

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

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

«Транспортна інфраструктура»
(повна назва кафедри)

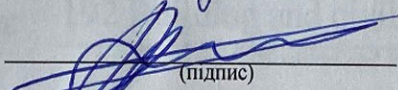
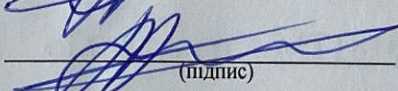
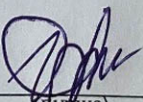
Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

ОС «бакалавр»
(ступінь вищої освіти)

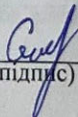
на тему: Розробка технології спорудження колонної станції
метрополітену мілкого закладення (умови Київського метрополітену)
за освітньою програмою «Мости і транспортні тунелі»
зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студент групи: MT1816

	 (підпис студента)	/ Єгор СМАГА / (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Керівник:	 (підпис)	/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Нормоконтролер:	 (підпис)	/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Консультант: Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях (назва розділу)	 (підпис)	/ зав. каф. Олег САБЛІН / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент


(підпис)

ЗАЯВА

Я, Смога Євг Валентиківич

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

студента(ки) групи МБ1816 факультет «БАІ»

спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код та назва спеціальності)

освітньої програми «Мости і транспортні тунелі»

(назва освітньої програми)

освітнього ступеня Бакалавр

(бакалавр, магістр)

заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Розробку технології спорудження калекної станції метрополітену
міського заснавання

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) Євг Смога Євг Валентиківич
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Дата 15.06.2023

Керівник ВКР [підпис] Олександр Рогов
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

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

ДОВІДКА

про відсутність плагіату у випускній кваліфікаційній роботі

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

Смаг Євген Валентинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: "Розробка технології спорудження
испанської станції метрополітену м. Києва
з використанням (умови Київського метрополітену)"

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР


(підпис)

Олександр Поніс

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Building, architecture and infrastructure
(faculty/TRC)

Transport infrastructure
(department)

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

on the topic: Development of the construction technology
for the shallow column metro station (conditions of the Kyiv metro)
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: MT1816 / Yehor SMAHA /
(name, surname)

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

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

Supervisor
Occupational health
and safety in emergencies
(Chapter title heading)

/ Head of Dept. Oleh SABLIN /
(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: «Будівництво, архітектура та інфраструктура»

Кафедра: «Транспортна інфраструктура»

Рівень вищої освіти: «Бакалавр»

Освітня програма: «Мости і транспортні тунелі»

Спеціальність: 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«Транспортна інфраструктура»

Олексій ТЮТКІН

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ОС «бакалавр»

(ступінь вищої освіти)

студенту Смазі Єгору Валентиновичу

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Розробка технології спорудження колонної станції метрополітену мілкового закладення (умови Київського метрополітену)»

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

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

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

2. Строк подання студентом роботи: «26» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: Результати аналізу інженерно-геологічних умов Київського метрополітену, конструкцій колонної станції метрополітену мілкового закладення та дані, що отримані під час пошуку в Internet.

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

Вступ. Розділ 1. Інженерно-геологічні умови будівництва. Розділ 2. Варіантне проєктування станційної конструкції. Розділ 3. Статичний розрахунок станції метрополітену. Розділ 4. Розробка технології спорудження колонної станції мілкового закладення. Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

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

Лист 1. Варіанти колонної станції мілкового закладення. Лист 2. Варіант колонної станції мілкового закладення (обраний за ТЕО варіант). Лист 3. Схема розробки ґрунту. Лист 4. Схема спорудження станції колонного типу мілкового закладення.

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. Інженерно-геологічні умови будівництва. Розділ 2. Варіантне проектування станційної конструкції.	01.05.2023 – 07.05.2023	
2	Розділ 3. Статичний розрахунок станції метрополітену.	22.05.2023 – 28.05.2023	
3	Розділ 4. Розробка технології спорудження колонної станції мілкового закладення. Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Оформлення ВКР.	12.06.2023 – 18.06.2023	
4	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	19.06.2023 – 25.06.2023	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	26.06.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	27.06.2023 – 30.06.2023	

Студент

(підпис)

Єгор СМАГА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Олексій ТЮТКІН

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

45 стор., 17 рис., 4 табл., 17 літературних джерел.

Об'єкт розробки – колонна станція метрополітену мілкого закладення.

Мета роботи – розробка технології спорудження колонної станції метрополітену мілкого закладення.

Метод дослідження – метод скінченних елементів.

В бакалаврській роботі виконано аналіз інженерно-геологічних умов будівництва (умови Київського метрополітену). Проведене варіантне проєктування станційної конструкції та виконане техніко-економічне порівняння.

Проведений статичний розрахунок методом скінченних елементів. Обґрунтовано параметри міцності станційної конструкції.

Розроблені основи технології спорудження колонної станції мілкого закладення. Розроблені положення технології розробки ґрунту, зведення станційної конструкції та гідроізоляційних робіт. Розроблені основи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: МЕТРОПОЛІТЕН, КОЛОННА СТАНЦІЯ, МІЛКЕ ЗАКЛАДЕННЯ, СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК, МЕТОД СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ПРОЄКТ СПОРУДЖЕННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ БУДІВНИЦТВА.....	9
РОЗДІЛ 2 ВАРІАНТНЕ ПРОЄКТУВАННЯ	
СТАНЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ.....	11
2.1 Визначення основних розмірів станції	11
2.2 Варіант № 1 – Конструкція із крупнорозмірних об’ємних елементів	13
2.3 Варіант № 2 – Конструкція із монолітним залізобетонним перекриттям.....	14
2.4 Варіант № 3 – Конструкція із плоским збірним перекриттям.....	16
2.5 Техніко-економічне порівняння варіантів та вибір варіанту до розрахунку	18
РОЗДІЛ 3 СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТАНЦІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ	20
3.1 Теоретичні положення розрахунку колонних станцій	20
3.2 Статичний розрахунок методом скінченних елементів	21
3.3 Визначення міцності станційної конструкції.....	25
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СПОРУДЖЕННЯ	
КОЛОННОЇ СТАНЦІЇ МІЛКОГО ЗАКЛАДЕННЯ.....	27
4.1 Основи виконання технологічних операцій	27
4.2 Технологія розробки ґрунту	30
4.3 Технологія зведення станційної конструкції	32
4.4 Технологія гідроізоляційних робіт.....	35
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ	
СИТУАЦІЯХ	38
5.1 Вимоги безпеки під час улаштування будівельної площадки.....	38
5.2. Загальні вимоги до пожежної безпеки	40
ВИСНОВКИ.....	43
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	44

ВСТУП

Освоєння підземного простору великих міст свідчить про високий рівень покращення умов життя, пов'язаних із збільшенням наземних площ, зайнятих транспортними системами, що підтверджує загальну ефективність і безпеку складної системи. Тому освоєння підземного простору крупних міст в Україні є загальнодержавною справою та важливим напрямком економічної політики розвитку держави.

Частіш усього не існує альтернативи спорудження підземних споруд, особливо під час розвитку транспортних зв'язків в перенаселених районах великих міст. Всі проекти підземних комплексів потребують всебічного вивчення, проведення детальних досліджень та розробки наукових основ використання підземного простору. Постає мета розробки наукової організації освоєння підземного простору мегаполісів для створення нового середовища перебування людини та рішення невідкладних проблем розвитку міста.

В мегаполісах найважливішим елементом транспортної інфраструктури є метрополітен, але під час його створення з'являється необхідність в розробці нових і удосконаленні існуючих технологій спорудження, що дозволяє забезпечувати високі швидкості і рівень механізації прохідницьких робіт при раціональних витратах праці, енергії і матеріалів.

Спорудження підземних споруд метрополітену часто здійснюється в слабких та обводнених ґрунтах. При проведенні підземних робіт в таких складних інженерно-геологічних та гідрогеологічних умовах необхідно вирішувати складні інженерні задачі підтримки стійкості виробок і забезпечення міцності кріплення при оперативному введенні його в роботу шляхом зв'язку з ґрунтовим масивом.

Задачі визначення, аналізу та забезпечення міцності, стійкості, надійності і довговічності підземних споруд в даний час є складовою частиною великої науково-технічної і інженерної проблеми. Перспективними і ефективними напрямками в рішенні цих задач є цілеспрямоване створення нових

раціональних або покращення відомих технологій будівництва, які надають можливість підвищення стійкості та міцності тунельних конструкцій.

Такі задачі розробки і удосконалення технологій проходки станцій метрополітену мілкого закладення, зокрема колонних, для підвищення їх стійкості при збільшенні терміну їх служби і зниження загальних витрат є актуальною для Київського метрополітену.

Метою випускної кваліфікаційної роботи є розробка технології спорудження колонної станції метрополітену мілкого закладення, що є актуальною задачею, оскільки її вирішення дозволяє розв'язати деякі питання загальної проблеми освоєння підземного простору.

РОЗДІЛ 1

ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ БУДІВНИЦТВА

На вибір конструкції станції в значній мірі впливають інженерно-геологічні умови району будівництва. Під час інженерно-геологічних вишукувань виконується буріння розвідувальних свердловин, в яких відбирались проби ґрунтів непорушеної та порушеної структури для лабораторних досліджень з метою визначення їх фізико-механічних характеристик та міцнісних властивостей.

Також відбираються проби ґрунтових вод для визначення їх хімічного складу та агресивних властивостей до бетонних конструкцій. Для визначення гідрогеологічних параметрів ґрунтів проводжувались експрес-відкачки та поодинокі відкачки. Для визначення фільтраційних та фізико-механічних характеристик ґрунтів в їхньому природному заляганні виконується комплекс польових геофізичних досліджень [4, 10].

Станція метрополітену, яка проєктується, знаходиться в ґрунтах різних літологічних і структурних властивостей, а також міцності і вологості. Так, у верхній частині ґрунтового масиву розташовані піщані шаруваті ґрунти сірого, світло-сірого, жовто-бурого кольору, мілкі, пилюваті з включенням гравію, середньої щільності, мало вологі, вологі. Окремо треба виділити ділянку із масивом супіску світло-сірого, з прошарками піску мілкового жовтого та суглинку сірого та жовтого твердого, пластичного.

Станція перетинає водоносний шар. Рівень ґрунтових вод високий. Глибина промерзання ґрунту в районі будівництва 0,9 м (рис. 1.1). В середній частині ґрунтового масиву, який досліджувався, знаходиться пісок мілкий сірий, жовто-бурий, з прошарками середньої крупності, кварцовий, середньої щільності. Піщані ґрунти являють собою ґрунти, у складі яких є частки з розміром не більше 2 і не менше 0,1 мм. Піщані ґрунти поділяються на щільні, середньої щільності і пухкі в залежності від значень коефіцієнта (щільності) пористості. За вологості піщані ґрунти поділяються: на маловологі – при заповненні водою

до 50 % часу, дуже вологі – від 50 до 80 %, насичені – більше 80 %. Ці показники необхідні для розрахунку несучої здатності ґрунтів.

