхідний для вживання заходів запобігання або зменшення деформацій оправ, що перебувають у невідповідних умовах. До таких мір відноситься постановка тимчасового кріплення і розкриття виробок короткими по довжині станції заходками так, щоб завдяки спільній роботі тимчасово перевантажених кілець оправи полегшувалася сусідніми кільцями, що працюють у нормальних умовах.

					011.170005.МР.2021.000			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Вотченко Д.Ю.			Загальні висновки	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Купрій В.П.						
Керів.розділу		Купрій В.П.						
Консульт.								
Н.-контроль		Тютюкін О.Л.						

## Бібліографічний список

1. Айвазов, Ю. М. Проектування метрополітенів (у 3-х частинах). Навчальний посібник. Частина 1 [Текст] / Ю. М. Айвазов. – Київ: НТУ, 2006. – 166 с.
2. Айвазов, Ю. М. Проектування метрополітенів (у 3-х частинах). Навчальний посібник. Частина 2 [Текст] / Ю. М. Айвазов. – Київ: НТУ, 2009. – 216 с.
3. Амусин, Б. З. (1967). Статический расчет конструкции станции метрополитена закрытого типа по стадиям ее сооружения методом начальных параметров. Труды ВНИМИ, 67, 415-422.
4. Бойков С.Ю. Правила по охране труда при производстве работ по реконструкции и капитальному ремонту искусственных сооружений в ОАО «РЖД». Москва: 2008 г.
- 5.
6. Гарбер, В. А. (1996). Научные основы проектирования тоннельных конструкций с учетом технологии их сооружения (Т. 1). Москва: АО ЦНИИС.
7. Гузченко, В. Т. Определение напряженного состояния конструкции колонной станции метрополитена [Текст] / В. Т. Гузченко, Д. Р. Шабодяш // Устойчивость геотехнических сооружений на железнодорожном транспорте. – Днепропетровск : ДИИТ, 1989. – С. 45-47.
8. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.
9. ДБН Д.1.1-1-2000 Правила визначення вартості будівництва [Текст]. – Київ : Держбуд України, 2003. – 148 с.

					<i>011.170005.MP.2021.000</i>			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Вотченко Д.Ю.				Бібліографічний список	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Купрій В.П.							
Керів.розділу	Купрій В.П.							
Консульт.								
Н.-контроль	Тютькін О.Л.							





