

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
ННІ Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту

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

«Транспортна інфраструктура»
(повна назва кафедри)

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

на тему: Проєкт спорудження вестибюлю станції мілкового закладення
Київського метрополітену в якості укриття
за освітньою програмою «Мости і транспортні тунелі»
зі спеціальності: 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

Виконав: студентка групи: МТ2016

	<hr/>	/ Оксана ДАЩЕНКО / (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Керівник:	<hr/> (підпис)	/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Нормоконтролер:	<hr/> (підпис)	/ зав. каф. Олексій ТЮТЬКІН / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Консультант: Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	<hr/> (підпис)	/ проф. каф. Олег САБЛІН / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студентка

(підпис)

Дніпро – 2025 рік

**Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies
Dnipro Institute of Infrastructure and Transport**

Building, architecture and infrastructure

(faculty)

Transport infrastructure

(department)

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

on the topic: Construction project for a shallow station lobby of the Kyiv Metro
to serve as a shelter

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: MT2016 / Oksana DASHCHENKO /

(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)

/ Prof. of Dept. Oleh SABLIN /

(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
ННІ Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту

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 ТЮТЬКІН**

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ОС «бакалавр»

(ступінь вищої освіти)

студентці Дащенко Оксані Анатоліївні

(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Проект спорудження вестибюлю станції мілкового закладення Київського метрополітену в якості укриття»

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

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

затверджені наказом від «03» березня 2023 р. № 329ст

2. Строк подання студентом роботи: «16» червня 2025 р.

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

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

Вступ. Розділ 1. Аналіз інженерно-геологічних й гідрогеологічних умов будівництва вестибюлю. Розділ 2. Принципи проектування вестибюлю як комплексу споруд метрополітену. Розділ 3. Обґрунтування параметрів стійкості «стіни в ґрунті» як огороження котловану. Розділ 4. Проект спорудження вестибюлю станції мілкового закладення в якості укриття. Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

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

Лист 1. Інженерно-геологічні умови будівництва. Лист 2. План та розрізи вестибюлю. Лист 3-4. Технологія спорудження котловану. Лист 5. Технологія монтажу конструкцій вестибюлю.

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	Проф. каф. О. І. Саблін		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Розділ 1. Аналіз інженерно-геологічних й гідрогеологічних умов будівництва вестибюлю.	28.04.2025 – 04.05.2025	
2	Розділ 2. Принципи проектування вестибюлю як комплексу споруд метрополітену. Розділ 3. Обґрунтування параметрів стійкості «стіни в ґрунті» як огороження котловану.	19.05.2025 – 25.05.2025	
3	Розділ 4. Проект спорудження вестибюлю станції мілкового закладення в якості укриття. Розділ 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Оформлення ВКР.	09.06.2025 – 15.06.2025	
4	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	16.06.2025 – 22.06.2025	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	23.06.2025	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	24.06.2025 – 29.06.2025	

Студентка

_____ (підпис)

Оксана ДАЩЕНКО

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олексій ТЮТЬКІН

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

49 стор., 14 рис., 0 табл., 12 літературних джерел.

Об'єкт розробки – вестибюль станції Київського метрополітену.

Мета роботи – розробити проєкт спорудження вестибюлю станції мілкого закладення Київського метрополітену в якості укриття.

Метод дослідження – аналітичний метод визначення стійкості «стіни в ґрунті».

В роботі проведено аналіз інженерно-геологічних й гідрогеологічних умов будівництва вестибюлю. Викладено принципи проєктування вестибюлю як комплексу споруд метрополітену й обрано конструкцію вестибюлю.

Виконано обґрунтування параметрів стійкості «стіни в ґрунті» як огороження котловану на основі аналітичного методу.

Розроблено проєкт спорудження вестибюлю станції мілкого закладення в якості укриття. Розроблено комплекс технологічних дій, що включають в себе спорудження «стіни в ґрунті» та власне конструкції вестибюлю.

Розроблені основи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: МЕТРОПОЛІТЕН, ВЕСТИБЮЛЬ, ПРОЄКТ СПОРУДЖЕННЯ, КОТЛОВАН, «СТІНА В ҐРУНТІ», ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ Й ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ БУДІВНИЦТВА ВЕСТИБЮЛЮ	9
2 ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ ВЕСТИБЮЛЮ ЯК КОМПЛЕКСУ СПОРУД МЕТРОПОЛІТЕНУ	11
3 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТІЙКОСТІ «СТІНИ В ҐРУНТІ» ЯК ОГОРОДЖЕННЯ КОТЛОВАНУ	19
4 ПРОЄКТ СПОРУДЖЕННЯ ВЕСТИБЮЛЮ СТАНЦІЇ МІЛКОГО ЗАКЛАДЕННЯ В ЯКОСТІ УКРИТТЯ	25
4.1 Принципи використання вестибюлю станції мілкового закладення в якості укриття.....	25
4.2 Розробка котловану.....	26
4.3 Спорудження огородження котловану способом «стіна в ґрунті»	27
4.4 Технологія бетонування у способі «стіна в ґрунті»	34
4.5 Монтаж конструкції та влаштування гідроізоляції	37
4.6 Арматурні роботи по влаштуванню конструкції.....	38
4.7 Технологія виконання робіт по монтажу конструкції.....	39
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	43
5.1 Вимоги безпеки праці під час виконання робіт з влаштування будівельного майданчика.....	43
5.2 Можливі небезпечні фактори.....	43
5.3 Вимоги безпеки	44
ВИСНОВКИ.....	47
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	48

ВСТУП

Під час повномасштабної війни російської федерації проти України споруди метрополітену вивільнили потенціал свого подвійного призначення і стали працювати як укриття [2, 3]. Досвід Київського, Дніпровського та Харківського метрополітенів свідчить про те, що станційні комплекси були надійними укриттями на деякий період війни, що характеризувався масованими ракетно-дроновими ударами.

Аналіз підземних споруд метрополітенів, що включив в себе не тільки станційні комплекси, а й перегінні тунелі, підземні підхідні коридори, вестибюлі, доводить те, що ці частини транспортної системи метрополітену можуть виконувати роль укриттів не менш ефективно. Більш того, саме ці підземні об'єкти по причині свого закладення та, відповідно, доступності, можуть приймати містян під час об'явлення повітряної тривоги в першу чергу.

Вестибюлі серед цих споруд метрополітену є найбільш зручними, оскільки частіш усього мають два і більше виходів, знаходяться на глибині до 15 метрів і не потребують ескалаторного підйому та мають достатню місткість для 300...500 осіб [7, 9]. При цьому, якщо розглядати вестибюлі у відповідності до ДБН, в якому підземні об'єкти метрополітену в якості тимчасових укриттів не згадуються, вони витримують вплив уламків, а деякі, при визначеній глибині закладення, і прямий вибух боєприпасів певного вигляду.

Вестибюль станції мілкового закладення, окрім свого подвійного призначення як укриття, повинен виконувати пряме призначення, будучи об'єктом, що забезпечує зв'язок пасажирської платформи станції з поверхнею землі [9]. Частіш усього вестибюлі споруджуються у верхній частині геологічного розрізу, що характеризується слабкими (піски, супіски, суглинки, глини) та/або зводненими ґрунтами. Як і для станцій мілкового закладення односклепінчастого або колонного типів, проєкт спорудження вестибюлів повинен включати в себе додаткові варіанти кріплення.

Одним з таких варіантів, який успішно зарекомендував себе під час

спорудження Київського та Дніпровського метрополітенів, є метод «стіна в ґрунті». Цей спеціальний спосіб закріплення котловану полягає в тому, що до будівництва вестибюлю або станційного комплексу мілкового закладення по його периметру створюється траншея, що заповнюється бетоном та армується. Потім, під час розкриття котловану, зварювання арматурних каркасів, бетонування, монтажу збірних конструкцій вестибюлю, «стіна в ґрунті» виконує роль огорожі котловану, забезпечуючи його від обвалення.

В подальшому, після повного спорудження конструкції вестибюлю, «стіна в ґрунті» виконує роль додаткового кріплення, яке надає міцності та стійкості підземній споруді, що виконує обидва свої призначення. Таким чином, задачею проєктувальника є виконання розрахунку «стіни в ґрунті» на основі реальних вихідних параметрів з метою визначення коефіцієнта стійкості та його запасу, що показує експлуатаційну здатність такої огорожі.

Важливою задачею, що вирішена у випускній роботі на отримання освітнього ступеня «бакалавр», є розробка загального проєкту спорудження вестибюлю станції мілкового закладення на основі даних Київського метрополітену. Такий проєкт, окрім обговорення принципів застосування вестибюлю в якості укриття, полягає в розробці комплексу технологічних дій, що включають в себе спорудження «стіни в ґрунті» та власне конструкції вестибюлю. Для цього увагу приділено монтажу конструкції вестибюлю та влаштуванню гідроізоляції, арматурним роботам по влаштуванню конструкції та її монтажу конструкції.

Таким чином, в пояснювальній записці та 5 демонстраційних листах наведено всі дані щодо проєкту спорудження вестибюлю станції мілкового закладення Київського метрополітену в якості укриття з надаванням детальних даних по кожному технологічному процесу.

1 АНАЛІЗ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ Й ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ БУДІВНИЦТВА ВЕСТИБЮЛЮ

Проведення геологічних вишукувань ґрунтів є найважливішим етапом при виконанні проєктних та вишукувальних робіт [1, 6]. Перед початком будівництва важливо провести повне і якісне обстеження ґрунту, оскільки саме від геології місцевості залежить спосіб розробки ґрунту. Для цього бурять свердловини, беруть зразки ґрунтів і проводять ряд лабораторних досліджень для визначення фізико-механічних властивостей, геологічної будови і фільтраційних характеристик ґрунтів; гідрогеологічного режиму і хімічного складу ґрунтових вод; дослідження факторів розвитку небезпечних геологічних процесів.

При інженерно-геологічних вишукуваннях виконувались наступні об'єми робіт, що включали буріння розвідувальних свердловин, в яких відбирались проби ґрунтів непорушеної та порушеної структури для лабораторних досліджень з метою визначення їх фізико-механічних характеристик та міцностних властивостей, а також проби ґрунтових вод для визначення їх хімічного складу та агресивних властивостей до бетонних конструкцій. Крім того, для визначення геологічних умов в районі будівництва збираються та узагальнюються фондові матеріали інженерно-геологічних вишукувань минулих років [6].

Для визначення гідрогеологічних параметрів ґрунтів проводжувались експрес-відкачки та поодинокі відкачки; для послідуєчих спостережень за режимом ґрунтових вод залишались гідроспостережні свердловини. Для визначення фільтраційних та фізико-механічних характеристик ґрунтів в їхньому природному заляганні виконується комплекс польових геофізичних досліджень (радіоізотопні методи та статичне зондування).

Клімат помірно-континентальний з відносно м'якою зимою та не дуже жарким літом. Температурний режим повітря визначається сонячною радіацією, загальною циркуляцією атмосфери та характером поверхні.

В умовах сучасного крупного міста велику роль грає господарська діяльність людини, яка визначеним чином змінює перелічені вище фактори. Ці зміни пов'язані з особливостями структури міста (характером забудови, архітектурним ландшафтом, озелененням, присутністю водоймищ, забрудненням зовнішнього середовища, виділенням виробничого та побутового тепла). Переважаючими вітрами є західні та північно-західні. Глибина промерзання ґрунту в районі будівництва 0,9 м.

В верхній частині ґрунтового масиву, який досліджувався, знаходиться пісок жовтий, світло-жовтий, від пилюватого до мілкового, місцями з прошарками супіску, середньої щільності, насичений водою. В нижній частині пісок жовтий і сірий, мілкий та середньої крупності, місцями з прошарками супіску, середньої щільності, щільний, насичений водою.