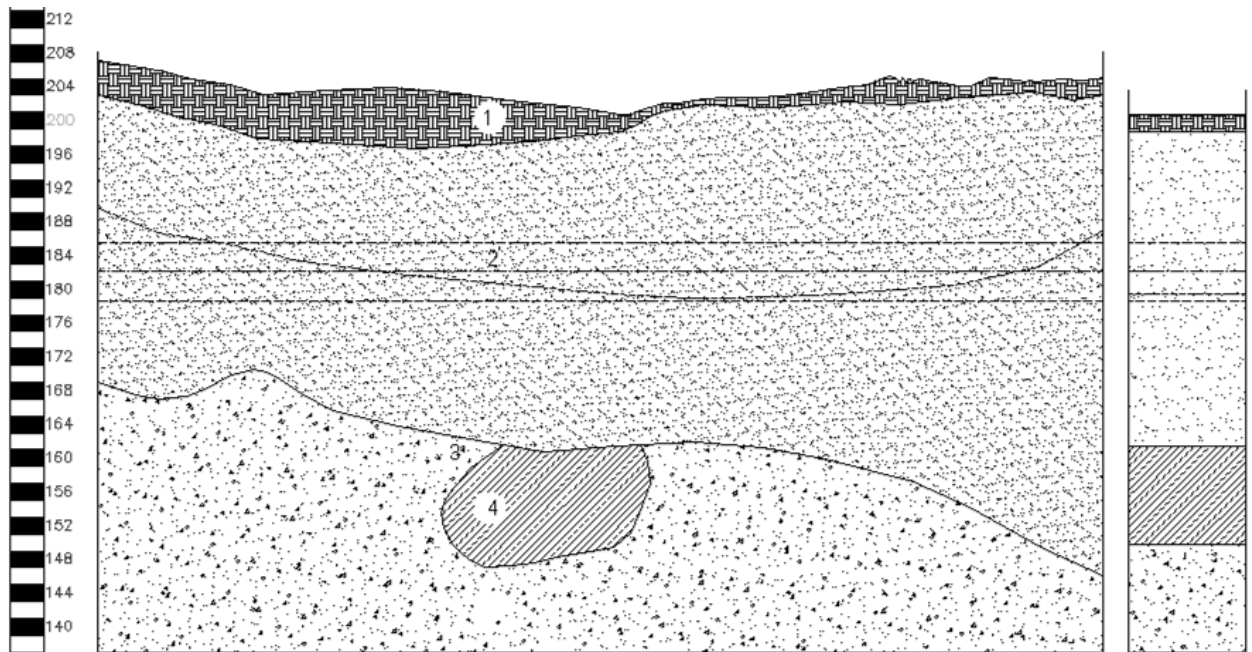


Рисунок 1.1 – Інженерно-геологічні умови будівництва

Геологічні характеристики ґрунтів, в яких споруджується станція метрополітену: від поверхні землі до глибини 0,5...1 м – ґрунтово-рослинний шар – супісок та пісок гумусований з коріннями рослин та ходами землероїв (1); від глибини 0,5...1 м до самого низу розпірного кріплення залягає шар піску мілкового сірого, жовто-бурого, маловологого (2).

Також розташовані мілкі піщані ґрунти жовто-сірого кольору з прошарками супіску середньої щільності, насичений водою (3). Рівень ґрунтових вод високий. Також розташовані супіски з прошарками піску мілкового жовтого та сірого суглинку, місцями із гравієм, твердий (4).

Характеристики шарів ґрунту оточуючого масиву відповідають реальним інженерно-геологічним умовам закладання станції (умови Київського метрополітену).

РОЗДІЛ 2

ВАРІАНТНЕ ПРОЄКТУВАННЯ СТАНЦІЙНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

2.1 Визначення основних розмірів станції

Основними параметрами станції є [11, 13]:

- довжина і ширина посадочної платформи;
- число ескалаторів.

Довжина пасажирської платформи приймається рівній довжині посадочної пасажирської платформи $L_{пл}$, яка залежить від числа вагонів у складі потягів, що проходять через станцію:

$$L_{пл} = l \cdot n + a \quad (2.1)$$

де, l – довжина вагонів між центрами зчеплень; n – кількість вагонів у складі потягу; a – запас на неточність зупинки потягів, приймаються рівним 2 м.

$$L_{пл} = 5 \cdot 19,2 + 2 = 98 \text{ м} \quad (2.2)$$

Ширина пасажирських платформ залежить від площі ω

$$\omega = P_{пл} \cdot \eta \quad (2.3)$$

де $P_{пл}$ – кількість пасажирів що одночасно знаходяться на платформі; η – щільність заповнення платформи $\eta = 0,5$.

Кількість пасажирів, що одночасно знаходяться на платформі, визначається по формулі:

$$P_{пл} = A \cdot n \cdot K \quad (2.4)$$

де A – розрахункова величина заповнення вагону $A = 170$ чол; K – коефіцієнт

висадки-посадки пасажирів, який дорівнює 0,8 для станцій біля центру.

$$P_{пл} = 170 \cdot 5 \cdot 0,8 = 680_{\text{чол.}} \quad (2.5)$$

Тоді площа пасажирської платформи дорівнює:

$$Q = 680 \cdot 0,5 = 340_{\text{м}} \quad (2.6)$$

Розрахункова довжина платформи:

$$\begin{aligned} L_p &= L_{пл} - 7 \\ L_p &= 98 - 7 = 91_{\text{м}} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Необхідна ширина платформи визначається по формулі:

$$e_{ост} = 2 \cdot e + e_o \quad (2.8)$$

$$e = 3,2_{\text{м}} \quad e_o = 3 \quad \text{при числі ескалаторів 4}$$

Мінімальна ширина острівної платформи колонної станції $e_{ост} = 12_{\text{м}}$.

Важливим чинником, що визначає розміри станції, є число ескалаторів, яке залежить від годинного пасажиропотоку станції і пропускної спроможності одного ескалатора:

$$n_e = \frac{2 \cdot n_n \cdot P_{пл}}{8500} \quad (2.9)$$

де 8500 – пропускна спроможність одного ескалатора, n_n – число пар потягів за годину $n_n = 40$ шт.

$$n_e = \frac{2 \cdot 30 \cdot 680}{8500} = 4,8 \quad (2.10)$$

Приймаємо $n_e = 4$ шт.

2.2 Варіант № 1 – Конструкція із крупнорозмірних об’ємних елементів

У відношенні статичної роботи конструкції з плоскими перекриттями є не найбільш сприятливими для використання їх у підземному будівництві. Бетон перекриття практично не працює в розтягнутій зоні, що зумовлює виникнення тріщин та сприяє корозії арматури. Конструкції арочного або близького до арочного типу працюють в більш сприятливих умовах, оскільки у них переважають стискаючі напруження. Це дає змогу значно зменшити армування і створювати більш тонкі конструкції, що в свою чергу, дозволяє зробити їх із досить крупних блоків [1, 2, 15].

Прикладом такої станції є повнозбірна станції колонного типу із крупнорозмірних об’ємних елементів (рис. 2.1) [2, 15].

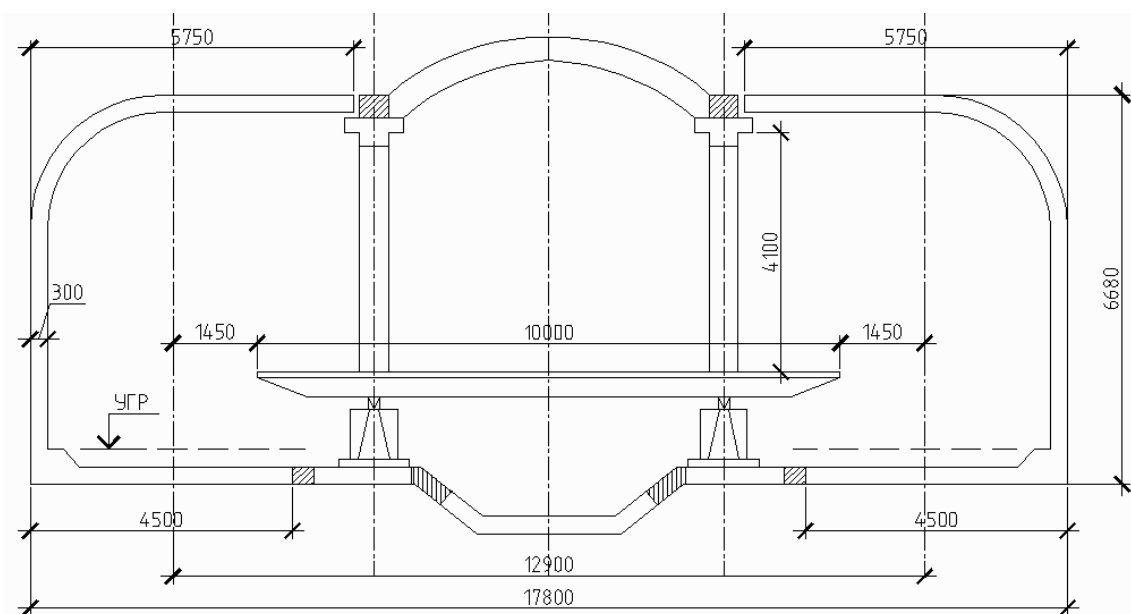


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема колонної станції
із крупнорозмірних об’ємних блоків

Основні внутрішні габарити – за типовим проектом з поздовжнім кроком колон 6 м. Середня зала має збірне арочне перекриття шириною 3 м. Лоткова частина, стіни та перекриття шляхових тунелів станції об’єднані у єдині об’ємні С-подібні блоки. Розмір цих блоків вздовж осі тунелю через обмеження маси по умовам виготовлення, транспортування та монтажу прийнятий рівним 1,5 м. У

єдиний Т-подібний блок об'єднані колона та ригель, довжина якого у відповідності з модулем конструкції рівний 6 м.

Монолітний бетон використовують тільки для омонолічування стиків у місцях спряження елементів, що складає 11 % загального об'єму конструкції. Маса блоків основної конструкції складає 9,23...19,5 т при довжині до 6700 мм. Трудовитрати при монтажі знижуються на 30 %, оскільки кількість операцій на погонний метр у зрівнянні з типовим проєктом скорочується з 8,75 до 6,1.

Така станційна оправа, зібрана з крупно розмірних об'ємних елементів, омонолічених у єдину просторову конструкцію, підсилена поздовжніми монолітними залізобетонними балками, розташованими у два ряди над колонно-прогоновими комплексами має більший опір навіть при сейсмічних навантаженнях.

Незважаючи на деякі переваги об'ємно-планувальних та архітектурних рішень колонних станцій прямокутного перерізу, вони все ще потребують великої кількості різних типорозмірів. Слід також додати, що при об'ємах будівництва, які постійно збільшуються, зберігається їх деяка архітектурна одноманітність, яка зумовлена конструктивною формою споруди.

2.3 Варіант № 2 – Конструкція із монолітним залізобетонним перекриттям

Збільшення масштабів будівництва метрополітенів привело до того, що темпи зведення станцій зі збірного залізобетону в багатьох випадках стали визначатися виробничими можливостями заводів, які постачають збірні залізобетонні елементи [1, 15].

Між тим, розвиток виробничої бази метробудування не завжди відповідає вимогам будівництва. Особливо це проявляється при спорудженні нових метрополітенів, де на початку будівництва відсутня розвинена виробнича база. Крім того, при проєктуванні великої кількості станцій, що зводять з однотипних збірних елементів, обмежуються можливості архітектурних рішень. Отже, поряд з досконалістю повнозбірних конструкцій доцільно

раціональне поєднання збірних та монолітних залізобетонних елементів в оправі станції. Гнучкий стан бетону на момент використання дає можливість використовувати його в конструкціях будь-якої форми та розмірів, легко сполучаючи зі збірними типовими елементами. Тому проєктувальники та будівельники метрополітену звернулись до створення колонних станцій з монолітним залізобетонним перекриттям (рис. 2.2) [15].