Окремо треба виділити ділянку із масивом супіску жовто-сірого, з прошарками піску та суглинку, з залишками органічних речовин, місцями замуленого, текучого. Опис шарів:

1 – насипний ґрунт: супісок та пісок мілкий з будівельним сміттям до 10...20 %, мало вологий;

9a – пісок жовтий, світло-жовтий, від пилюватого до мілкового, місцями з прошарками супіску, середньої щільності, насичений водою;

12 – супісок жовто-сірий, з прошарками піску та суглинку, з залишками органічних речовин, місцями замулений, текучий;

30 – пісок жовтий і сірий, мілкий та середньої крупності, місцями з прошарками супіску, середньої щільності, щільний, насичений водою.

Вестибюль, який розглядається в роботі, залягає в шарах 1 та 9a.

2 ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ ВЕСТИБЮЛЮ ЯК КОМПЛЕКСУ СПОРУД МЕТРОПОЛІТЕНУ

Комплекс споруд, що забезпечують зв'язок пасажирської платформи станції з поверхнею землі, у загальному випадку включає: наземні або підземні вестибюлі; ескалаторні комплекси; ліфтові підйомники; підхідні підземні коридори зі сходовими, пандусними або ескалаторними переходами [5, 9].

Кількість входів і виходів для кожної станції, а також склад споруд на шляху пасажирів до платформи визначається, виходячи з глибини закладення станції, плану забудови й розташування транспортних магістралей і площ в міському кварталі, а також величини пасажирообороту на станції і пасажиропотоків за окремими напрямками.

Є різні варіанти розташування входів і виходів на станціях. У одному випадку в рівні тротуару розміщують наземний вестибюль, з якого пасажир за системою підземних комунікацій потрапляє на платформу станції. У іншому – входи і виходи влаштовують безпосередньо на тротуарі у вигляді сходових маршів, пандусного або ескалаторного сходу, що веде через підхідні коридори до підземного вестибюля, пов'язаного з пасажирською платформою станції. Для інвалідів, що пересуваються в колясках, і для пасажирів з дитячими колясками на багатьох метрополітенах світу безпосередньо на тротуарах влаштовують ліфтові підйомники.

Розв'язуючи транспортні завдання в особливо напружених вузлах міста не слід діяти у вузькому напрямку. Зокрема, під час проєктування вестибюлів не слід обмежуватися проєктуванням зручних входів і виходів на станції метрополітену. У цьому випадку слід розглядати проблему комплексно, з урахуванням організації підземних пішохідних переходів під площами й магістралями з жвавим рухом транспорту, об'єднуючи велику кількість входів і виходів у різних пунктах міського кварталу. Наземні вестибюлі не дають такої можливості, але мають ту перевагу, що ескалатори зв'язують підлогу наземного вестибюля безпосередньо з пасажирською платформою, дозволяють пасажиру

зійти з ескалатора або спуститися на платформу практично в рівні тротуару.

Ширина сходинок, пандусного сходу й кількість ескалаторів на входах і виходах у перехідні коридори залежать від ширини тротуарів і величини пасажиропотоку в даному напрямку. Цьому пасажиропотоку повинна відповідати пропускна спроможність сходів, пандуса або провізна здатність ескалаторів. Мінімальна висота сходів дорівнює 4 м (за умов мінімального закладення підхідного коридору), тому вони складаються з двох маршів, розділених майданчиками шириною 1,5...2,0 м. Сходи розташовують усередині прямокутного короба (рис. 2.1, а) [9].

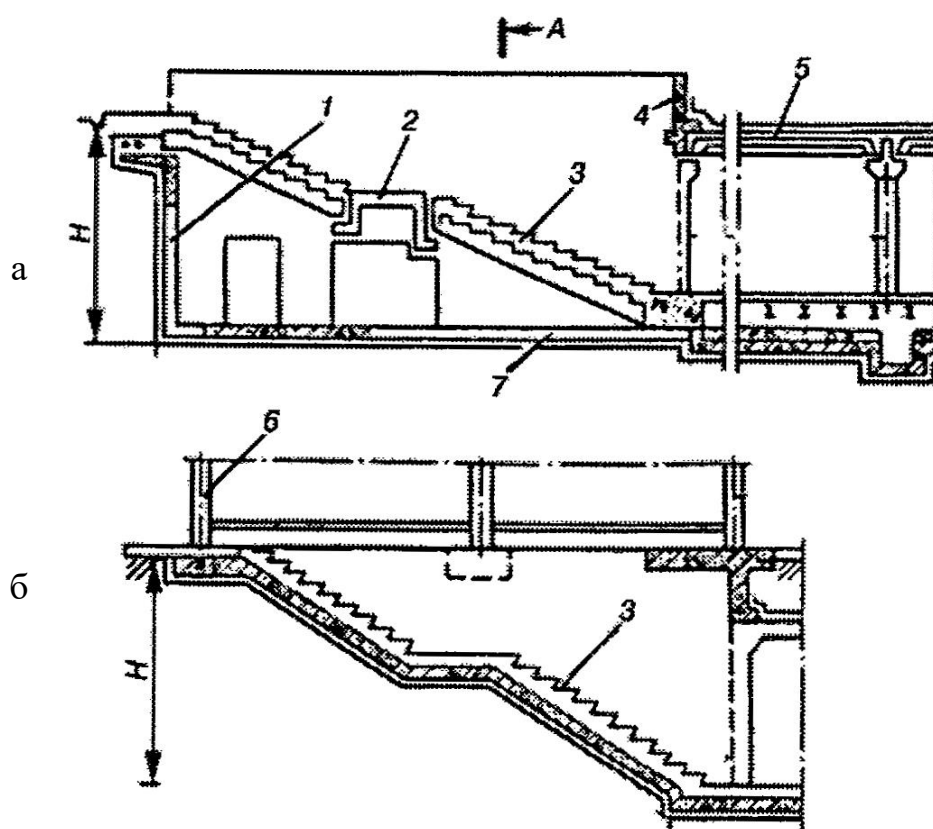


Рисунок 2.1 – Конструкції сходів:

а) із вбудованими маршами; б) із укладанням маршів на ґрунт;

1 – стіновий блок; 2 – сходовая площадка; 3 – марш; 4 – парапет;

5 – блок перекрыття перехідного коридору; 6 – павільйон; 7 – лотковий блок

Конструкція короба складається із стінових 1 і лоткових 2 блоків. Якщо немає необхідності в підсходових приміщеннях, конструкції маршів у вигляді

залізобетонних плит укладають на ґрунт по бетонній підготовці 3 (рис. 2.1, б). Відкриті зверху сходові або пандусні площадки повинні мати огорожі у вигляді парапетів із залізобетонних блоків, висота яких має бути не менше 700 мм від рівня тротуару. Над ескалаторним сходом, а в містах з несприятливими погодними умовами і над сходами влаштовують засклені павільйони. Підхідні коридори влаштовують по найкоротшому напрямку від підземного вестибюля до виходів на тротуар, і лише в разі потреби – з поворотом у плані. У більшості випадків підхідні коридори служать і підвуличними пішохідними переходами.

Підхідні переходи споруджують відкритим способом. Їх поперечний переріз має прямокутну форму. Ширина коридорів призначається залежно від пасажиропотоку, а висота повинна бути не менше 2,5 м. Найбільшого поширення набули збірні залізобетонні конструкції прогоном 4...6 метрів і висотою у світлі не менше 2,5 метрів із зовнішньою гідроізоляцією (рис. 2.2) [9].

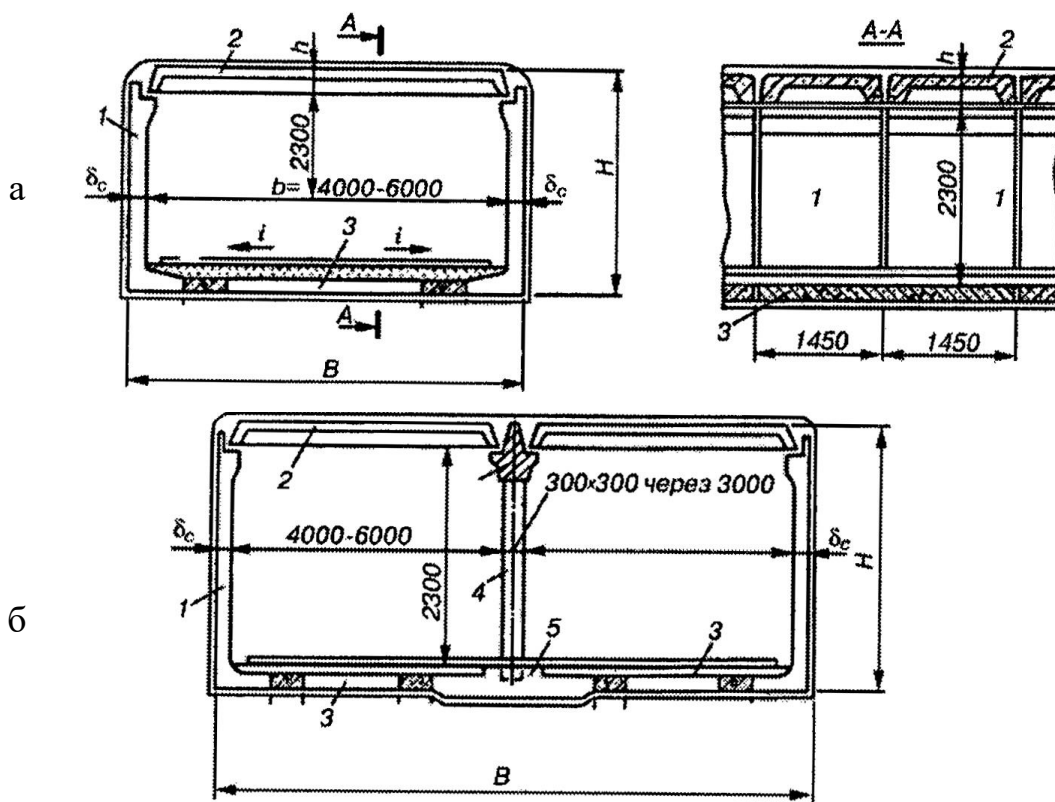


Рисунок 2.2 – Конструкції однопрогонового (а) і двопрогонового (б) підхідних тунелів із збірного залізобетону

Основними елементами таких конструкцій є: стінові блоки 1 (товщина 0,2...0,25 м), ребристі блоки перекриття 2 (товщина 0,3...0,5 м), лотокові блоки 3, колони 4 (розмірами перерізу 300×300 або 400×400 мм), підколоники 5 і ригелі 6. Лотокові й стінові блоки омоноличують у стиках, а перекриття вільно спирається на стіни й ригелі.

Вестибюлі влаштовують наземними або підземними [9, 10]. Вибір того чи іншого типу вестибюля залежить від глибини закладення станції і місця його розташування на плані забудови міського кварталу. При цьому необхідно пов'язати вестибюль з іншими спорудами станційного комплексу, враховуючи їх архітектурні особливості.

Планувальне рішення вестибюлів може бути різноманітним. Проте у всіх випадках повинен бути забезпечений достатній простір для обслуговування пасажирів, визначений з урахуванням перспективного пасажирообороту, і чіткий їх розподіл за напрямками з переважно правостороннім рухом. Необхідно також уникати можливості пересічення зустрічних пасажиропотоків. Для цього входи у вестибюль і виходи влаштовують роздільними. Кількість дверей у вестибюлі повинна відповідати розрахунковій провізній здатності всіх стрічок ескалаторів або пропускній спроможності спуску на платформу.

Розподільні зали станцій можуть бути безпосередньо пов'язані з наземним або підземним вестибюлем. У такому разі вестибюль крім вхідного і вихідного тамбурів і службових приміщень повинен мати касовий і ескалаторний зали або майданчик перед сходовим спуском. Касовий зал з касами і службовими приміщеннями відділяють від ескалаторного залу або від майданчиків сходового спуску турнікетами. Їх кількість визначають за пропускною спроможністю турнікета встановленого типу (на вході 1200 осіб/год). Необхідні площі кожного з вказаних секторів вестибюля визначають виходячи з умови вільного пересування пасажиропотоку в час «пік».