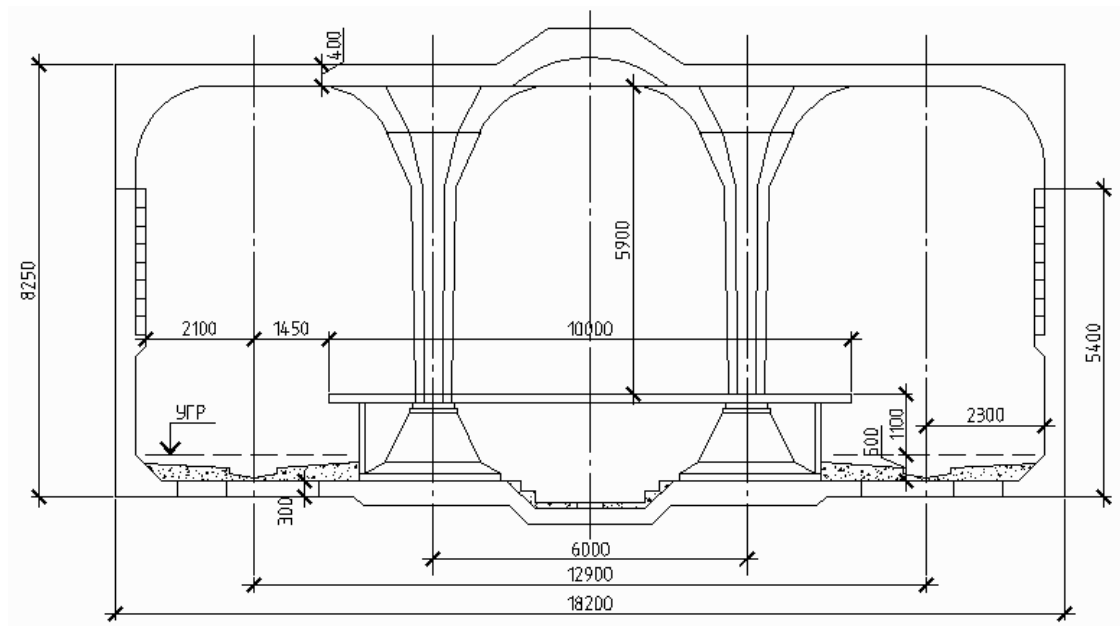


Рисунок 2.2 – Конструктивна схема збірно-монолітної колонної станції з безбалочним перекриттям

Елементи конструкцій із монолітного залізобетону споруджують індустріальними методами з застосуванням арматурних каркасів заводського виготовлення, інвентарної пересувної металевої опалубки, сучасного устаткування для доставки, подачі та укладки бетонної суміші. В подальшому була розроблена іншу конструкцію монолітного перекриття трьохпрогонової колонної станції, що дозволило застосовувати більш досконалу технологію бетонування.

Плоске перекриття виконують в вигляді поперечних ребристих плит, які перекривають переріз станції та розділені вздовж її осі технологічними швами. Ширина плити, яка бетонується в одній захватці, дорівнює поздовжньому кроку колон та складає 6 м. Плити торцевими ребрами замоноличують зі збірними

стіновими блоками станції, а в прогоні спираються на колони, які встановлюють по лінії стикувального шва поздовжніх ребер.

Характерною технологічною ознакою такої конструкції перекриття колонної станції є можливість бетонування перекриття разом по всьому перерізу з використанням однієї опалубки. При цьому колони не зашкоджують пересуванню опалубки, оскільки їх встановлюють після пересунення опалубки на нову захватку. Для цього через 48 год. після бетонування однієї плити її підвішують до балки, яка розташована над перекриттям, за тяги, які вмонтовані в ребра плити в тих місцях, де будуть встановлювати колони. Після закріплення перекриття на балці опалубку опускають та пересувають на нову позицію, а під ребро плити встановлюють дві колони, заповнюючи зазор між перекриттям та оголовком колони фібробетоном. При цьому темпи бетонування перекриття станції досягають 48 м за місяць.

2.4 Варіант № 3 – Конструкція із плоским збірним перекриттям

Найбільше поширення при будівництві станцій колонного типу мілкового закладення отримали збірні залізобетонні конструкції колонних станцій з кроком колон, який дорівнює 4 м. Таким чином, широке розповсюдження отримали саме збірні залізобетонні конструкції станцій, що споруджують по типовому проєкту в вигляді трьохпрогонної схеми з двома рядами колон при ширині острівної пасажирської платформи 10 м [1, 2, 15].

Будівництво таких конструкцій проводиться в достатньо короткий термін, при загальному збільшенні потужності підйомно-транспортних засобів. Але такі конструкції відрізняються значною кількістю монтажних одиниць, трудомістких в виготовленні та монтажу, які не відповідають потребам якості та продуктивності робіт.

Збірна конструкція колонної станції в подальшому з досвідом проєктування та будівництва дещо покращилася, оскільки були збільшені розміри окремих елементів та вдосконалено їх конструкцію (рис. 2.3). Також змінений крок колон – до 6 м та 7,5 м [15].

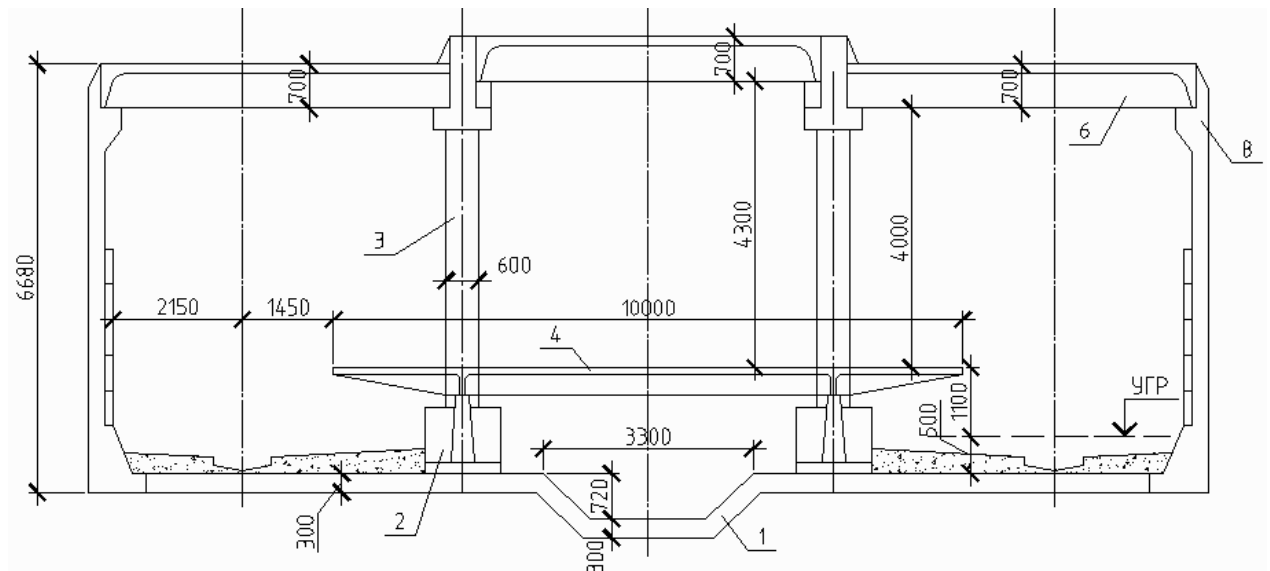


Рисунок 2.3 – Конструктивна схема типової трьохпрогонової станції
зі збірного залізобетону

Бічні стіни колонної станції складаються з ребристих блоків з консольними виступами зверху для вільного спирання на них плит перекриття та консольними п'ятами, замоноліченими з лотковою плитою. Блоки перекриття в поперечному перерізі мають форму одиночної або подвійної літери Т та торцеві вертикальні ребра.

Згідно з новим модулем 1,5 м ширина блоків прийнята 1500 мм та 3000 мм. Повздовжні прогони таврового перерізу з полкою знизу для укладання блоків перекриття мають довжину 9000 мм. Згідно з новим модулем приймають також крок колон вздовж станції: в залежності від величини постійного навантаження він складає 4,5 м та 7,5 м. Ці параметри призначають із умов можливості виготовлення виробів на заводі та наявності підйомно-транспортних засобів, що є на будівництві.

Максимальна маса елементів 17,4 т. Середня маса елементів досягає 10 т, більше 10 % загальної кількості монтажних одиниць перевершує цей показник. Кількість монтажних одиниць скоротилось на 38 %, при цьому коефіцієнт збірності конструкції досягає 0,99. Технологічність виготовлення елементів, зменшення металоємності форм, скорочення числа типорозмірів дозволили значно понизити вартість їхнього заводського виготовлення. Кількість

монтажних операцій на 1 м довжини станції складає 8,75, трудовитрати – 100...120 чол-год. Ефективність збірних конструкцій проявляється в значному збільшенні продуктивності праці. Спорудження повнозбірних стало зовсім монтажною операцією. Тому такі станції одержали широке розповсюдження на метрополітенах багатьох міст.

При відповідній уніфікації збірних залізобетонних виробів на базі типового рішення можна збільшити кількість конструктивних схем трьохпрогінних колонних станцій, користуючись однаковими елементами для всіх споруд станційного комплексу.

2.5 Техніко-економічне порівняння варіантів та вибір варіанту до розрахунку

Проведемо техніко-економічне порівняння варіантів (таблиці 2.1-2.3). Порівняння проведене за укрупненими нормами, але враховує основні роботи по спорудженню станції [6, 8].

Таблиця 2.1 – Варіант 1. Конструкція із крупнорозмірних об'ємних елементів

№	Найменування робіт	Од. виміру	Об'єм	Вартість, грн.	
				На одиницю	На об'єм
1	Розробка ґрунту	1000 м ³	12,55	2825,9	35465
2	Кріплення котловану	т	37	89,1	3296,3
3	Улаштування лотка	100 м ³	16,4	30261,3	496285
4	Монтаж оправи	100 м ³	3356	787,5	2642682
5	Улаштування гідроізоляції	100 м ³	60,5	14732,2	891299,9
6	Укладання колії	–	0,196	673707,9	132047
7	Зворотна засипка	100 м ³	124,7	5719,3	713198
8	Асфальтування поверхні	1000 м ³	2,33	19928,2	46489

Всього: 7 474 914 грн.

Таблиця 2.2 – Варіант 2. Конструкція із монолітним залізобетонним перекриттям

№	Найменування робіт	Од. виміру	Об'єм	Вартість, грн.	
				На одиницю	На об'єм
1	Розробка ґрунту	1000 м ³	13,57	2825,9	38347,3
2	Кріплення котловану	т	40	89,1	3563,6
3	Улаштування лотка	100 м ³	18,4	30261,3	55680,6
4	Монтаж оправи	100 м ³	5674,5	787,5	4468385
5	Улаштування гідроізоляції	100 м ³	78,33	14732,2	1153975,6
6	Укладання колії	–	0,196	673707,9	132047
7	Зворотна засипка	100 м ³	122	5719,3	697756
8	Асфальтування поверхні	1000 м ³	2,33	19928,2	46489

Всього: 8 273 185 грн.

Таблиця 2.3 – Варіант 3. Конструкція із плоским збірним перекриттям

№	Найменування робіт	Од. виміру	Об'єм	Вартість, грн.	
				На одиницю	На об'єм
1	Розробка ґрунту	1000 м ³	13,57	2825,9	38347,3
2	Кріплення котловану	т	36	89,1	3207,6
3	Улаштування лотка	100 м ³	15,4	30261,3	46624,0
4	Монтаж оправи	100 м ³	5020,5	787,5	3953643,8
5	Улаштування гідроізоляції	100 м ³	59,2	14732,2	872146,2
6	Укладання колії	–	0,196	673707,9	132047
7	Зворотна засипка	100 м ³	122	5719,3	697756
8	Асфальтування поверхні	1000 м ³	2,33	19928,2	46489

Всього: 5 790 261 грн.

Висновок техніко-економічного порівняння: найбільш економічним варіантом є варіант №3 – варіант конструкції із плоским збірним перекриттям.

РОЗДІЛ 3

СТАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТАНЦІЇ МЕТРОПОЛІТЕНУ

3.1 Теоретичні положення розрахунку колонних станцій

Важливе місце в розрахунку колонної станції мілкого закладення займає навантаження, до якого надходить гірський тиск і транспортний вплив [7]. Інженерні розрахунки колонних станцій мілкого закладання часто проводять на обрану одиничну ширину. На відміну від односклепінчастої станції, де така заміна можлива, оскільки конструкція не змінюється по довжині станції, в колонних станціях вона є утрудненою і не відображатиме реальної роботи станції.

В існуючих статичних розрахунках конструкція колонної станції зводиться до плоских розрахункових схем [5, 16]. Але якщо в оправі односклепінчастої станції до її статичної роботи не надходять інші елементи по довжині, така заміна правомірна, то в даному типі станції така заміна некоректна, оскільки система «колони – прогін – тунелі» є нерегулярною. Тому розбиття нерегулярної конструкції колонної станції, яке зводиться до двох плоских розрахункових схем (в перерізі проходу та в перерізі колони), приводить до неврахуванню зв'язку між частинами конструкції.

Дана заміна зводить просторову конструкцію до плоскої розрахункової схеми, але в випадку колонної станції навіть введені дві плоскі розрахункові схеми (а також схема прогону, яка є спробою зв'язати ці дві схеми) недостатньо відображають роботу конструкції.

Плоскі розрахункові схеми розділяють середній, бокові тунелі, колони, перемички (прогони) та повздовжні балки, які спільно працюють. В подальшому їх розраховують в відриві від реальної роботи, оскільки взаємодія між ними та обробками середнього та бокових тунелів замінюють зусиллями, які передаються з них, що неточно відображає реальну роботу станції.

Врахування наведених особливостей в просторовому розрахунку колонної станції, дозволяє з більшою точністю описати роботу такої складної підземної

споруди та приводити більш точні розрахунки, які є запорукою їх нормальної експлуатації [9, 16].

Статичний розрахунок оправи проводиться для можливих несприятливих сполучень основних та додаткових навантажень. Основними навантаженнями є власна вага оправи, вертикальний тиск порід, горизонтальний тиск порід – активний або пасивний (у вигляді пружного відпору), гідростатичний тиск підземних вод та рухоме навантаження.

3.2 Статичний розрахунок методом скінченних елементів

Для проведення комплексу дослідження запроєктованої конструкції розроблена її скінченно-елементна модель на основі ліцензійного комплексу Structure CAD for Windows, version 7.31 (SCAD) [3, 12, 17].

У скінченно-елементній моделі станції (рис. 3.1) відображені всі особливості її роботи: просторовий фактор, взаємодія колон і перекриттів, перекриттів і стін, стін і лоткової частини. Також відображена взаємодія станційної конструкції з навколишнім ґрунтом (рис. 3.2), оскільки воно є основним чинником у формуванні НДС при статичному завантаженні [12, 16].

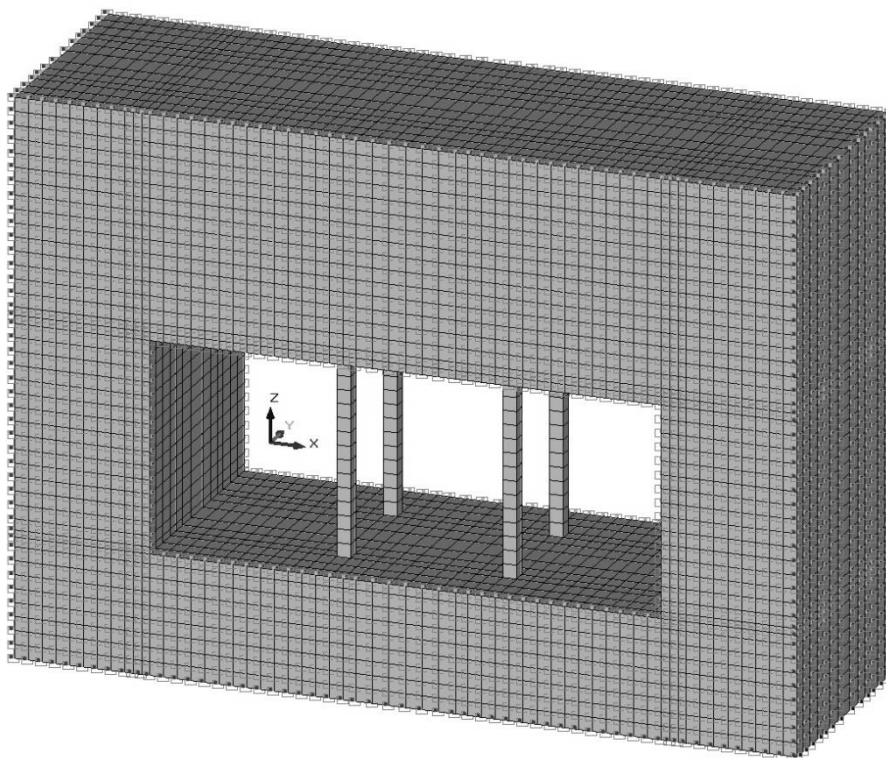


Рисунок 3.1 – Загальна СЕ-модель колонної станції

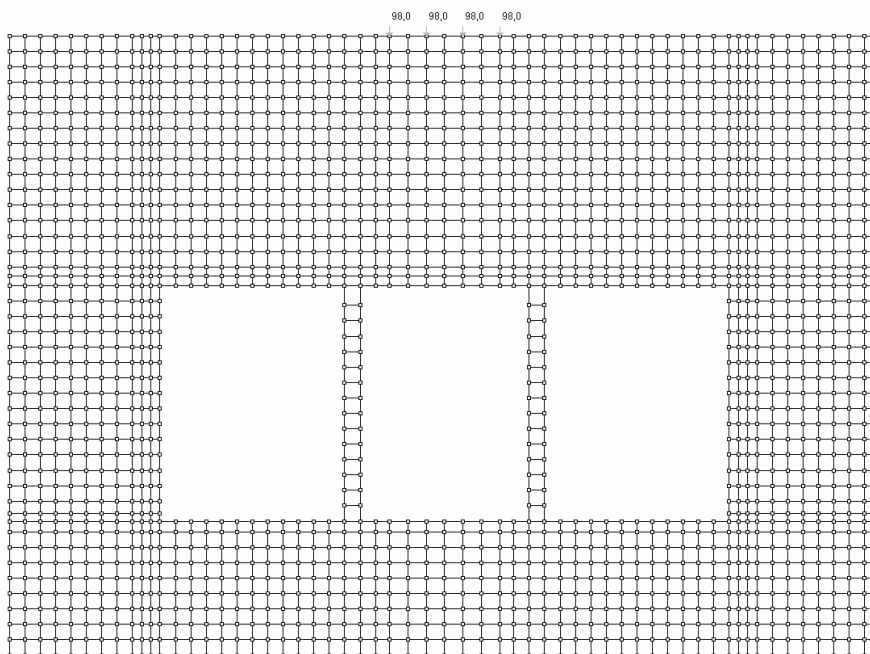


Рисунок 3.2 – СЕ-сітка з навантаженням

Після створення геометрії моделі (глибина закладення станції – 7,5 м) і її подальшої дискретизації на кінцеві елементи їй привласнені деформаційні характеристики: жорсткість № 1 – суглинок, модуль пружності $E=35$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\mu=0,3$, густина $\gamma=2,0$ т/м³; жорсткість № 2 – залізобетон, приведений модуль пружності $E=40\,000$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\mu=0,2$, густина $\gamma=2,45$ т/м³. Загальні параметри моделі: кількість вузлів – 28 392 штук (85 176 ступенів свободи), кількість СЕ – 24 240 штук.

Після цього виконувався розрахунок на сумісну дію власної вагу моделі і рухоме навантаження НК-80 (рис. 3.3), і його результати піддавалися ґрунтовному аналізу.

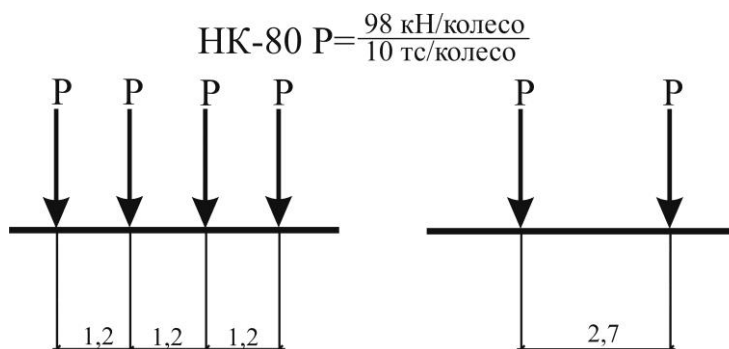


Рисунок 3.3 – Параметри рухомого навантаження НК-80

Результати статичного аналізу наведені на рис. 3.4. та 3.5.

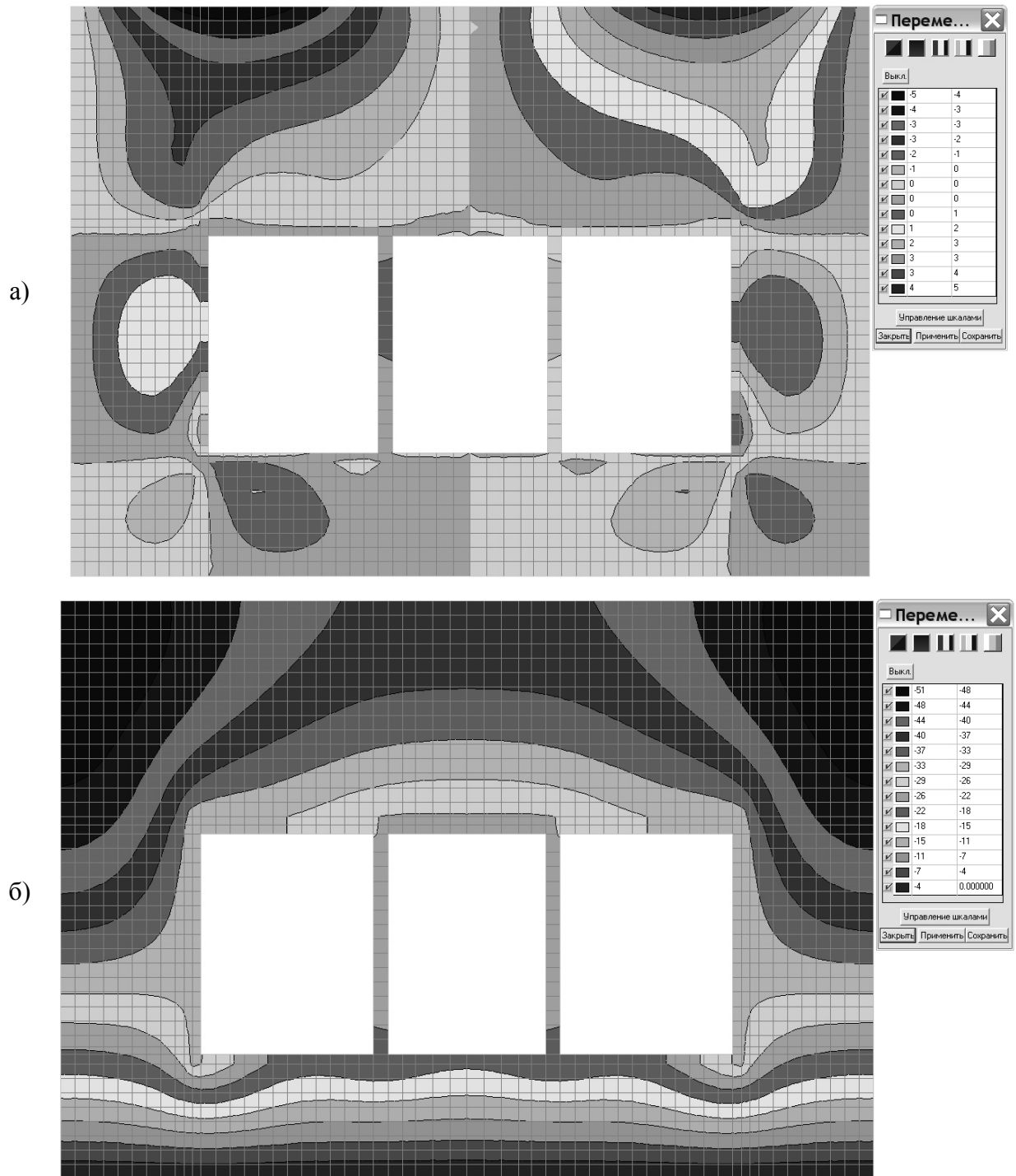


Рисунок 3.4 – Результати статичного аналізу станції колонного типу – деформований стан (ізополя і ізолінії у фрагменті моделі):
а) горизонтальних переміщень; б) вертикальних переміщень