При значній відстані від поверхні землі до рівня платформи вестибюль влаштовують двоярусним. Наземну частину такого вестибюля системою сходів або ескалаторів малого підйому сполучають з підземною його частиною, з якої

підхідні коридори ведуть на пасажирську платформу станції. Таким чином, наземна частина вестибюля служить лише для організації входів і виходів на поверхні, а необхідні службові приміщення, касові й передескалаторні зали розміщуються в підземній його частині. Якщо вестибюль безпосередньо пов'язаний з пасажирською платформою станції ескалаторами, то в його нижньому ярусі розташовують приводну станцію ескалаторів.

Наземні вестибюлі влаштовують у вигляді окремих споруд або розміщують їх на перших поверхах існуючих або перспективних будівель. Якщо вестибюль вбудований у будівлю, необхідно розробити заходи щодо боротьби з шумом і вібрацією від ескалаторів. Вибираючи місцеположення наземних вестибюлів, необхідно прагнути до мінімальної кількості пересічень пасажирами прилеглих до вестибюля вулиць з інтенсивним рухом, пов'язати положення вестибюлів як з існуючою, так і з перспективною забудовою міського кварталу.

Наземні вестибюлі мають найрізноманітніші архітектурно-просторові рішення. Вони залежать не тільки від умов сполучення вестибюля з іншими елементами станційного комплексу, але й до певної міри від архітектурних форм, що визначають своєрідність міської забудови в місці будівництва вестибюля.

Під час будівництва наземних вестибюлів особливу складність викликають роботи, пов'язані зі спорудженням значного за об'ємом підвального поверху для розміщення в ньому машинного приміщення ескалаторів. Важливим і відповідальним етапом робіт є і улаштування вузла сполучення вестибюля з похилим тунелем, що примикає до нього. У більшості випадків роботи ускладнюються наявністю слабких водоносних порід в основі вестибюля. У таких випадках для розробки котловану слід застосовувати спеціальні заходи, які повинні забезпечити в процесі робіт стійкість навколишніх ґрунтів і необхідну несучу здатність природної основи вестибюля.

Після розробки котловану по дну влаштовують бетонну підготовку, наклейну гідроізоляцію і цементну стяжку. На підготовленій основі споруджують суцільну залізобетонну фундаментну плиту і частину стін

машинного приміщення. Потім зводять фундаменти під приводну станцію і привод ескалаторів, стіни, перекриття та інші конструкції вестибюля.

Підземні вестибюлі призначені для об'єднання всіх входів і виходів, розташованих у різних пунктах міського кварталу, і з'єднання їх з платформою станції метрополітену за допомогою сходів або ескалаторів. Як правило, їх розташовують на невеликій глибині безпосередньо під проїжджою частиною вулиць або площ.

Особливого значення підземні вестибюлі набувають на станціях метрополітену поблизу із залізничними вокзалами. У цьому випадку з'єднання прилегло до підземного вестибюля коридору з перонами залізничної станції створює виняткові зручності для пасажирів, що пересідають з одного виду транспорту на іншій. Крім зручного маршруту для пасажирів, що пересідають з вокзалів на станції метрополітену, система підземних коридорів у цьому випадку дозволяє переходити з одного вокзалу на іншій, не пересікаючи колії проходження різних видів наземного транспорту на цій площі.

На планувальне рішення і конструкцію підземних вестибюлів впливає тип станції метрополітену і вид вертикального транспорту, який пов'язує її з підземним вестибюлем.

Найпростішою є конструкція підземного вестибюля на станціях мілкового закладення, пасажирські платформи яких з'єднуються з вестибюлем сходами. У цьому випадку будівництво вестибюлів не є складним процесом і ведеться тим самим відкритим способом, яким споруджується станція.

Конструкцію вестибюля доцільно виконати за аналогією з конструкцією платформної частини станції. У цьому випадку конструкція є трипрогоновою рамою з двома рядами колон (рис. 2.3) [1, 9].

На колони 4 спирається двоконсольний прогін 2, на який спираються ребристі плити верхнього перекриття середнього 3 і крайніх 1 прогонів. Плити крайніх прогонів спираються з другого боку на стінні блоки 5. Відстань між осями колон у поперечному перерізі вестибюля призначають за умов пропуску поїздів, тобто з урахуванням габариту наближення будівель. За цих умов

визначають висоту підлоги вестибюля від рівня головки рейки. Таким чином, мінімальна висота сходового маршу з платформи станції з урахуванням товщини перекриття складе 3,12 м [9].

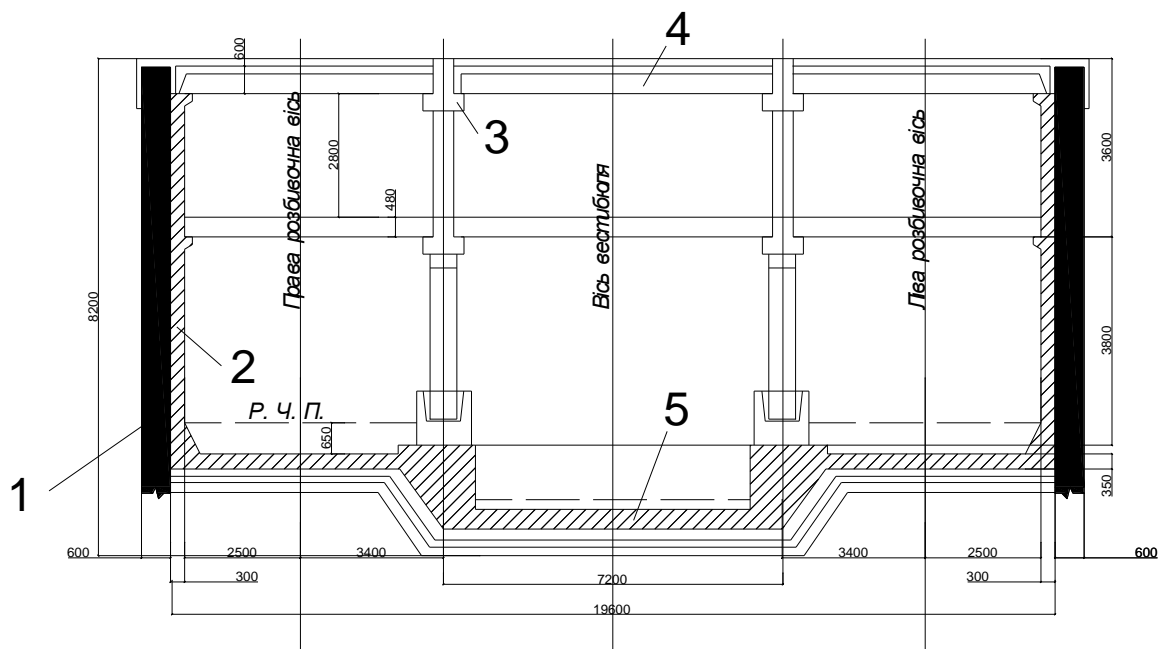


Рисунок 2.3 – Конструкція підземного вестибюля станції мілкового закладення:

- 1 – стіна в ґрунті; 2 – несуча стінка з ригелем для кріплення перекриття;
- 3 – прогін для кріплення перекриття; 4 – перекриття;
- 5 – лоткова частина з монолітного бетону

Підземні вестибюлі станцій глибокого закладення з одного боку сполучають з наземним вестибюлем або підхідними коридорами, а з іншого – з ескалаторним тунелем. Під підлогою вестибюля влаштовують машинне приміщення, розміри якого встановлюються залежно від габаритів ескалаторних установок. На рис. 2.4. наведений приклад підземного вестибюля з ескалаторним залом і машинним приміщенням для трьох ескалаторів, розташованих у похилому тунелі зовнішнім діаметром 8,1 м. Монолітна трипрогонова залізобетонна конструкція вестибюля має коробчасту форму перерізу з ребристим перекриттям. У середньому прогоні перекриття спирається на два ряди колон, встановлених по всій довжині вестибюля.

3 ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТІЙКОСТІ «СТІНИ В ҐРУНТІ» ЯК ОГОРОДЖЕННЯ КОТЛОВАНУ

В якості розрахунку проведено обґрунтування параметрів стійкості «стіни в ґрунті» [6, 11]. Для стіни необхідно визначити наступні параметри стійкості: рівнодіючу активного тиску на задню грань стіни, а також рівнодіючу пасивного тиску на передню її грань, знайти вагу стіни та точку прикладення її рівнодіючої, розрахувати коефіцієнт стійкості стіни проти перекидання та зсуву, визначити величину тиску на ґрунт по підшві стіни з побудовою відповідної епюри. Загальна розрахункова схема стіни із двома рядами анкерів надана на рис. 3.1 [11].

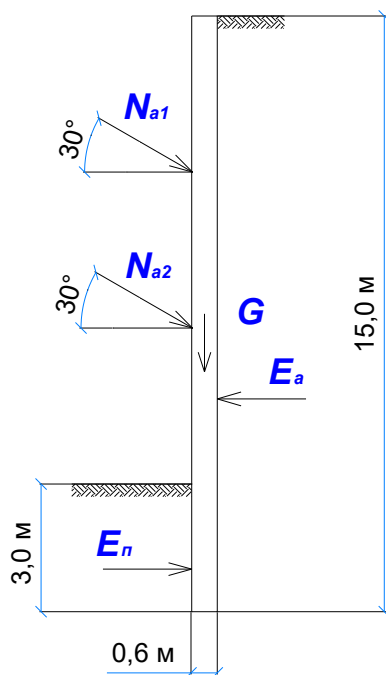


Рисунок 3.1 – Схема стіни і діючих на неї сил

Величина рівнодіючої повного активного тиску на задню грань стіни без урахування зчеплення ґрунту розраховується за формулою:

$$E_a = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot K_a,$$

де γ – питома вага ґрунту (кН/м^3); H – висота стіни (м); K_a – коефіцієнт активного тиску ґрунту на стіну, який обчислюється за формулою:

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right);$$

$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{35^\circ}{2}\right) = 0,957;$$

$$E_a = \frac{15 \cdot 15^2}{2} \cdot 0,957 = 1614,93 \quad (\text{кН/м}).$$

Точка прикладання рівнодіючої активного тиску ґрунту на задню грань підпiрної стіни знаходиться на рівні центра тяжіння епюри активного тиску. Для того, щоб побудувати епюру, необхідно знайти величину активного тиску за формулою:

$$\sigma_a = \gamma \cdot z \cdot K_a,$$

де z – координата точки, яка розраховується від верху стіни (м); для побудови епюри достатньо двох значень підшви стіни і вершини:

$$\sigma_a = 15 \cdot 15 \cdot 0,957 = 215,32 \quad (\text{кН}).$$

Стіна заглиблена в ґрунт ще на 3 м від низу котловану, там ґрунт перебуває в стані пасивної граничної рівноваги і при цьому величина рівнодіючої пасивного тиску обчислюється за формулою:

$$E_n = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} \cdot K_a,$$

де h – величина заглиблення стіни нижче рівня котловану, м; K_n –

коефіцієнт пасивного тиску ґрунту на стіну, який обчислюється за формулою:

$$K_n = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right).$$

$$K_n = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{35}{2}\right) = 0,119,$$

$$E_n = \frac{15 \cdot 3^2}{2} \cdot 0,119 = 24,09 \quad (\kappa H / м).$$

Визначаємо величину пасивного тиску ґрунту і будуємо епюру (рис. 3.2):

$$\sigma_n = \gamma \cdot z \cdot K_n,$$

$$\sigma_n = 15 \cdot 3 \cdot 0,119 = 5,35 \quad (\kappa H).$$

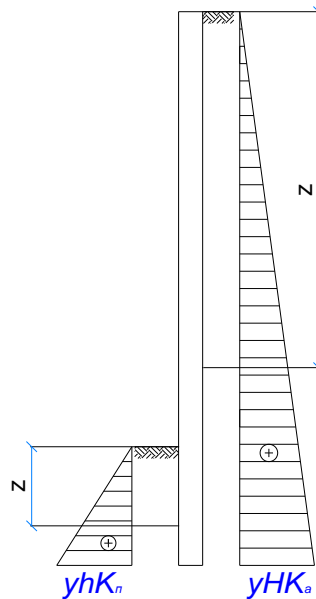


Рисунок 3.2 – Епюри тиску ґрунту на стіну

Розрахунок стіни ведеться на один погонний метр довжини, тому для визначення ваги стіни необхідно знайти площу її поперечного перетину та питому вагу матеріалу, з якого вона побудована:

$$G = S_{cm} \cdot \gamma_{бет} \cdot 1,$$

де $\gamma_{бет} = 25$ – питома вага матеріалу стіни, (кН/м³); $S_{cm} = 9$ – площа стіни, (м²);

$$G = 9 \cdot 25 \cdot 1 = 225 \quad (\text{кН}).$$

Точка прикладання рівнодіючої власної ваги знаходиться в центрі її тяжіння.