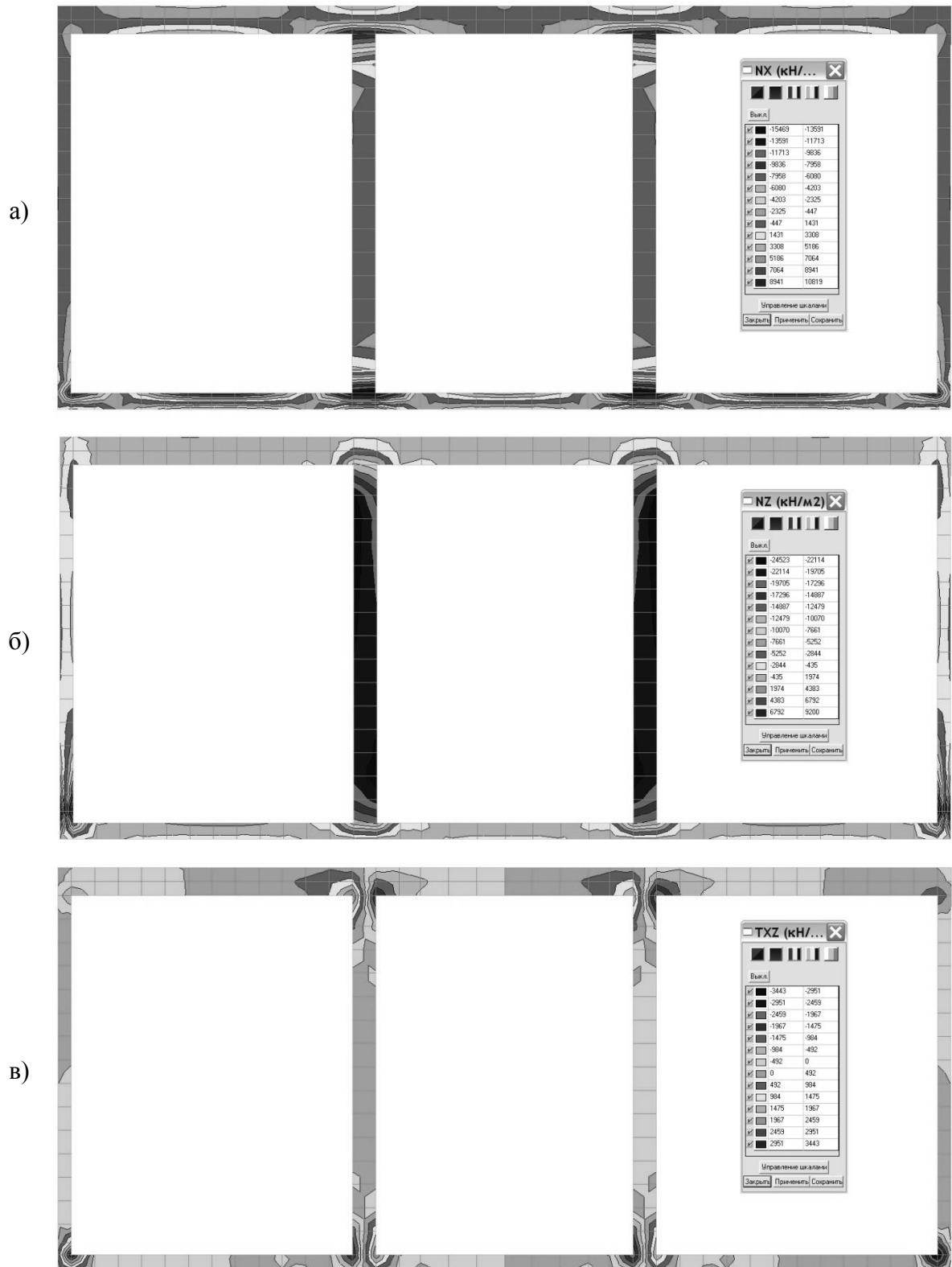


Рисунок 3.5 – Результаты статического анализа станции колонного типа –
напряженный стан (изополя и изолинии у фрагменті моделі):

а) нормальных напряжений по горизонтальной оси;

б) нормальных напряжений по вертикальной оси;

в) дотичних напружень

3.3 Визначення міцності станційної конструкції

Результати статичного аналізу конструкції колонної станції адекватно відповідають реальним параметрам НДС: максимальні горизонтальні переміщення рівні 1,0...3,0 мм, вертикальні переміщення замкової частини – 4,0...5,0 мм, максимальні горизонтальні напруження – 15,6 МПа, максимальні вертикальні напруження – 24,5 МПа (у колонах).

Для більш глибокого кількісного аналізу застосуємо четверту теорію міцності (енергетичну), виразом для якої є [16]:

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_x \sigma_z + \sigma_z^2 + 3\tau_{xz}^2} \leq [\sigma], \quad (3.1)$$

де σ_x та σ_z – компоненти нормальних напружень по глобальних осях X та Z ; τ_{xz} – дотична компонента в площині XZ ; $[\sigma]$ – межа міцності матеріалу.

Розподіл напружень в конструкції станції є стандартним і не суперечить класичним уявленням розподілу напружень в конструкціях із кутами і колонами. Як видно із аналізу перевірку на міцність слід провести в точках концентрації, які вказані на рис. 3.6.

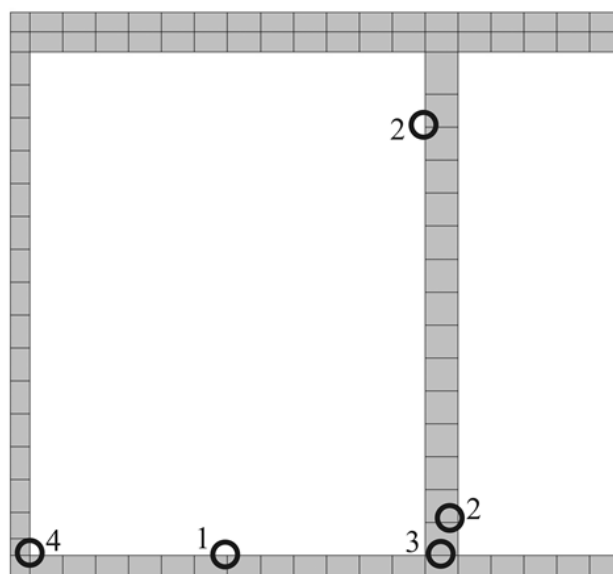


Рисунок 3.6 – Точки концентрації напружень в конструкції станції

Розрахунок за еквівалентними напруженнями проведемо у вигляді таблиці, яка наводиться нижче (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Розрахунок еквівалентних напружень за четвертою теорією міцності

Номер точки	Напруження, МПа			Еквівалентне напруження, МПа/ Коефіцієнт запасу
	Нормальне по осі X	Нормальне по осі Z	Дотичне в площині XZ	
Точка 1	10,9	1,9	-0,49	11,9/1,4
Точка 2	-2,23	-24,5	-0,49	25,7/ 0,7
Точка 3	-15,5	-12,4	0,49	24,2/ 0,7
Точка 4	-9,8	-24,5	3,41	31,1/ 0,5

Як видно із наведеної таблиці, еквівалентні напруження сягають в точках 2-4 межових значень у 17,0 МПа, що свідчить про те, що в бетоні колони виникають тріщини, тому слід для цих елементів слід підвищити клас бетону (наприклад, до В40), або замінити залізобетон елементів на метал, таким чином значно покращивши ситуацію із загальним деформуванням конструкції. Хоча випадок із зменшеними коефіцієнтами запасу не є критичним, оскільки тріщини в колоні ще повинні перевірятися за величиною розкриття, однак встановлення металевих колон або зменшення їх кроку є рекомендацією щодо покращення роботи станційної конструкції.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ СПОРУДЖЕННЯ КОЛОННОЇ СТАНЦІЇ МІЛКОГО ЗАКЛАДЕННЯ

4.1 Основи виконання технологічних операцій

У практиці метробудування в Україні станції метрополітену на лініях мілкового закладення споруджують відкритим способом у котлованах з подальшою засипкою зведених конструкцій [14, 15]. Склад і порядок виконання основних технологічних операцій по спорудженню станції, об'єм земляних і будівельно-монтажних робіт залежать від конструктивного рішення оправи станції, інженерно-геологічних умов, характеру міської забудови, а також інтенсивності руху наземного транспорту.

Так, за наявності достатньо вільної від забудови території і можливості перенесення транспортних магістралей на сусідні вулиці, станцію зводять на дні заздалегідь розкритого котловану. Залежно від інженерно-геологічних умов котлован влаштовують з природними укосами або зі спеціальним кріпленням стін.

У складних інженерно-геологічних умовах, при розташуванні станції в безпосередній близькості від будівель, при зведенні багатоярусних конструкцій, а також в умовах інтенсивного вуличного руху, перекривати яке на тривалий період нераціонально або неможливо, склад і порядок виконання робіт може бути змінений. Спочатку зводять зовнішні стіни і внутрішні опорні конструкції майбутньої станції (проміжні стіни з отворами, колони тощо), бурові палі і палі-оболонки. Потім з поверхні землі між зовнішніми стінами станції частково розкривають котлован, влаштовують перекриття, проводять зворотну засипку ґрунту і відновлюють дорожнє покриття. Наступні роботи по спорудженню станції продовжують під захистом перекриття. Це дозволяє швидко відновити рух транспорту над станцією, що будується.

Застосування при будівництві станцій потокового методу, заснованого на рівномірності і безперервності технологічного циклу, дозволяє максимально

використовувати устаткування крана, добитися значної економії металопрокату від обороту металевих елементів закріплення котловану, понизити непродуктивні витрати на перевезення ґрунту, що розробляється, у відвал, використовуючи його для зворотної засипки. При цьому різко скорочується потреба в автотранспорті.

Проте станції у більшості випадків розташовують на площах і магістралях з інтенсивним рухом, що примушує вести їх будівництво поетапно на окремих ділянках. Довжину таких ділянок і черговість їх спорудження визначають за умови мінімального ускладнення вуличного руху.

При влаштуванні будівельних майданчиків в центральних щільно забудованих районах міста виникає необхідність часткового або повного закриття вуличної і, як правило, головної магістралі, з переключанням руху інтенсивного потоку транспорту на сусідні пристосовані для цього вулиці. У центральних районах ускладнюються і роботи по перенесенню густої мережі підземних комунікацій, також необхідно укріплювати фундаменти близько розташованих будівель і різного роду споруд, зносити старі будівлі тощо.

В тому випадку, якщо частина споруд станційного комплексу розташована під вулицею з інтенсивним рухом, можна на цій ділянці пропустити транспорт і пішоходів над котлованом по тимчасових мостах-перекриттях. Проте слід враховувати, що покращуючи умови руху наземного транспорту, тимчасові мости-перекриття ускладнюють ведення будівельно-монтажних робіт.

У районах новобудов вибір ділянки для влаштування будівельного майданчика не викликає ускладнень, оскільки є вільні незабудовані території. Тут можна влаштувати об'їзди для руху наземного транспорту, скоротити об'єм підготовчих робіт по перенесенню інженерних мереж і підземних комунікацій.

Організація робіт по спорудженню станції повинна відповідати сучасним науково-технічним досягненням у будівництві зважаючи на наступні потреби:

- будівництво всього станційного комплексу чи окремих його споруд поточним методом, який забезпечує ритмічність, рівномірність та безперервність технологічного процесу;

- можливість збільшення фронту робіт з метою скорочення строків будівництва;
- високий технічний рівень будівництва при найменшій трудомісткості робіт;
- індустріальні методи робіт на основі використання комплексної механізації та автоматизації основних і допоміжних процесів;
- високу якість робіт при найменших трудових, матеріальних і фінансових затратах;
- повну безпеку виконання всіх видів робіт при будівництві.

Особливістю організації робіт є те, що окремі види робіт та виробничі процеси, які виконуються на різних ділянках станційного комплексу, повинні бути технологічно пов'язані одне з одним. При цьому одні з них треба суміщати за часом, а інші виконувати в чітко визначеній послідовності.

Об'єм та порядок роботи на станції визначається типом та кількістю споруд, які входять у станційний комплекс. Ці споруди призначені для посадки, висадки та пересадки пасажирів (станційні тунелі та розподільчі зали, підземні і надземні вестибюлі зі сходами та ескалаторами, з'єднувальні та перехідні коридори), організації руху поїздів (тягово-понижувальні підстанції, оборотні прилади та тупики) і дотримання належних санітарно-гігієнічних умов (вентиляційні тунелі, камери, кіоски, санітарні вузли і т.п.).

Окрім спорудження тунелів і камер різного призначення на станціях виконується значний об'єм будівельних, монтажних та оздоблювальних робіт. До них відносяться зведення внутрішніх тунельних конструкцій (пасажирських платформ, шляхових пристроїв, перехідних містків, сходів, службових приміщень, кабельних каналів), архітектурне оформлення пасажирських приміщень, монтаж обладнання ескалаторів, тягово-понижувальних підстанцій, вентиляційних і водовідливних установок, санітарно-технічних вузлів, електроосвітлення.

Таким чином, будівництво підземної станції метрополітену включає складну систему взаємопов'язаних виробничих процесів, у результаті яких утворюється

комплекс споруд, які необхідні для безперебійної і безпечної роботи станції.

Порядок і методи виконання робіт назначаються так, щоб вони виключали або знижували до мінімуму просадки та зміщення земної поверхні поблизу станції яка будується, не впливали негативно на навколишнє середовище, архітектурні й історичні пам'ятки архітектури та не порушували умов життя міста, які уже склалися.

В основі сучасної організації підземного виробництва полягають загальні принципи: плановість, індустріальність, комплексна механізація та автоматизація виробництв, поточна організація будівельних процесів, спеціалізація будівельно-монтажних організацій, використання досягнень науково-технічного прогресу та сучасних схем інвестування. При чому при будівництві підземного спорудження виділяють підготовчий та основний період.

Високі технології, нові рішення в архітектурі забезпечують організацію підземного простору для виконання певних функцій шляхом розміщення, композиції та компоновки підземних приміщень, простих та економічних, об'ємно-планувальних та конструктивних рішень.

4.2 Технологія розробки ґрунту

Будівництво станцій метрополітену відкритим способом ведуть за прогресивною технологією – потоковим методом (рис. 4.1).

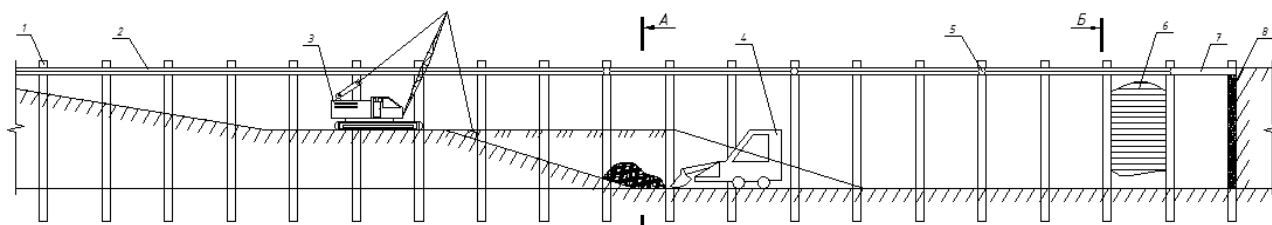


Рисунок 4.1 – Схема розробки ґрунту на обох ярусах:

1 – металеві палі; 2 – пояси; 3 – екскаватор-драглайн; 4 – бульдозер;

5 – розстріли; 6 – дошки затягування; 7 – кутові розстріли;

8 – залізобетонна стіна

Спосіб розробки ґрунту і послідовність виконання земляних робіт приймають відповідно до категорії ґрунту, системи кріплення і глибини котловану [14, 15].

Ґрунт розробляють з поверхні землі, зазвичай використовуючи екскаватори-драглайни з ковшем місткістю $0,65 \dots 1,0 \text{ м}^3$. Виїмку ґрунту ведуть від середини котловану до бортів (рис. 4.2), залишаючи у бортів берми шириною не менше 1 м з природними відкосами.

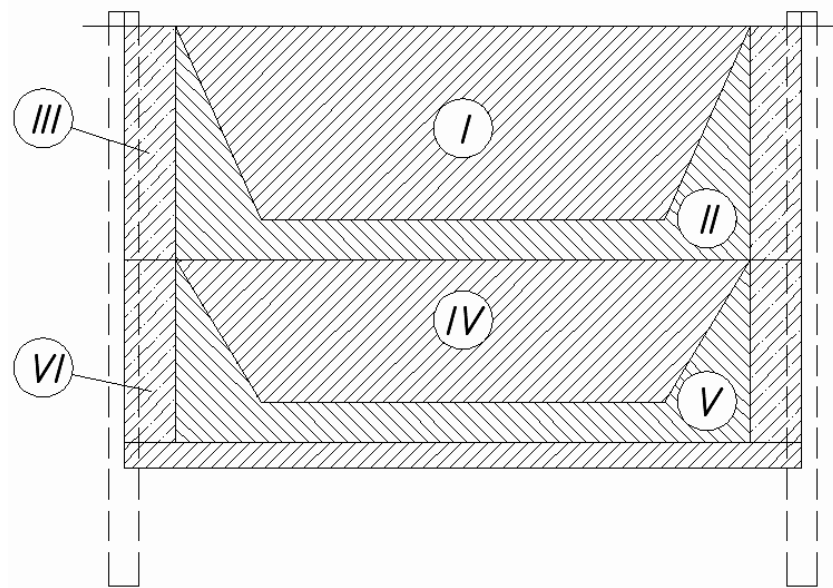


Рисунок 4.2 – Поетапна розробка ґрунту

Ґрунт, що залишився з боків котловану, зрізують і переміщують в зону дії екскаватора за допомогою бульдозерів. Безпосередньо біля стін ґрунт розробляють вручну.

Аналогічними прийомами розробляють ґрунт наступних ярусів, влаштовуючи з'їзди з ухилом 1:10 або майданчики для розміщення екскаваторів довжиною не менше 20 м.

Дно котловану вирівнюють бульдозером або вручну.

Правильна організація земляних робіт забезпечує темпи їх виконання в об'ємі $300 \dots 400 \text{ м}^3$ ґрунту у зміну.

4.3 Технологія зведення станційної конструкції

Роботи по зведенню конструкцій станції так само, як і при розробці котловану, ведуться потоковим методом, що припускає виконання ряду технологічних процесів, на сусідніх ділянках завдовжки 8...12 м [14, 15].

На ділянці протяжністю 100...120 м проводять роботи в послідовності і об'ємах, що охоплюють весь цикл – від розробки і кріплення котловану, зведення і гідроізоляції конструкцій, до зворотної засипки споруди і монтажу інженерних мереж, що підводять. Фронт робіт просувається по осі станційного комплексу від одного кінця до іншого. Слідом за підготовчими роботами, виконуються основні: розробка і кріплення котловану, зведення конструкцій, гідроізоляція і зворотна засипка ґрунтом, ущільнення, планування і відновлення дорожнього покриття і впорядкування території.

На рис. 4.3-4.6 показана послідовність робіт по монтажу конструкцій типової колонної станції.

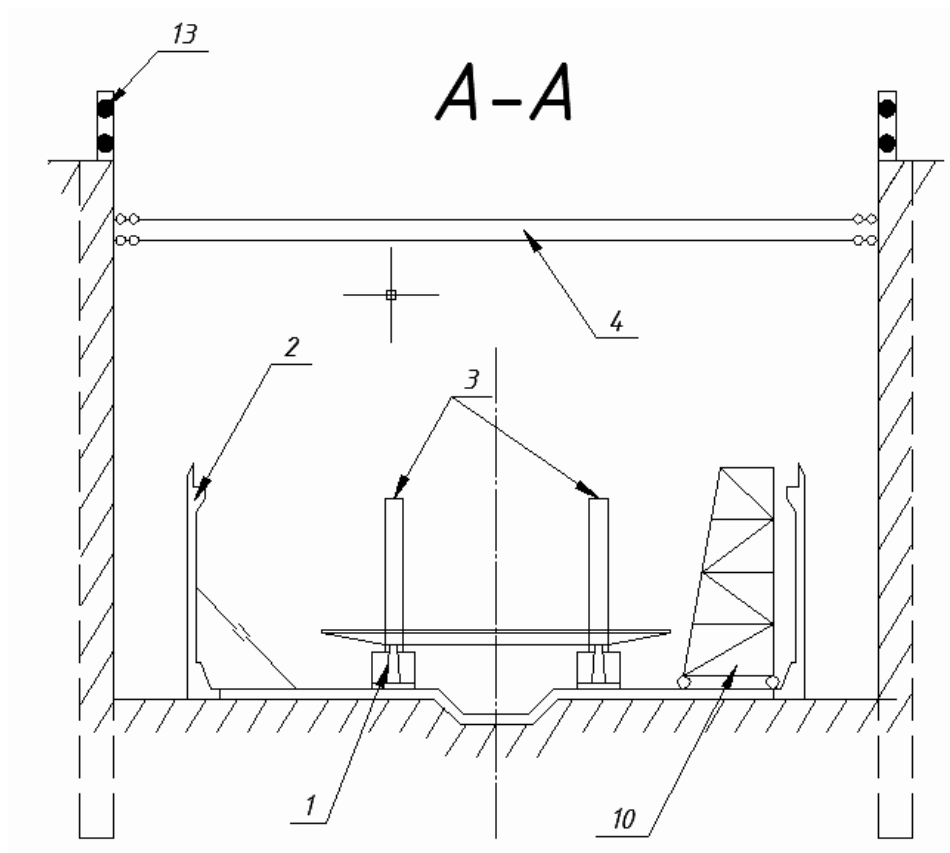


Рисунок 4.3 – Схема спорудження станції (І етап)

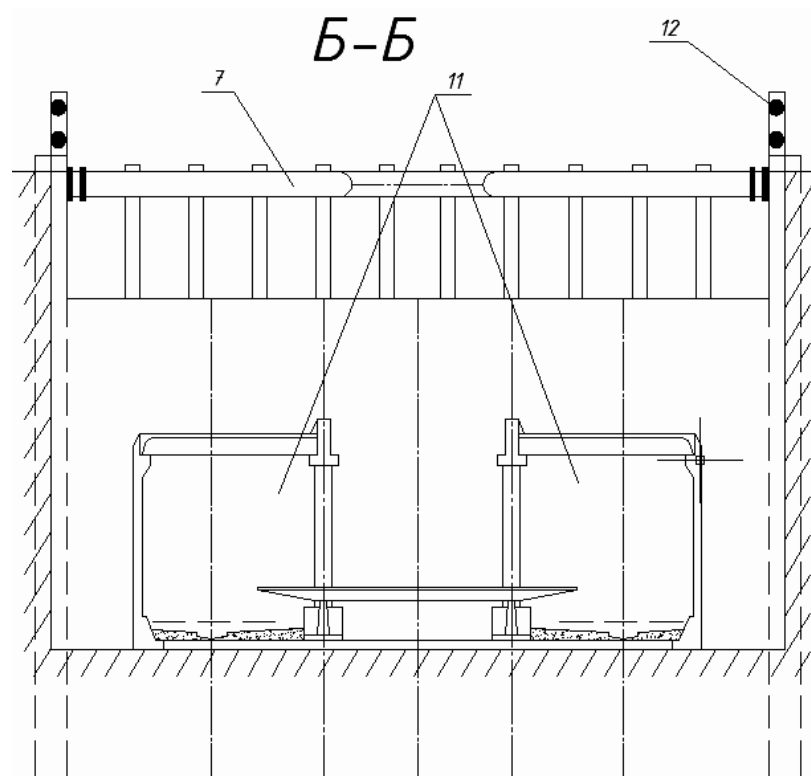


Рисунок 4.4 – Схема спорудження станції (II етап)