Коефіцієнт стійкості стіни проти перекидання визначається за формулою:

$$K_{пер} = \frac{\sum M_{ymp}}{\sum M_{пер}};$$

де $\sum M_{ymp}$ – сума моментів, утримуючих стіну від перекидання, (кН·м);
 $\sum M_{пер}$ – сума моментів, перекидаючих стіну, (кН·м).

Самою небезпечною точкою на перекидання є переднє ребро стіни, тому відносно нього розраховуються всі моменти. Сума моментів, утримуючих стіну від перекидання буде дорівнювати:

$$\sum M_{ymp} = E_n \cdot e_n + G \cdot e_g + N_{a1} \cdot \cos 30^\circ \cdot e_{N1} + N_{a2} \cdot \cos 30^\circ \cdot e_{N2}.$$

Сума моментів, перекидаючих стіну:

$$\sum M_{пер} = E_a \cdot e_a,$$

де e_a , e_n , e_g – плечі сил які діють на стіну відносно точки перекидання (рис. 3.3).

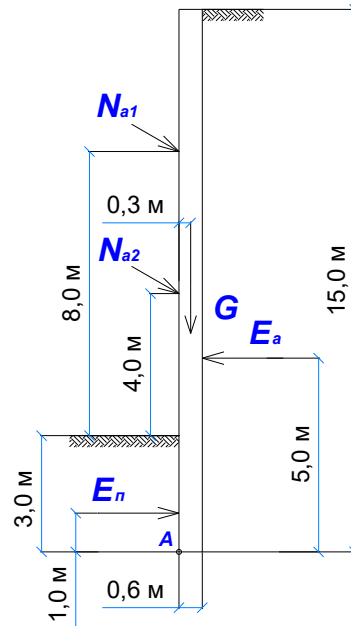


Рисунок 3.3 – Схема до розрахунку стіни на стійкість проти перекидання

$$\begin{aligned} \Sigma M_{\text{ymp}} &= 24,1 \cdot 1 + 225 \cdot 0,3 + 2520 \cdot \cos 30^\circ \cdot 7 + \\ &+ 2520 \cdot \cos 30^\circ \cdot 11 = 39374,5 \quad (\text{кН} \cdot \text{м}) \end{aligned}$$

$$\Sigma M_{\text{пер}} = 1614,93 \cdot 7,5 = 12111,97 \quad (\text{кН} \cdot \text{м}),$$

$$K_{\text{пер}} = \frac{39374,5}{12111,97} = 3,2.$$

Величина коефіцієнту стійкості проти перекидання для споруд не повинна бути менше, ніж 1,5. З нашого розрахунку виходить, що значення коефіцієнту ну менше, отже стіна стійка проти перекидання.

Стіна може бути зсунута як єдине ціле по підшві дією активного тиску. Перевірка стіни на стійкість проти зсуву оцінюється відповідним коефіцієнтом стійкості:

$$K_{\text{зс}} = \frac{\Sigma Q_{\text{ymp}}}{\Sigma Q_{\text{зс}}},$$

де ΣQ_{ymp} – сума проєкцій утримуючих стіну сил на площину зсуву (кН);
 ΣQ_{zc} – сума проєкцій зсуваючих стіну сил на площину зсуву (кН) (рис. 3.4).

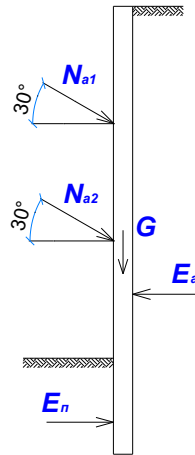


Рисунок 3.4 – Схема до розрахунку стіни на стійкість проти зсуву

$$\Sigma Q_{ymp} = E_n + N_{a1} \cdot \cos 30^\circ + N_{a2} \cdot \cos 30^\circ ;$$

$$\Sigma Q_{ymp} = 24,1 + 2520 \cdot \cos 30^\circ + 2520 \cdot \cos 30^\circ = 4388,86(\text{кН})$$

$$\Sigma Q_{zc} = E_a = 1614,93 \quad (\text{кН}),$$

$$K_{zc} = \frac{4388,86}{1614,93} = 2,71$$

Коефіцієнт стійкості проти зсуву більший 1,3, отже стіна стійка проти зсуву.

З отриманих результатів розрахунку можна зробити висновок, що взяті до проєкту розрахункові дані проходять всі перевірки, маючи ще запас міцності.

4 ПРОЄКТ СПОРУДЖЕННЯ ВЕСТИБЮЛЮ СТАНЦІЇ МІЛКОГО ЗАКЛАДЕННЯ В ЯКОСТІ УКРИТТЯ

4.1 Принципи використання вестибюлю станції мілкового закладення в якості укриття

ДБН [4] базується на тому, що його основні положення щодо проєктування захисних споруд (ЗП) та споруд подвійного призначення (СПП), призначених для укриття, розроблено відповідно до вимог Кодексу цивільного захисту України. Відповідно, укриття, що нормуються та регламентуються вказаними Державними будівельними нормами, розглядається частіш усього як окреме, спеціально побудоване укриття. Норми для СПП, до яких відносяться об'єкти метрополітени, торкаються забезпеченню умов життєдіяльності осіб, які знаходяться в укритті.

Такий підхід не є остаточним, про що говорить і сам ДБН [4], а саме, що норми не виключають можливість використання уточнених або підвищених вимог до захисних споруд та СПП. Однак, досвід застосування об'єктів метрополітенів України в якості укриттів доводить, що перегляду потребують не тільки норми, а й підхід до СПП (підхід до ЗП, що будуються «з нуля», є детально пропрацьованим).

Деякі автори вже провели роботу по імплементації підземних споруд в загальну систему укриттів [2, 3], причому існують наукові статті, що торкаються саме вестибюлів станцій метрополітену мілкового закладення [12]. В ДБН указано, що СПП мають бути запроєктовані таким чином, що б одночасно задовольняти встановлені вимоги відповідно до обох функціональних призначень, що повністю відповідає роботі вестибюлю і доведено, нажаль, під час ракетно-дронових ударів.

Таким чином, вестибюль станції метрополітену потребує подальшого вивчення в якості СПП, що виконує роль укриття, з метою остаточного його впровадження в систему захисту населення, що має нормативне обґрунтування в Державних будівельних нормах.

4.2 Розробка котловану

Розробка котловану проводиться після проходки похилого тунелю, демонтажу гірничого комплексу, планування поверхні, влаштування «стіни в ґрунті» огороження і виконується в наступній послідовності [8-11]:

I ярус розробки:

1) розробка ґрунту в середній частині котловану екскаватором-драглайном на глибину 7,0 м з завантаженням ґрунту в автотранспорт;

2) доробка берм вручну з пересуванням ґрунту бульдозером на відстань до 25 м до екскаватора-драглайна;

3) монтаж верхнього ярусу прогонів, підкосів та розстрілів;

4) розробка берм вручну з пересуванням ґрунту бульдозером на відстань до 25 м до екскаватора-драглайна;

5) монтаж нижнього ярусу прогонів, підкосів і розстрілів;

6) розробка берм бульдозером з пересуванням ґрунту на відстань до 25 м до екскаватора-драглайна;

7) доробка берм вручну з пересуванням ґрунту бульдозером на відстань до 25 м до екскаватора-драглайна;

II ярус розробки:

8) розробка ґрунту середньої частини котловану бульдозером з пересуванням ґрунту на відстань до 25 м до екскаватора-драглайна;

9) доробка берм вручну з пересуванням ґрунту бульдозером на відстань до 25 м до екскаватора-драглайна;

10) розробка берми по правому торцю котловану вручну з завантаженням ґрунту у баддю;

III ярус розробки:

11) розробка зумпфа вручну з завантаженням ґрунту в баддю.

По мірі розробки котловану тимчасова обробка похилого тунелю демонтується, бетонна основа під тимчасові кільця та форшахта руйнуються відбійними молотками.

Розробка берм та середньої частини котловану бульдозером проводиться з відставанням від розробки котловану екскаватором – драглайном на 15...20 м. Встановлення прогонів, підкосів та розстрілів виконується з відставанням від розробки берм не більш, ніж 10...15 м.

Для забезпечення можливості відбору ґрунту екскаватором – драглайном в правому торці котловану залишається берма, яка розробляється вручну з завантаженням ґрунту в бадді після закінчення робіт по розробці котловану.

Під час виконання земельних робіт повинні бути прийняті міри для відводу зливових вод з будівельного майданчику та прилеглого до нього району. Будівельний майданчик огороджують фундаментними блоками.

4.3 Спорудження огороження котловану способом «стіна в ґрунті»

Перед розробкою котловану застосовується широко розповсюджений спосіб його огороження в місцях щільної міської забудови – спосіб «стіна в ґрунті» [8-11]. Сутність спеціального способу «стіна в ґрунті» полягає в тому, що до початку будівельних робіт по периметру майбутньої підземної споруди відривають або пробурюють вузькі траншеї (шириною 0,6...1,2 м) на всю глибину закладення споруди, як правило, з входженням у водозабір. По мірі розкриття, траншея заповнюється глинистим розчином, який утримує стінки траншеї від обвалення. Надалі глинистий розчин замінюється огороженням з монолітного бетону або збірного залізобетону, під захистом якого проводиться розробка ґрунту всередині споруди і зведення постійних конструкцій.

У практиці тунелебудування найбільше поширення одержав спосіб «стіна в ґрунті» з монолітного залізобетону з товщиною стін 0,6; 0,8; 1,0 і 1,2 м.

Роботи за способом «стіна в ґрунті» з монолітного залізобетону здійснюється в такій послідовності. По контуру осі майбутньої стіни споруди влаштовується піонерна траншея форшахти (рис. 4.1), яка служить напрямною для землерийної машини і забезпечує стійкість у верхній частині стінок траншеї.