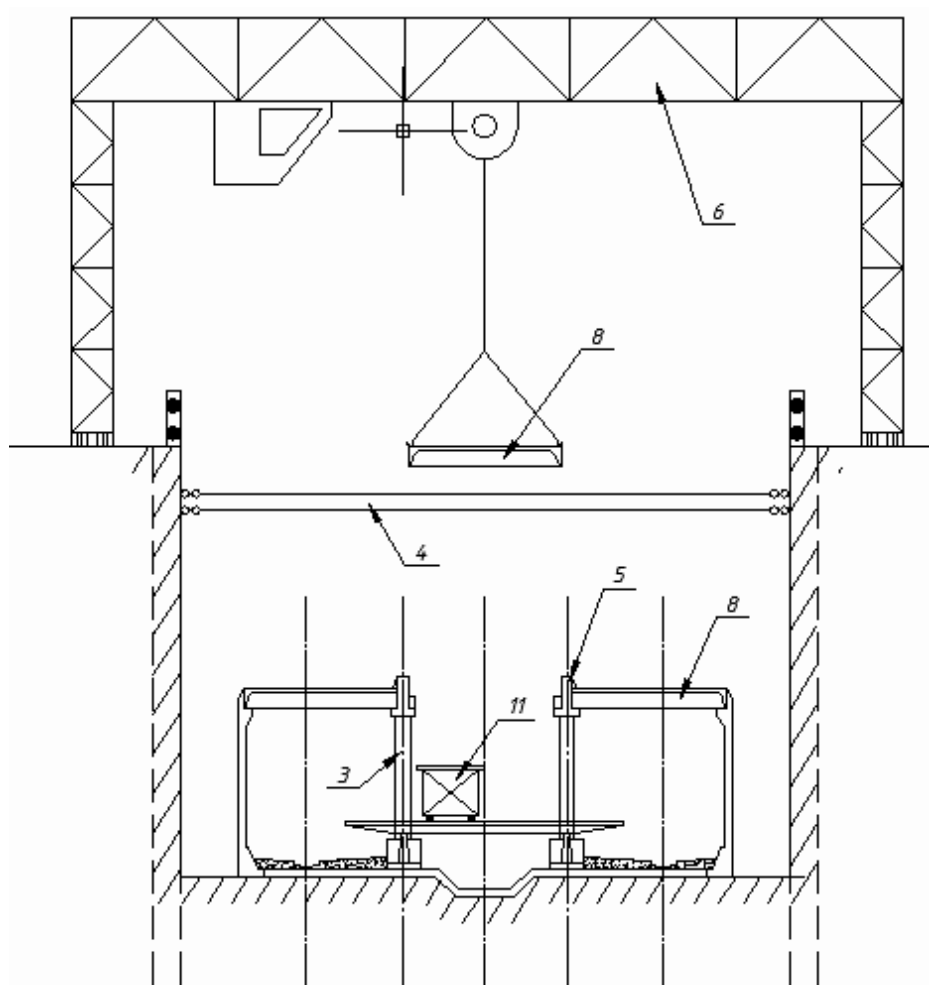


Рисунок 4.5 – Схема спорудження станції (III етап)

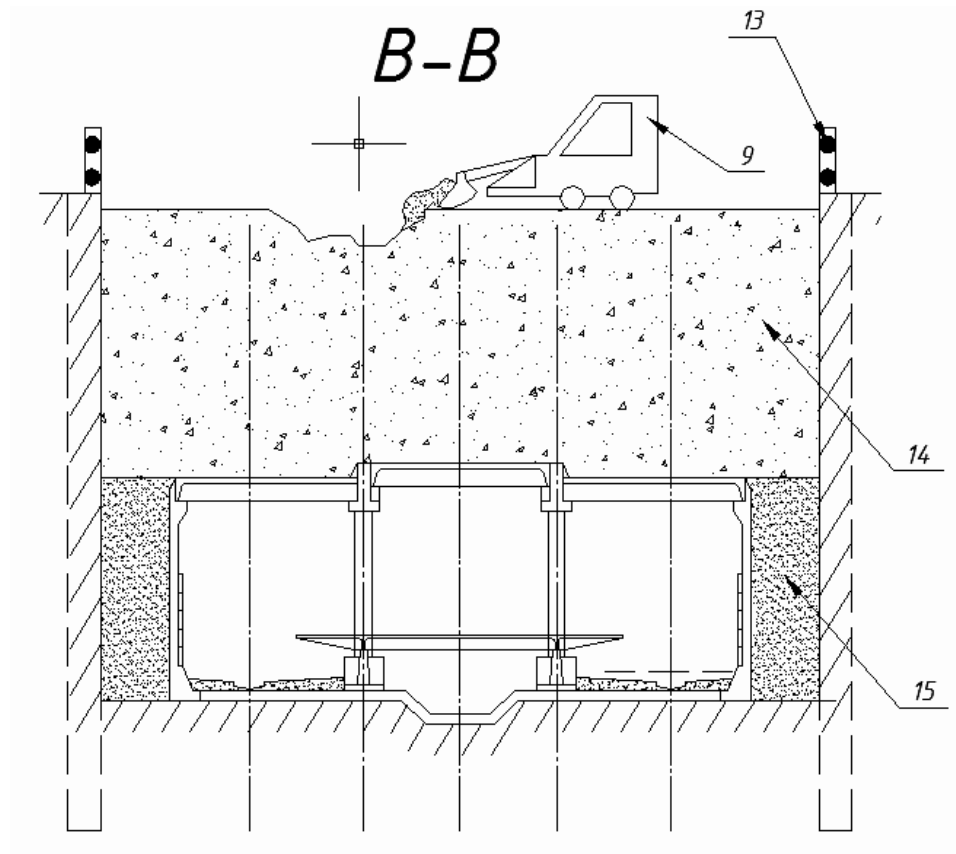


Рисунок 4.6 – Схема спорудження станції (IV етап)

Позначки на рисунках:

- 1 – фундаментний блок;
- 2 – стіновий блок;
- 3 – колона;
- 4 – розстріл;
- 5 – ригель;
- 6 – козловий кран;
- 7 – кутові розстріли;
- 8 – плити перекриття;
- 9 – бульдозер;
- 10 – візок для зварювальних робіт;
- 11 – візок для монтажу;
- 12 – огороження котловану
- 13 – огороження котловану;

14 – засипання піском;

15 – цегляна стінка

Спорудження повнозбірних конструкцій є чисто монтажною операцією, що забезпечує високу продуктивність праці. Збірні конструкції монтують, ведучи роботи на достатньо широкому фронті (до 20 м). Це дозволяє виконувати всі технологічні операції в чіткій послідовності, добиваючись високої продуктивності праці і належної якості робіт при середньому темпі зведення конструкцій – 50...60 м в місяць.

Всі збірні конструктивні елементи подають автомобільним транспортом (панелевозами і трейлерами) на майданчик під консоль козлового крана ККТС-20 і переносять до місця монтажу. Монтаж конструкцій проводять знизу до верху. Спочатку встановлюють фундаментні і лоткові блоки, потім стінові панелі і омоноличують стики між ними. Монтаж наступних елементів ведуть після набору бетоном потрібної за проектом міцності: встановлюють колони і внутрішньостанційні конструкції, укладають прогони та міжярусні перекриття, а потім і плити верхнього перекриття. При збирання конструкції використовують монтажні візки, що пересуваються по лотковій плиті або платформі і призначені для вивірювання положення елементів оправи і з'єднання їх між собою зварюванням закладних деталей.

4.4 Технологія гідроізоляційних робіт

Технологія гідроізоляційних робіт залежить від виду гідроізоляційного матеріалу. В більшості випадків застосовують наклейну гідроізоляцію із рулонних матеріалів на склотканинній основі (гідростеклоізол, стеклобіт, стеклорубероїд тощо) [14, 15].

Гідроізоляцію виконують в два-три шари. При гідроізоляції основи полотна матеріалу укладають поперек осі тунелю на заздалегідь заґрунтовану бітумним лаком поверхню цементної стяжки і приклеюють всією площиною, оплавляючи покривний шар газополум'яними пальниками. Довжину полотен приймають

такою, щоб залишався запас для наклейки на стіни. Полотна повинні перекривати один одне на 100...120 мм. Другий ряд зміщують по відношенню до стиків нижчележачого не менше ніж наполовину ширини рулону. Після монтажу стін кінці полотнищ, що залишилися, загинають і наклеюють на стінні блоки внахлест. Для захисту ізоляції від механічних пошкоджень при монтажі конструкцій її закривають цементно-піщаною стяжкою. Схема влаштування наклейної гідроізоляції основи, стін і перекриття станції приведена на рис. 4.7.

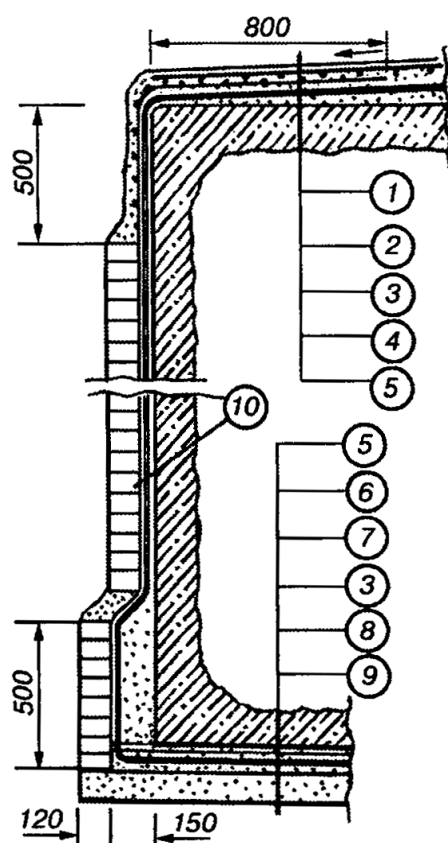


Рисунок 4.7 – Схема наклейної гідроізоляції:

- 1, 6 – цементна стяжка (захисний шар); 2 – арматурні сітки;
- 3 – наклейна гідроізоляція; 4 – розуклін з бетону; 5 – конструкція станції;
- 7 – цементно-піщана стяжка; 8 – вирівнюючий шар;
- 9 – бетонна підготовка; 10 – цегляна стінка

Ізоляцію стін виконують безпосередньо по їх зовнішній поверхні в тому випадку, якщо станцію зводять в котловані з природними укосами або якщо між стінами котловану і станції залишено зазор 0,8...1,2 м. Якщо ж цей зазор

менше 0,8 м, то гідроізоляцію влаштовують по захисній стінці до зведення оправи. Захисну стінку виконують з цеглини, бетонних або залізобетонних плиток, асбошиферних листів або торкрету по металевій сітці. Роботи по гідроізоляції стін ведуть ланка з 3 чол. з пересувного риштування від верху до низу на всю висоту, сполучаючи стики полотен по довжині внахлист. Для утримання рулону і переміщення його по стіні використовують підвісну траверсу і ручну лебідку. Листи гідроізоляції в сполученні стін з перекриттям слід укладати внахлист, завертаючи кінці полотнищ із стіни на перекриття.