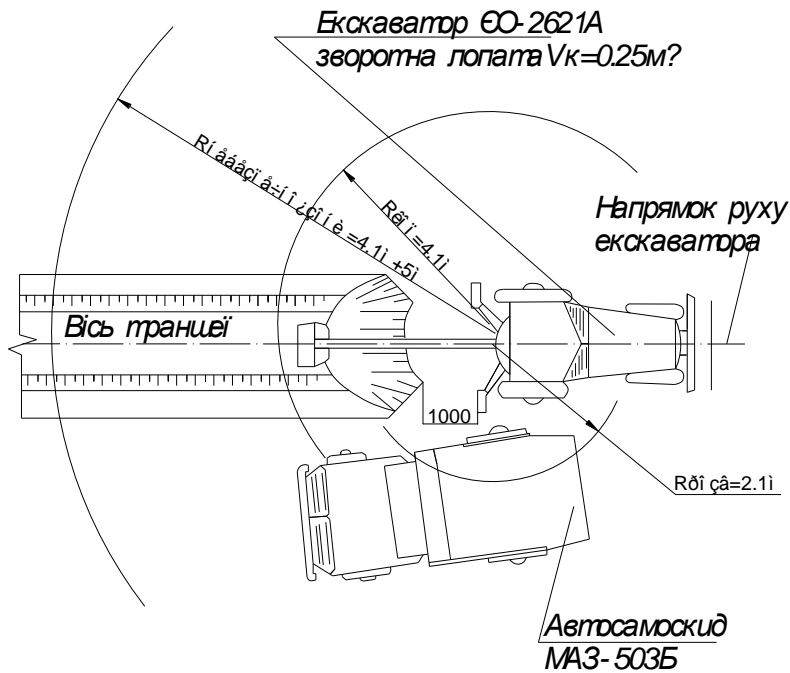


Рисунок 4.1 – Розробка ґрунту піонерної траншеї

До початку розривання траншеї виконується геодезична розбивка і планується майданчик уздовж майбутньої стінки з таким розрахунком, щоб з обох боків форшахти було б місце для встановлення необхідного обладнання та автотранспорту. Уздовж траншеї на відстані 3 м з кожної сторони влаштовується огорожа. Форшахта зазвичай влаштовується в котловані глибиною 0,8...1,0 м, відритому по осі споруди. Для армування форшахти застосовують металеві сітки діаметром 10...14 мм із гніздами 0,2...0,3 м. По довжині форшахти, через кожні 1,5...2,0 м, встановлюються розпірки для обмеження деформацій і обвалення стінок [8-11].

Після твердіння бетону форшахти поруч з нею, на піщану підготовку, укладають залізобетонні плити (ДСП-2), які є щільною підставою для опори землерийної машини. За траншейною схемою зведення «стіни в ґрунті», роботи проводяться окремими ділянками (захватками) довжиною 3,0...6,0 м в послідовності, що залежить від наявного обладнання та умов проведення робіт (рис. 4.2).

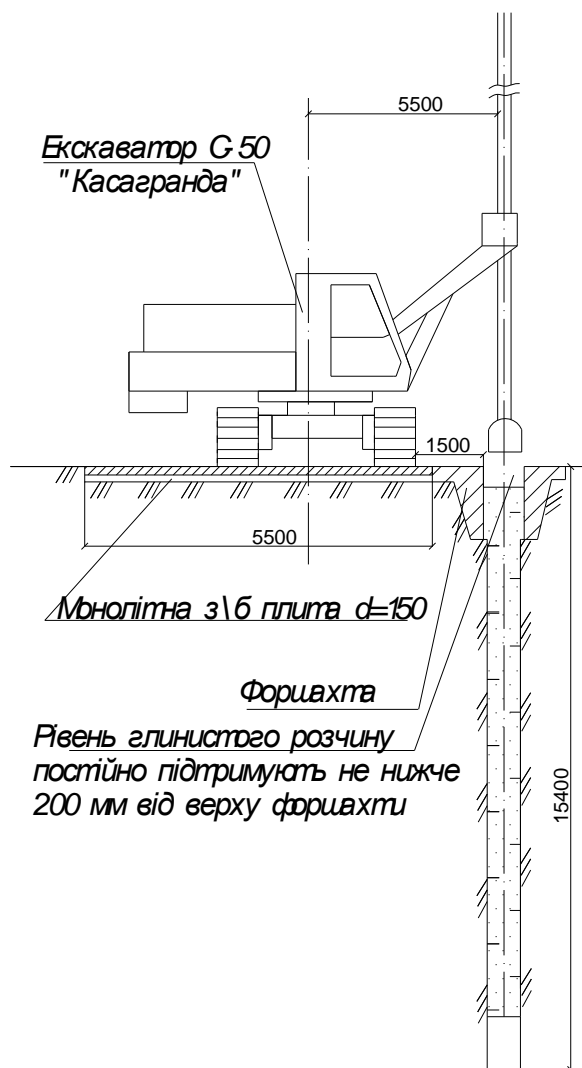


Рисунок 4.2 – Розробка ґрунту на довжину захватки

Для розробки ґрунту і буріння свердловин використовують екскаватори з прямою і зворотною лопатою, оснащені плоским грейфером, драглайни, бурові верстати ударної і обертальної дії, а також спеціалізовані машини. До спеціалізованих машин відноситься автомобільна бурова установка СО-2, що дозволяє бурити свердловини під буронабивні палі діаметром 500...600 мм і глибиною до 30 м.

Найбільше поширення в практиці будівництва отримали установки екскаваторного типу. До екскаваторного обладнання відносяться двоцеліпні грейфери з глибиною копання (при наявності лідерних свердловин) до 50 м; штангові широкозахватні грейфери (на базі екскаватора Е-1001) з глибиною копання до 40 м для розробки траншей шириною 0,6; 0,7 і 1,0 м; навісні

віброгрейфери з глибиною копання до 15 м [8-11].

Для приготування, зберігання й подачі глинистого розчину в траншею, очищення його від ґрунту та повторного використання на будівельному майданчику організується глинисте господарство.

Глинистий розчин готують із бентонітових або звичайних місцевих глин і отриманих з них на заводах глинопорошків. Особливу увагу необхідно звернути на підбір щільності глинистого розчину, яка повинна бути такою, щоб в будь-якому місці на стінці траншеї забезпечувалося гідростатичний тиск від розчину, що перевищує тиск навколишнього ґрунту і ґрунтових вод з урахуванням навантаження від розташованих поблизу будівель і споруд.

Після розробки чергової ділянки (захватки) траншеї, перевіряють вертикальність стін і здійснюється підготовка траншеї для укладання бетонної суміші методом труби, що вертикально переміщується (ВПТ). Для цього очищають дно траншеї і замінюють забруднений глинистий розчин на свіжий, після чого приступають до монтажу арматурних каркасів, розміри яких відповідають розмірам захваток траншеї. При цьому у відповідності з конкретними умовами на одну захватку виготовляється або один армокаркас або декілька. Для зручності і точності встановлення, армокаркаси забезпечуються з боків металевими смугами завтовшки 30...50 мм. Відстань між стержнями робочої арматури призначається не менше 170...200 мм, що забезпечує якісне бетонування за методом ВПТ. В каркасах передбачаються місця для пропуску труб.

Установка арматурного каркаса (рис 4.3) здійснюється за допомогою козлового або стрілового крана вантажопідйомністю 25...40 т на підготовленій захватці траншеї.

Для з'єднання окремих захваток на їх кінцях влаштовують обмежувачі, конструкція яких залежить від стиків. У випадку неробочих стиків (відсутні розтяжні зусилля в захватках) обмежувачі виконують або у вигляді відрізків сталевих труб з діафрагмами, діаметр яких дорівнює ширині траншеї (інвентарні обмежувачі), або у вигляді залізобетонних паль, металевих труб,

швелерів і двотаврів (стаціонарні обмежувачі). Інвентарні обмежувачі (труби) через 3-5 годин після закінчення бетонування витягують з траншеї і потім розробляють суміжну заходку.

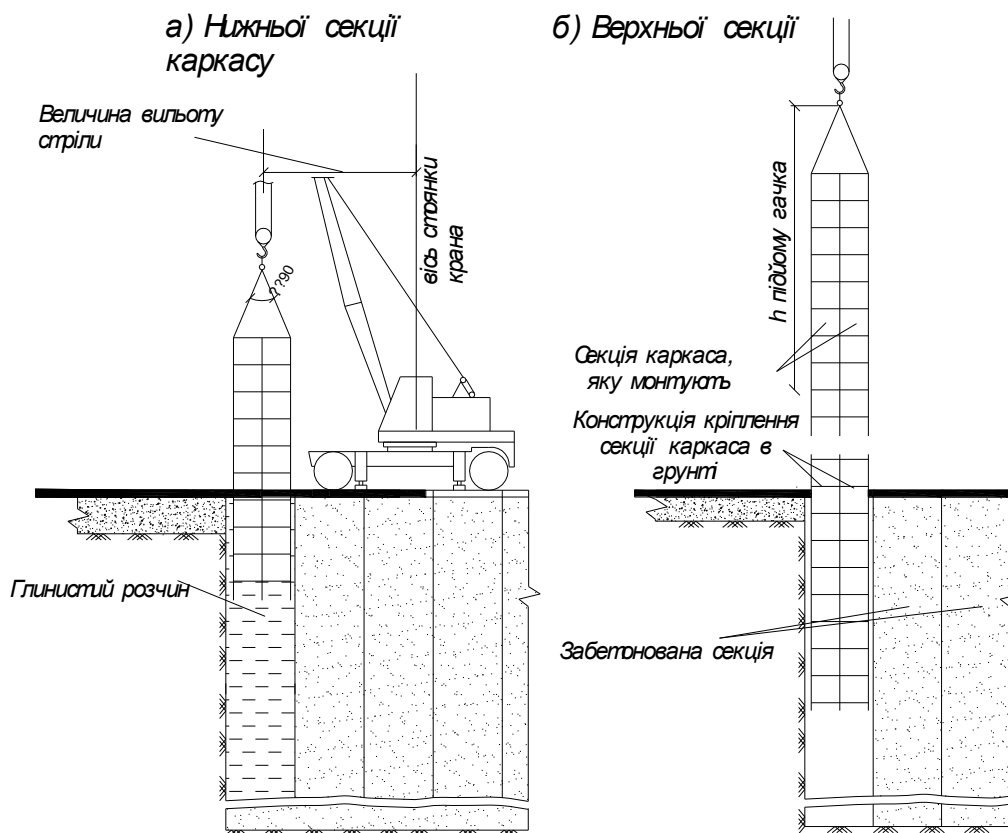


Рисунок 4.3 – Монтаж армокаркасу

Стаціонарні обмежувачі встановлюють краном на кінці захватки на всю глибину. Під дією власної ваги і періодичного підйому і опускання такі обмежувачі заглиблюються нижче дна траншеї на глибину 0,5...1,0 м. У разі необхідності може застосовуватися додатковий вантаж. Стаціонарні обмежувачі залишаються в стіні і після її зведення, будучи частиною постійної конструкції.

Робочі стики роблять для забезпечення рівномірності стиків і основної конструкції стіни. Робочі стики виконують шляхом перепуску арматури з однієї захватки в іншу на величину не менше 30 діаметрів. При бетонуванні (рис. 4.4) необхідно, щоб високопластична бетонна суміш подавалася безперервно, а вертикальна бетонолитна труба весь час в процесі бетонування повинна бути заповнена бетоном.

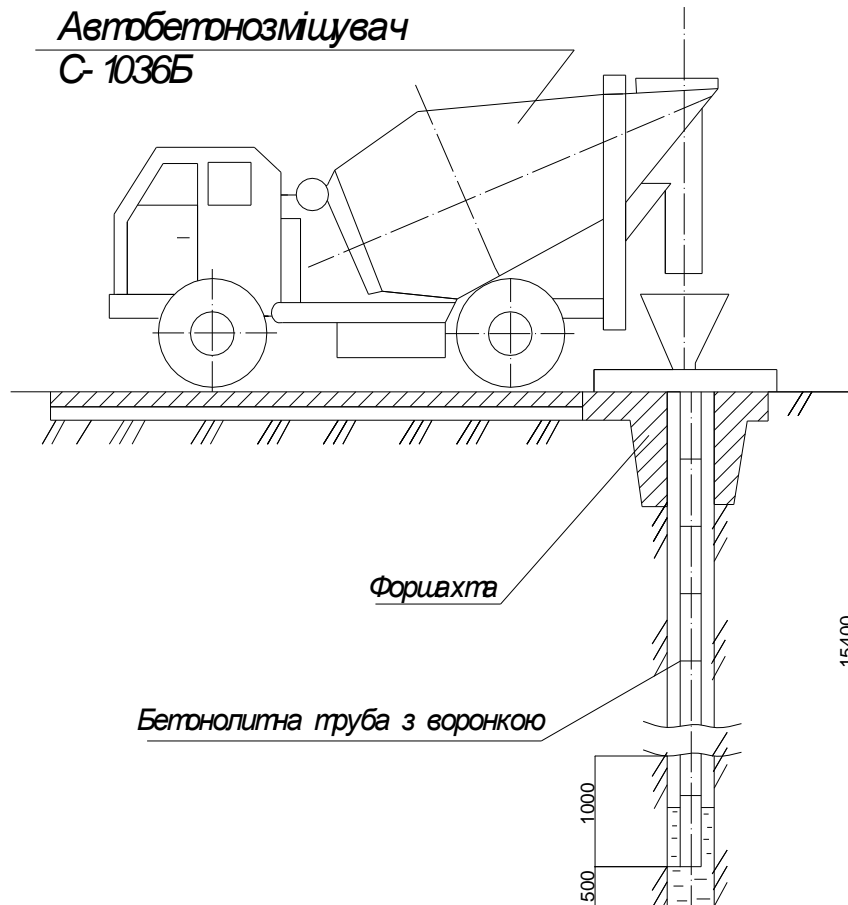


Рисунок 4.4 – Схема бетонування

Бетонолітна труба діаметром 200...300 мм складається з окремих ланок довжиною 1,0...1,5 м, які з'єднуються один з одним за допомогою швидкокорознімних замків з монтажними петлями. Така труба з приймальним бункером монтується по центру захватки таким чином, що її нижній край не доходив до дна траншеї на 0,05...0,10 м і завжди був занурений у свіжоукладену бетонну суміш на 1...2 м. Це запобігає розшаруванню бетону і його перемішуванню з глиняним розчином. По мірі бетонування захватки бетонолітна труба піднімається і демонтується шляхом зняття її верхніх ланок. Опускання та піднімання бетонолітної труби виконується стріловим краном вантажопідйомністю 10...25 т [8-11].

Після закріплення бетонолітної труби на опорній рамі, до верхньої ланці приєднується приймальня воронка (контейнер), обсяг якої повинен становити не менше 1,5 обсягу труби. Безперервність бетонування є основною умовою застосування методу ВПТ, що забезпечується наявністю на будівельному

майданчику всіх складових для бетону в обсязі захватки.

Бетон, будучи важче глинистого розчину, заповнює траншею знизу вгору і витісняє його на поверхню, де глинистий розчин самопливом надходить в розроблювану траншею або відкачується насосом в глинозбірник для повторного використання. До укладання чергової порції бетону глинистий розчин відкачують на висоту форшахти. Бетонування припиняється, коли на рівні вершини форшахти з'являється бетонна суміш. Поверхневий шар бетону, забруднений глиняним розчином, прибирається.

У практиці підземного будівництва поряд із зведенням стін в ґрунті з монолітного бетону застосовується і збірний залізобетон, який забезпечує високу ступінь індустріального будівництва, гарну якість поверхні стін, можливість використання конструкцій різноманітних форм (пустотілі, балки, плити тощо), а також можливість зниження товщини стін до 0,25 м. В той же час збірні конструкції відрізняються підвищеною вартістю, вимагають заводського виготовлення великих збірних елементів і, крім цього, використання збірних конструкцій обмежене глибиною траншеї до 20...25 м, зважаючи на їх велику масу та складність монтажу.

Ефективність способу «стіна в ґрунті» може проявлятися двояко: коли спосіб «стіна в ґрунті» є єдиним технічно можливим способом будівництва і його не можна замінити ніяким іншим способом, а також коли з декількох технічно можливих способів будівництва заглибленої споруди спосіб «стіна в ґрунті» є найбільш ефективним за обраним критерієм порівняння. У першому випадку область ефективності називають область незамінності способу «стіна в ґрунті». У другому – область порівняльної економічної ефективності.

До області незамінності способу «стіна в ґрунті» належать, зокрема, такі випадки:

- споруда має в плані великі розміри і дуже складну конфігурацію, що виключає можливість успішного застосування способу опускного колодязя через велику ймовірність частих перекосів при опусканні, а велика глибина закладення споруди в нестійких водонасичених ґрунтах і стислі терміни

виключають можливість будівництва його у відкритому котловані;

- споруда має різну східчасто- або плавно змінну глибину закладення стін по його периметру, що виключає можливість його зведення способами опускного колодязя і у відкритому котловані;

- споруда закладається на значну глибину в сильно проникних суфозійних і схильних до випору ґрунтах в умовах відсутності в його основі водостійких пластів для сполучення з ними протифільтраційних шпунтових діафрагм;

- споруда великого розміру в плані і великої глибини будується в суворих кліматичних умовах при тривалому періоді морозів, що практично виключає її зведення опускним способом через небезпеку примерзання конструкцій до навколишнього ґрунту, а зведення її у відкритому котловані неможливо в необхідні терміни через сильні морози;

- будівництво споруди виконується в безпосередній близькості від існуючих будівель і споруд на майданчику, коли опускний спосіб і будівництво у відкритому котловані виключаються через виникнення небезпеки порушити стабільність суміжних;

- споруда є незамкнутою, тобто лінійною або лінійно-протяжною (протифільтраційна діафрагма, підпірна стінка або галерея), здійснення якої способом опускного колодязя взагалі неможливо, а спорудження у відкритому котловані також свідомо виключається через технічну недоцільність (велика глибина закладення);

- споруда являє собою каналізаційний колектор, який необхідно укласти в короткі терміни в нестійких водонасичених ґрунтах у глибокій траншеї при відсутності металевих шпунта.

4.4 Технологія бетонування у способі «стіна в ґрунті»

Зведення стін в ґрунті з монолітного залізобетону включає наступні процеси: монтаж обмежувачів секцій-захваток; очищення дна траншеї від опадів забрудненої суспензії і заміну її свіжої; монтаж арматурних каркасів зі задачею секції за актом для бетонування; монтаж бетоноукладального

обладнання; укладання бетонної суміші; влаштування стиків між секціями; догляд за покладених бетоном [8-11].

Перед заміною забрудненої суспензії свіжої встановлюють обмежувач захватки. Очищають від осаду і замінюють зашламовану суспензію чистою тільки в межах захватки, після чого встановлюють армокаркас. Блок, підготовлений для бетонування, здають по акту.

Секцію-захватку, прийняту за актом, бетонують в строк, який не повинен перевищувати: при слабких водонасичених ґрунтах – 1 добу; при ґрунтах середньої щільності – 2 доби. Перед установкою в блок бетонування перевіряють герметичність стиків бетонолитної труби, зібраної на майданчику, заповнюючи її водою, потім трубу опускають краном в траншею у залишені для неї вертикальні прорізи в армокаркасі і з'єднують швидким стиком з бункером-лійкою.

Перед початком бетонування секції-захватки з бетонолитної труби видаляють глинисту суспензію. Для цього в її верхній кінець вводять просочений вапняним або цементним розчином, а для довгих труб – солідолом, пиж у вигляді кулі з клоччя, обшитої мішковиною такого ж діаметра як труба. Потім горловину воронки закривають клапаном-кришкою.

Для безперервного бетонування секції-захватки слід відновити нормальний рівень бетонної суміші в бункері-воронці, після цього повільно піднімати бетонолитну трубу, одночасно завантажуючи бетонною сумішшю бункер-воронку так, щоб рівень останньої не опускався нижче горловини бункера. При швидкому падінні рівня бетонної суміші у воронці бетонолитну трубу разом з лійкою опускають для зменшення швидкості руху бетонної суміші по трубі.

При бетонуванні необхідно виконувати наступні умови: бетонолитна труба по всій довжині повинна бути заповнена бетонною сумішшю; нижній кінець бетонолитної труби повинен бути заглиблений в бетонну суміш не менш ніж на 2 м. Збільшення заглиблення труби покращує якість бетону; перерви в бетонуванні повинні становити не більше години влітку і 30 хв. взимку. Глинисту суспензію, яку витісняє бетонна суміш з захватки, відводять

самопливом по спеціальній траншеї або лотка, відкачують насосом у відповідну захватку або запасну ємність.

При будівництві способом «стіна в ґрунті» для кількісної характеристики властивостей глинистої суспензії прийнята вироблена досвідом, сукупність її експлуатаційних параметрів, що включає щільність, умовну в'язкість, статичну напругу зсуву, показник водовіддачі, товщину глинистої кірки, стабільність. Одною з основних вимог до глинистих суспензій є забезпечення стійкості стін траншеї як в період її розробки, так і в період подальшого зведення в ній стінових та розпірних конструкцій. Глиниста суспензія, заповнюючи розроблювану або вже готову траншею, повинна запобігати обвалення стін траншеї, створюючи необхідний гідростатичний тиск, що перевищує в будь-якій точці на стінці траншеї активний тиск навколишнього ґрунту і ґрунтових вод. Для цього вона повинна мати необхідну щільність, яка досягається відповідним підбором складу суспензії. Контроль за щільністю суспензії у лабораторії здійснюється за допомогою ареометра марки АГ-2.

Умовну в'язкість суспензії, що характеризує її рухливість, вимірюють часом закінчення (в секундах) протікання 500 мл глинистої суспензії через воронку віскозиметра СПВ-5. Для зменшення опору робочих органів землерийних машин ця в'язкість повинна бути якомога меншою, а для того, щоб глиниста суспензія утримувала в зваженому стані частки розроблюваного ґрунту і запобігала їх осадженню на дно траншеї, вона повинна бути досить великою. Одночасно для забезпечення необхідної товщини заглинизованного шару суспензія повинна бути рухомою, тобто мало в'язкою, а для забезпечення міцності цього шару – досить в'язкою.

Застосування суспензій з дешевих глин дає великий економічний ефект, так як це не тільки знижує загальну вартість будівництва заглиблених споруд, але і розвантажує залізничний транспорт, скорочує обсяг перевезень високоякісних бентонітових глин, родовища яких розташовані далеко від місць їх споживання.

4.5 Монтаж конструкції та влаштування гідроізоляції

Перекриття в заглиблених спорудах проєктують у збірному залізобетоні за типом міжповерхових перекриттів промислових будівель. У круглих в плані спорудах ділянки, що примикають до стін, виконують монолітними. При проєктуванні перекриття враховують їх роботу в площині на стиск, що викликається тиском ґрунту на стіни. Внутрішні стіни виконують з тих же панелей, що і зовнішні. Обпирання на стіни – шарнірне [8-11].

Гідроізоляція. Тип і конструкцію гідроізоляції призначають залежно від типу споруди, гідростатичного рівня ґрунтових вод, тріщиностійкості конструкції. В монолітних спорудах гідроізоляція стін не виконується. У збірних спорудах для стінових панелей ізоляцію влаштовують із торкретбетону або фарбувальної бітумно-полімерної композиції.

Закладення стиків між збірними елементами. Відкриті робочі стики зашпаровують шляхом нанесення торкретбетону. До омонолічування стиків приступають після розробки котловану на глибині не менше 1,5...2,0 м на ділянці не менш 50...70 м. Стик очищають від тампонажного розчину і піску який залишився всередині, промивають і продувають стисненим повітрям і при необхідності очищають дротовими щітками. Заставні частини стику зварюють між собою.

При бетонуванні стику необхідно дотримуватися наступних технологічних вимог: тиск повітря в ресивері повинен бути 25...30 МПа при довжині шланга 30 м, що забезпечує початкову швидкість струміння бетонної суміші 50...60 м/с; тиск води в напірному баку має бути на 1...1,5 МПа вище тиску в робочій камері установки для набризку, але не менше 30 МПа; відстань від сопла до поверхні бетонування має становити 0,8...1 м.