Роботи по гідроізоляції перекриття аналогічні роботам, які виконуються при ізоляції лоткової частини. По перекриттю станції укладають захисний шар бетону завтовшки 0,15...0,20 м, армуючи його сталевими сітками. Особливу увагу слід надавати при виконанні захисного шару гідроізоляції на склепінчастих перекриттях станцій. При зворотній засипці таких конструкцій зсув ґрунту по похилій площині викликає значні зусилля зсуву, які можуть привести до розриву захисного шару і порушення гідроізоляції.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги безпеки під час улаштування будівельної площадки

5.1.1 До початку основних робіт повинне бути забезпечено нормальне санітарно-побутове обслуговування працюючих і організоване громадське харчування відповідно до вимог діючих будівельних норм і правил «Техніка безпеки в будівництві» та «Допоміжні будівлі та приміщення промислових підприємств. Норми проектування».

5.1.2 Організація будівельного майданчику при спорудженні станцій метрополітену мілкового закладення повинна виконуватися згідно з проектами організації будівництва (ПОБ) та забезпечувати безпеку праці працюючих, проходу людей, а також безперешкодний під'їзд транспортних засобів на всіх етапах виконання робіт.

5.1.3 Розташування автомобільних та пішохідних доріг, постійних та тимчасових будівель та споруд на будівельному майданчику повинно відповідати будівельному генеральному плану. Напрямок руху автотранспортних засобів на території будівельного майданчику, їх швидкість повинні регулюватись дорожніми знаками.

5.1.4 Кожен будівельний майданчик повинен забезпечуватись телефонним або радіозв'язком та сторожовою охороною. Черговий повинен мати список номерів телефонів аварійних служб та відповідальних осіб.

5.1.5 Будівельний майданчик повинен огорожуватись забором висотою не менше 2 м. Огорожі, що примикають до місць масового проходу людей, необхідно облаштувати суцільним захисним козирком. Ширина проходу повинна бути не менше 1,2 м. В випадку примикання пішохідного проходу до проїзної частини дороги необхідно виконати суцільне огороження з боку дороги висотою не менше 1,1 м. Проходи та проїзди на територію будівельного майданчика повинні бути вільними. Їх слід очищати від бруду, снігу, льоду та подавляти пил.

Особливу увагу слід звернути на збереження огорожі по периметру котловану.

5.1.6 В місцях переходів через траншеї повинні встановлюватись мостики шириною не менше 0,8 м з перилами висотою 1,1 м та бортовими дошками висотою не менше 15 см.

5.1.7 Територія будівельного майданчику повинна бути спланованою та улаштованою пристроями для відведення атмосферних та технічних вод з таким розрахунком, щоб виключити можливість їх попадання до котловану. Межі небезпечних зон слід огорожувати та позначати попереджувальними знаками та сигналами, які добре видно вдень і ніччю.

5.1.8 На огорожі території будівельного майданчика, на видному місці повинен встановлюватись інформаційний щит з зазначенням найменування об'єкту, заказчика, генпідрядника, прізвищ відповідальних виробників робіт, номерів телефонів, строків початку та закінчення робіт.

5.1.9 Машини та механізми, що застосовуються на будівельному майданчику, не повинні перевищувати при роботі гранично допустимих рівнів шуму. При виробництві робіт в межах міста в ПОС повинні прийматись додаткові заходи по зниженню рівня шуму до величини, що визначена державними стандартами.

5.1.10 Територія будівельного майданчика, ділянки робіт, робочі місця повинні бути освітлені відповідно державним стандартам та будівельним нормам по освітленню місць виробництва робіт. На огорожі, що примикає до проїзної частини дороги, повинно виконуватись сигнальне освітлення та повинні встановлюватись попереджувальні знаки.

5.1.11 Будівельні машини повинні встановлюватись на стійкої вирівняної основі з ухилом, який не перевищує допустимого технічним паспортом.

5.1.12 Колодці та шурфи на території майданчика повинні бути закритими або огороженими, а траншеї огороженими перилами висотою 1,1 м. В темний час доби на огороження повинні встановлюватись світлові сигнали.

5.1.13 Тимчасові споруди будівельних майданчиків, майстерні, контори,

копри, естакади, машинні та інші приміщення, а також розміри санітарно-захисних зон повинні відповідати вимогам Державного пожежного нагляду та діючими санітарними нормам проектування промислових підприємств.

5.1.14 Санітарно-побутові приміщення повинні бути за межами будівельного майданчика.

5.1.15 Питні установки (баки з водою) передбачається встановлювати на відстані 75 м по горизонталі.

5.1.16 Розміщення аптечок з медикаментами, носилок та фіксуючих шин передбачається в приміщенні начальника дільниці.

5.1.17 Електроосвітлення робочих місць здійснюється прожекторами ПЗС-35 або ПЗС-45 на інвентарних стійках, що підключаються згідно схеми електропостачання будівельного майданчика.

5.1.18 Технологія та організація робіт визначається відповідними розділами описання технології робіт.

5.1.19 В проєкті будівельного майданчика повинен передбачатися максимально можливий обсяг складування й зберігання збірних залізобетонних тунельних конструкцій блоків оправи з урахуванням забезпечення безпечних умов їхнього транспортування, навантаження, вивантаження й зберігання. Забороняється безладне зберігання будівельних матеріалів й конструкцій. При складуванні збірних залізобетонних тунельних конструкцій, блоків оправи повинна враховуватися послідовність їх монтажу та транспортування. Під час роботи на будівельному майданчику всі повинні носити каски.

5.1.20 Підземні споруди при будівництві метрополітенів та тунелів повинні прокладатися й переулаштовуватися у відповідності з вимогами діючих правил виробництва робіт по прокладці в перебудові підземних споруд.

5.2. Загальні вимоги до пожежної безпеки

5.2.1 При будівництві підземних об'єктів необхідно дотримуватись заходів по забезпеченню пожежної безпеки, які передбачаються з урахуванням вимог державних стандартів, будівельних норм і правил. Приказом по організації

повинні назначатись відповідальні за дотримання вимог на будівельному майданчику.

5.2.2 Державний пожежний нагляд на будівництві підземних об'єктів здійснює Держгіртехнагляд України. Всі робочі та інженерно-технічні робітники повинні знати правила поведінки при виникненні пожежі, повинні уміти користуватись засобами саморятунку та первинними засобами пожежогасіння, знати місця їх зберігання.

5.2.3 Протипожежний захист об'єктів в період будівництва повинен передбачатися ПОБ відповідно до етапів розвитку підземних робіт. Проект протипожежного захисту (ППЗ) повинен розроблятися як спеціальний розділ у складі ПОБ для кожного об'єкту. Територія будівельного майданчика до початку будівництва повинна бути розчищена від горючих матеріалів, рослинності.

5.2.4 На окремих об'єктах мілкового закладення, у виробках яких не використовується самохідний транспорт і відсутнє дерев'яне кріплення, необхідність пожежно-технологічного трубопроводу визначається головним інженером організації.

5.2.5 До гасіння пожеж на будівельних майданчиках, а також котлованах і траншеях підземних споруд, що будуються відкритим способом, притягуються, за погодженням підрозділом Державної протипожежної служби в порядку згідно Регламенту взаємодії організацій, підрозділів служб рятувальника і протипожежної при ліквідації аварій, обумовлених пожежами на об'єктах будівництва підземних споруд.

5.2.6 У всіх випадках при виконанні рятувальних робіт і гасінні пожеж в підземних умовах повинні дотримуватися особливі заходи безпеки, визначені Статутом професійної служби рятувальника по організації і веденню робіт рятувальників на будівництві підземних споруд.

5.2.7 Конструкції підземних споруд запроектовані з незгораючих або важкозгораючих матеріалів, наприклад, залізобетону, що забезпечують необхідні межі вогнестійкості.

Облицювання пасажирських приміщень виконують з мармуру, граніту, металевих профілів. Звукопоглинаюче оздоблення службових приміщень станції передбачено з алюмінієвих перфорованих профілів, заповнених скловатою. Дерев'яні двері приміщень та лавки на станції передбачено використовувати з деревини, що оброблена глибоким просоченням антипіренами. Шафи в гардеробній виконують з металу.

Підлоги приміщень, що пов'язані з тривалим перебуванням людей, передбачається робити з полівінілхлоридного одношарового лінолеуму спеціального призначення, що відносять до групи самозатухаючих.

5.2.8 Силові електричні кабелі прийнято використовувати з ізоляційним покриттям зниженої горючості.

5.2.9 На станції передбачається пожежний водопровід.

5.2.10 Із приміщень тягово-понижуючих підстанцій, кабельно-вентиляційних колекторів, блоків технологічних приміщень передбачається по два евакуаційних виходи.

5.2.11 В службово-технічних та службово-побутових приміщеннях станції передбачається установка систем пожежної сигналізації, а на коліях відстою рухомого складу з технічним обслуговуванням (в лінійному пункті) – автоматична система пожежогасіння.

5.2.12 Горючі та змащувальні матеріали повинні доставлятися до місця робіт в металевій щільно закритій тарі в кількості, що не перевищує потреби зміни.

5.2.13 Забороняється застосування відкритого вогню та паління при приготуванні антисептичних составів, в місцях зберігання і використання лакофарбових матеріалів, ГЗМ, інших горючих та вибухових матеріалів.

5.2.14 Приміщення кабельних колекторів, що використовуються для вентиляції, улаштовані повітрянощільними дверми, які закриваються в випадку пожежі.

ВИСНОВКИ

1. В бакалаврській роботі виконано аналіз інженерно-геологічних умов будівництва (умови Київського метрополітену). Станція метрополітену колонного типу мілкого закладення, яка проєктується, знаходиться в слабких ґрунтах.

2. На основі досліджених інженерно-геологічних умов проведено варіантне проєктування станційної конструкції та виконане техніко-економічне порівняння. Для статичного розрахунку і для розробки технології прийнято найбільш економічний варіант №3 – варіант конструкції із плоским збірним перекриттям.

3. Проведений статичний розрахунок методом скінченних елементів, для дослідження конструкції станції мілкого закладення розроблена її скінченно-елементна модель на основі ліцензійного комплексу Structure CAD for Windows, version 7.31 (SCAD).

4. В ході аналізу міцності конструкції виявлено, що еквівалентні напруження сягають в деяких точках межових значень у 17,0 МПа, що свідчить про те, що в бетоні колони виникають тріщини, тому слід для цих елементів слід підвищити клас бетону (наприклад, до В40), або замінити залізобетон елементів на метал.

5. Розроблені основи технології спорудження колонної станції мілкого закладення, а саме технології розробки ґрунту, зведення станційної конструкції та гідроізоляційних робіт. Розроблені основи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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. Баженов, В. А. Полуаналитический метод конечных элементов в механике деформируемых тел [Текст] / В. А. Баженов, А. И. Гусляр, А. С. Сахаров, А. Г. Топор. – Киев: НИИ строительной механики, 1993. – 376 с.
4. Гайко, Г. І. Конструкції кріплення підземних споруд: Навчальний посібник [Текст] / Г. І. Гайко. – Алчевськ: Дон ДНУ, 2006 – 133 с.
5. 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.
6. ДБН Д.1.1-1-2000 Правила визначення вартості будівництва [Текст]. – Київ: Держбуд України, 2003. – 148 с.
7. ДБН В.2.3-7-2010. Споруди транспорту. Метрополітени [Текст]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2011. – 195 с.
8. 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.
9. Заворицкий, В. И. Проектирование подземных транспортных сооружений [Текст] / В. И. Заворицкий. – Київ: Будівельник, 1975. – 204 с.
10. Лысиков Б. А. Использование подземного пространства [Текст] / Б.А. Лысиков, А.А. Калюхин. – Донецк: Вебер, 2008. – 416 с.
11. Петренко, В. Д. Методичні вказівки до курсового й дипломного проектування «Станція метрополітену мілкового закладення (конструкції та

спорудження)» [Текст] / В. Д. Петренко, В. Т. Гузченко, О. Л. Тютюкін. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2015. – 30 с.

12. 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.

13. 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.

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

15. Петренко, В. І. Станції метрополітену: конструкції та спорудження [Текст]: навчальний посібник / В. І. Петренко, В. Д. Петренко, О. Л. Тютюкін. – Дніпропетровськ: Вид-во «Нова ідеологія», 2012. – 164 с.

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

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