Торкретбетон наносять в один або кілька шарів залежно від глибини й ширини стиків (зазвичай 1-2 шарів). Перший шар зазвичай наносять з піщаного бетону (без заповнювача) для зменшення початкового укусу.

4.6 Арматурні роботи по влаштуванню конструкції

Армування стін здійснюють каркасами. Арматурний каркас стіни, крім поздовжніх (вертикальних) робочих стрижнів і поперечної (горизонтальна) арматури, зі сторін, звернених до стін траншеї, включає фіксатори, що забезпечують захисний шар бетону [8-11].

Для безперервного горизонтального армування стіни застосовують вертикальні металеві або бетонні діафрагми, поділ траншеї на секції – захватки, з перепуском через ці діафрагми горизонтальної арматури. У цих випадках діафрагма є елементом конструкції стіни. В якості робочої застосовують арматуру тільки періодичного профілю зі сталі класу А-II або А-III. Для поперечної конструктивної і монтажної арматури допускається застосування сталі класу А-I. Відстань між стрижнями робочої арматури приймають рівною не менш 100 мм, а між стрижнями розподільної арматури – не менше 150 мм, і до 20 діаметрів робочої арматури, але не більше 300 мм.

Арматурні каркаси виконують на секцію-захватку стіни (блок бетонування). По ширині арматурний каркас роблять на 10...15 см вужче траншеї для забезпечення захисного шару для арматур бетону. Для установки бетонолитних труб в армокаркасах передбачають пристрій вертикальних порожнин, огорожених направляючими стрижнями, щоб уникнути зачеплення труб при їх підйманні та опусканні. Якщо ці стрижні стикаються при зварюванні, їх зачищають на рівні поверхні гладких стрижнів. Поздовжні стрижні робочої арматури не повинні мати більше трьох стиків. Стики виконують за допомогою контактного зварювання. У вигляді виключення допускають з'єднання стрижнів поздовжньої арматури електродуговим зварюванням, яке виконується тільки при монтажі.

При стикуванні армокаркасів в процесі виготовлення і монтажу їх в траншеї з окремих секцій необхідно дотримуватися наступних правил: стики поздовжніх стрижнів розташовуються з відстанню один від одного; в будь-якій горизонтальній площині перетину каркасу допускається не більше 50 % стиків; стики сусідніх стрижнів зсуваються відносно один одного на величину

довжини напустки; довжину напустки зварюванням приймають рівній не менше 10 діаметрів стрижня; міцність стиків стрижнів поздовжньої арматури приймають не нижче міцності самого стрижня.

Поперечну (горизонтальну) арматуру стикують одностороннім зварним швом або перев'язкою місця з'єднання в'язальним дротом. При заміні відсутньої арматурної сталі з збільшенням діаметра робочої арматури відповідно збільшують товщини захисного шару бетону.

4.7 Технологія виконання робіт по монтажу конструкції

Монтажні роботи по зведенню конструкції виконуються в три етапи [8-11].

На першому етапі здійснюються наступні роботи (рис. 4.5):

- 1) влаштування бетонної підготовки під дно лоткової плити та зумпфа;
- 2) бетонування захисної стінки;
- 3) бетонування «пазух» за стінами зумпфа і під дном лоткової плити, яка примикає до зумпфа;
- 4) влаштування вирівнюючого слою під дно зумпфа та лоткової частини;
- 5) влаштування обклеювальної гідроізоляції та захисного шару під дно лоткової плити та бокової поверхні захисної стінки;
- 6) бетонування дна та стін зумпфа, лоткової плити;
- 7) влаштування розклинення з колод Ø28 см бокової поверхні плити.

На другому етапі виконуються такі роботи (рис. 4.6):

- 1) монтаж стінових панелей 1-ого поверху. Замонолічення вузлів їх об'єднання з лотковою плитою та стиків між панелями;
- 2) бетонування торцевої стіни панелі 1-ого поверху зі сторони пішохідного переходу;
- 3) монтаж колони 1-ого поверху. Замонолічення вузлів їх об'єднання з лотковою плитою;
- 4) влаштування між постійними колонами 1-го поверху тимчасових трубчатих металевих колон;
- 5) монтаж поздовжніх балок 1-ого поверху. Розклинення тимчасових

металевих колон в поздовжні балки;

б) монтаж плит перекриття першого поверху та бетонування;

7) влаштування вирівнюючого шару, обклеювальної гідроізоляції та захисного шару по бокових поверхнях стінових панелей;

8) заповнення «пазух» за монолітною панеллю зі сторони пішохідного переходу бетоном М-50;

9) монтаж лоткових плит пішохідного переходу. Бетонування стиків між лотковими плитами та монолітною стіною панеллю;

10) влаштування розклинення з колод $\varnothing 28$ см бокової поверхні стінових панелей на рівні плит перекриття;

11) демонтаж розстрілів та підкосів нижнього ярусу;

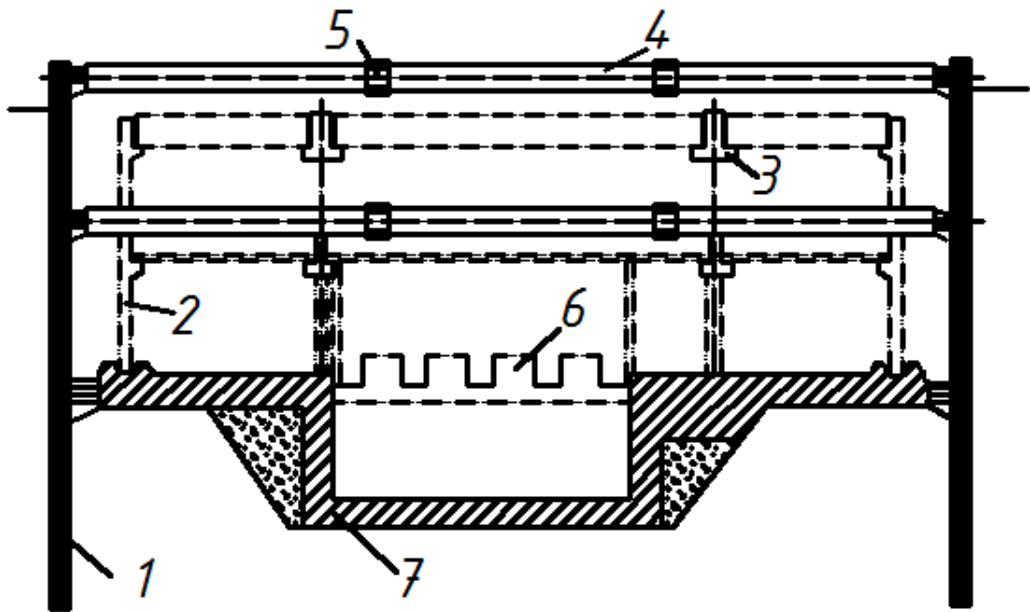


Рисунок 4.5 – Схема розташування конструкцій, які монтуються на першому етапі:

1 – «стіна в ґрунті»; 2 – несуча стінка з ригелем для кріплення перекриття;

3 – прогін для кріплення перекриття; 4 – розстріл;

5 – муфта, яка з'єднує частини розстрілу; 6 – ескалаторний тунель;

7 – лоткова частина з монолітного бетону

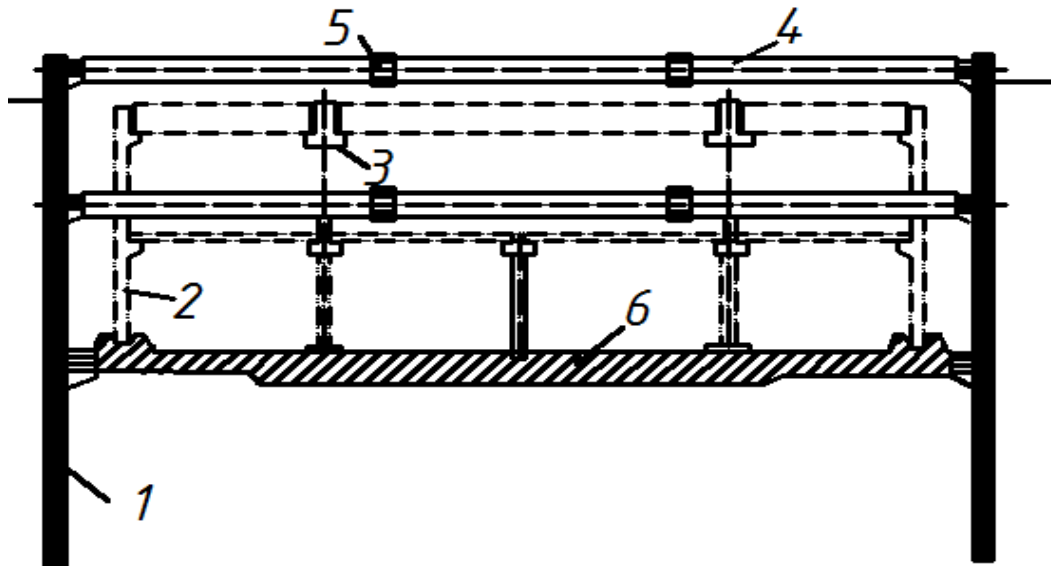


Рисунок 4.6 – Схема розташування конструкцій,
які монтуються на другому етапі:

- 1 – «стіна в ґрунті»; 2 – несуча стінка з ригелем для кріплення перекриття;
3 – прогін для кріплення перекриття; 4 – розстріл;
5 – муфта, яка з'єднує частини розстрілу;
6 – підлога вестибюлю з монолітного бетону

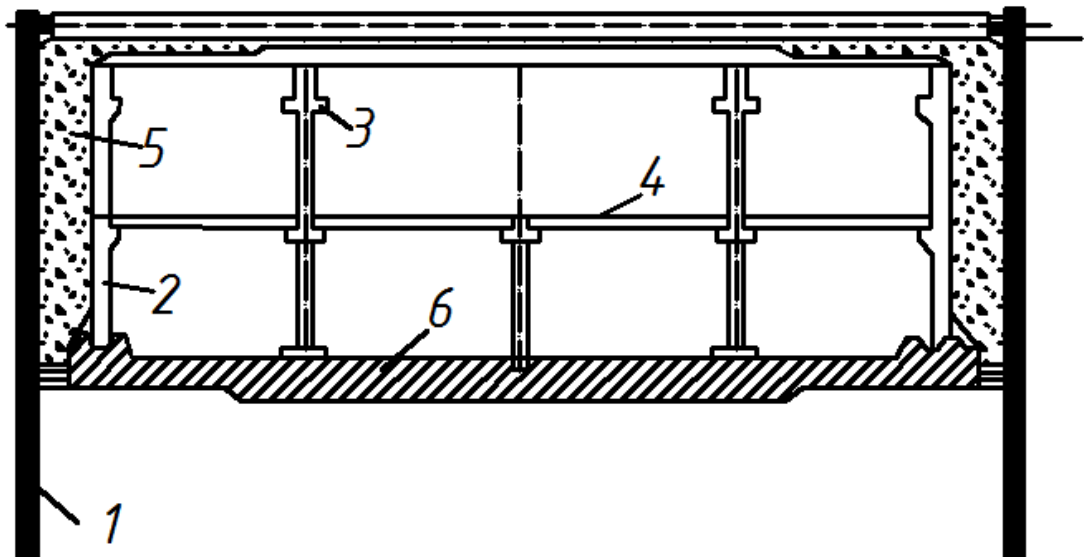


Рисунок 4.7 – Схема розташування конструкцій,
які монтуються на третьому етапі:

- 1 – стіна в ґрунті; 2 – несуча стінка з ригелем для кріплення перекриття;
3 – прогін для кріплення перекриття; 4 – розстріл;
5 – пазуха між стіною панеллю та пальовим огородженням;
6 – підлога вестибюлю з монолітного бетону

При проведенні робіт третього етапу виконують наступні роботи (рис. 4.7):

- 1) монтаж стінових панелей 2-ого поверху вестибюля. Замонолічування вузлів їх об'єднання зі стіновими панелями 1-го поверху;
- 2) бетонування торцевої монолітної панелі 2-го поверху вестибюля зі сторони похилого тунелю;
- 3) монтаж стінових панелей пішохідного переходу. Замонолічування вузлів їх об'єднання з лотковими плитами та стиків між панелями;
- 4) монтаж колон 2-го поверху. Замонолічування вузлів їх об'єднання з колонами 1-го поверху та монолітною торцевою панеллю 1-го поверху;
- 5) влаштування по осях Б та Г між постійними колонами 2-го поверху тимчасових трубчатих металевих колон;
- 6) монтаж балок перекриття пішохідного переходу;
- 7) монтаж поздовжніх балок 2-го поверху вестибюля. Влаштування розклинення тимчасових металевих колон в поздовжні балки;
- 8) монтаж крайніх та середніх балок перекриття 2-го поверху. Влаштування арматури перекриття;
- 9) замонолічування стиків та бетонування покриття. Демонтаж тимчасових металевих колон 1-го та 2-го поверху;
- 12) влаштування вирівнючого шару, обклеювальної гідроізоляції та захисного шару по стіновим панелям 2-го поверху;
- 13) засипка «пазух» між стіновими панелями та огороженням «стіни в ґрунті» з розбиранням колод зтяжки (з дотриманням вимог безпеки, але не більше 3м від поверхні);
- 14) демонтаж розстрілів та підкосів верхнього ярусу;
- 15) зворотна засипка котловану над перекриттям до планувальних позначок.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги безпеки праці під час виконання робіт з улаштування будівельного майданчика

Організація будівельного майданчика і створення безпечних умов праці є першочерговим етапом здійснення будівництва будь-якого об'єкту і однією з передумов щодо зниження виробничого травматизму і професійних захворювань працюючих.

Організація будівельного майданчика повинна виконуватися відповідно до ПОБ і забезпечувати безпеку праці працюючих, проходу людей, а також безперешкодний під'їзд транспортних засобів на всіх етапах виконання робіт.

На огороженій території будівельного майданчика, встановлюють інформаційний щит із зазначенням найменування об'єкта, генпідрядника, замовника, прізвищ відповідальних виконавців робіт, номерів телефонів, термінів початку і закінчення робіт.

5.2 Можливі небезпечні фактори

Під час організації будівельного майданчика на об'єкті виникають небезпечні зони. Небезпечні зони можуть бути постійними і тимчасовими. До зон постійно діючих небезпечних виробничих факторів відносяться:

- зони, які знаходяться поблизу від неізолюваних струмоведучих частин електроустановок;
- зони біля неогорожених переходів на висоті 1,3 м і більше;
- зони в місцях переміщення машин та обладнання;
- місця, де містяться шкідливі речовини в концентраціях або впливає шум вище передбачених гранично допустимих значень;
- місця, над якими відбувається переміщення вантажів вантажопідіймальними кранами;
- зони можливого зсуву, осідання, осипання та розкочування складованого матеріалу.

До зон потенційно діючих небезпечних виробничих факторів слід відносити:

- ділянки території поблизу споруджуваної споруди;
- поверхи (яруси) будівель і споруд в одній захватці, над якими відбувається монтаж (демонтаж) конструкцій або обладнання;
- зони переміщення машин, устаткування або їх частин, робочих органів;
- місця, над якими відбувається переміщення вантажів вантажопідіймальними кранами.

Тимчасовими вважаються небезпечні зони, які виникають в процесі виконання робіт тривалістю до однієї робочої зміни (вибухові роботи, монтаж крана).

5.3 Вимоги безпеки

Відповідно до нормативно правового акту з охорони праці НПАОП 45.2-7.02-12 «Система стандартів безпеки праці» межі небезпечних зон слід огороджувати і позначати попереджувальними знаками та сигналами, добре видимими як в денний, так і в нічний час.

На межах зон постійно діючих небезпечних виробничих факторів повинні бути встановлені запобіжні захисні огорожі, а зон потенційно діючих небезпечних виробничих факторів – сигнальні огороження або знаки безпеки.

При виконанні робіт в зазначених зонах слід здійснювати організаційно-технічні заходи, що забезпечують безпеку працюючих. Будівельний майданчик повинен огороджуватися парканом висотою не менше 2 м. Огородження, що примикають до місць масового проходу людей, необхідно обладнати суцільним захисним козирком. Проходи і проїзди на території будмайданчика повинні бути вільними, не захаращуватися. Їх слід очищати від бруду, снігу, льоду та пилу.

Ширина проходу повинна бути не менше 1,2 м. У разі примикання пішохідного проходу до проїжджої частини дороги необхідно виконати суцільну огорожу з боку дороги висотою не менше 1,1 м.

Проходи для людей, прокладені по в'язкому ґрунту, повинні покриватися суцільним настилом шириною не менше 1 м. Проходи, розташовані на схилах з ухилом більше 20°, слід обладнати трапами або сходами з поручнями висотою 1 м.

Кожна будівельна площадка повинна бути забезпечена телефонним або радіозв'язком і сторожовою охороною. У чергового повинен бути список номерів телефонів аварійних служб і відповідальних осіб.

Територія будівельного майданчика повинна бути спланована і обладнана пристроями для відводу атмосферних і технічних вод з таким розрахунком, щоб виключити можливість їх попадання в підземні виробки та котловани.

Напрямок руху автотransпортних засобів на території будівельного майданчика, їх швидкість повинні регулюватися дорожніми знаками по ДСТУ 4100-2002 «Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування» та відповідно до правил дорожнього руху України. Під час в'їзду на будівельний майданчик має бути встановлена схема руху транспортних засобів, а на узбіччях доріг і проїздів – добре видимі дорожні знаки, які регламентують порядок руху транспортних засобів відповідно до правил дорожнього руху.

Швидкість руху автотранспорту поблизу місць проведення робіт не повинна перевищувати 10 км/год на прямих ділянках і 5 км/год – на поворотах.

Застосовувані на будівельному майданчику машини і механізми не повинні перевищувати гранично допустимих рівнів шуму. При виконанні робіт в межах міста в ПОБ повинні прийматися додаткові заходи щодо зниження рівня шуму до величини, визначеної державними стандартами відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Шум. Загальні вимоги безпеки». Будівельні машини повинні бути встановлені на стійкій вирівняній підставі з ухилом, що не перевищує допустимого технічним паспортом. Від будь-яких виступаючих частин будівельних машин повинен бути вільний прохід шириною не менше 1 м.

Територія будівельного майданчика, ділянки робіт, робочі місця, проїзди і проходи в темний час доби повинні бути освітлені відповідно до вимог ДСТУ Б

А.3.2-15:2011 «Норми освітлення будівельних майданчиків».

На огорожі, що примикає до проїжджої частини дороги або розташованому на ній, має бути виконано сигнальне освітлення і повинні бути встановлені попереджувальні знаки.

Колодязі та шурфи на території майданчика повинні бути закриті або огорожені, а траншеї і котловани огорожені перилами висотою 1,1 м. У темний час доби на огороження повинні бути виставлені світлові сигнали. Для того щоб забезпечити безпеку переходу людей через траншеї, трубопроводи, транспортери, в місцях переходів повинні бути влаштовані містки шириною не менше 0,8 м з поручнями висотою 1,1 м і бортовими дошками висотою не менше 15 см.

Укоси (схили) у порталі гірничої виробки повинні бути до початку проходки оброблені і закріплені за проектом і перебувати під наглядом спеціально виділених осіб, що підтримують безпечний стан укосів у весь час робіт з будівництва підземних споруд.

Складування конструкцій, обладнання та матеріалів проводиться з урахуванням безпечних умов їх транспортування, вивантаження, наступного навантаження відповідно до вимог ДБН А.3.2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Промислова безпека і будівництві. Основні положення» і послідовності монтажу.

ВИСНОВКИ

1. В роботі проведено аналіз інженерно-геологічних й гідрогеологічних умов будівництва вестибюлю. Визначено, що в верхній частині ґрунтового масиву знаходиться пісок жовтий, світло-жовтий, від пилюватого до мілкого, місцями з прошарками супіску, середньої щільності, насичений водою, а в нижній частині пісок жовтий і сірий, мілкий та середньої крупності, місцями з прошарками супіску, середньої щільності, щільний, насичений водою

2. Викладено принципи проектування вестибюлю як комплексу споруд метрополітену й обрано конструкцію вестибюлю, якою є залізобетонна конструкція є трипрогоновою рамою з двома рядами колон, що потребує огороження котловану у вигляді «стіни в ґрунті».

3. Виконано обґрунтування параметрів стійкості «стіни в ґрунті» як огороження котловану на основі аналітичного методу. З отриманих результатів розрахунку можна зробити висновок, що взяті до проєкту розрахункові дані проходять всі перевірки, маючи запас міцності (коефіцієнт стійкості проти зсуву більший 1,3, отже стіна стійка проти зсуву).

4. Розроблено проєкт спорудження вестибюлю станції мілкого закладення в якості укриття. Розроблено комплекс технологічних дій, що включають в себе спорудження «стіни в ґрунті», в тому числі технологія бетонування, та власне конструкції вестибюлю (монтаж конструкції та влаштування гідроізоляції, арматурні роботи по влаштуванню конструкції, технологія виконання робіт по монтажу конструкції).

5. Для вестибюлю станції мілкого закладення Київського метрополітену розроблені основи охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Айвазов, Ю. М. Проектування метрополітенів (у 3-х частинах). Начальний посібник. Частина 1 [Текст] / Ю. М. Айвазов. – Київ: НТУ, 2006. – 166 с.
2. Гайко, Г. І. Аналіз прогресивних конструктивних рішень підземних споруд цивільного захисту [Текст] / Г. І. Гайко, А. Л. Ган, В. В. Вапнічна, І. О. Матвійчук // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика, 2024. – №26. – С. 31-40.
3. Гетун, Г. Особливості об'ємно-планувальних рішень захисних споруд цивільного захисту [Текст] / Г. Гетун, І. Безклубенко, А. Соломін, О. Баліна // Сучасні проблеми архітектури та містобудування, 2023. – № 67. – С. 203-220.
4. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту зі Зміною №1 [Текст]. – Київ : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. – 124 с.
5. ДБН В.2.3-7-2010. Споруди транспорту. Метрополітени [Текст]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 195 с.
6. Заворицкий, В. І. Проектування підземних транспортних споруд [Текст] / В. І. Заворицкий. – Київ : Будівельник, 1975. – 204 с.
7. Петренко, В. Д. Методичні вказівки до курсового й дипломного проектування «Станція метрополітену глибокого закладення (конструкції та спорудження)» [Текст] / В. Д. Петренко, В. Т. Гузченко, О. Л. Тютюкін, Д. В. Тютюкін. – Д.: Нова ідеологія, 2015. – 30 с.
8. 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.
9. Петренко, В. І. Станції метрополітену: конструкції та спорудження [Текст]: навчальний посібник / В. І. Петренко, В. Д. Петренко, О. Л. Тютюкін. – Д.: Вид-во «Нова ідеологія», 2012. – 164 с.
10. Самедов, А. М. Будівництво міських підземних споруд: навч. посіб.

[Текст] / А. М. Самедов, В. Г. Кравець. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011. – 400 с.

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

12. Тютюкін, О. Л. Оцінка вибухового впливу та методика виявлення безпілотних літальних апаратів під час захисту вестибюлю метрополітену [Текст] / О. Л. Тютюкін, Д. О. Босий, О. І. Саблін, Н. К. Бондаренко // Наука та прогрес транспорту, 2025, № 2 (110). – С. 112-123.