

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Дорожньо-будівельний факультет

Кафедра мостів, конструкцій і будівельної механіки ім. В.О. Російського

## **ДИПЛОМНА РОБОТА**

магістра

# **ТЕХНОЛОГІЯ СПОРУДЖЕННЯ ЗБІЙКИ ПЕРЕГІННИХ ТУНЕЛІВ У СКЛАДНИХ ГЕОТЕХНІЧНИХ УМОВАХ**

Завідувач кафедри, докт. техн. наук, проф.

Сергій БУГАЄВСЬКИЙ

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доцент

Сергій КРАСНОВ

Керівник, канд. техн. наук, доцент

Надія СМОЛЯНЮК

Студент гр. ДМ-61-22

Олександр ХВОРОСТЯН

Харків – 2023

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 77 с., 31 рис., 11 табл., 3 додатки, 14 джерел.

ГРУНТОЦЕМЕНТНІ ПАЛІ, ШТУЧНЕ ЗАКРІПЛЕННЯ ГРУНТІВ,  
ТЕХНОЛОГІЧНА ЗБІЙКА, ІН'ЄКТУВАННЯ, ПЕРЕГІННИЙ ТУНЕЛЬ,  
СТРУМЕНЕВА ЦЕМЕНТВІЦІЯ, JET GROUTING

Об'єкт дослідження – технологія струменевої цементації ґрунтів jet grouting при будівництві технологічної збійки перегінних тунелів Дніпровського метрополітену.

Мета роботи – розробка технічних рішень по спорудженню тунельних споруд у складних ґрунто-геологічних умовах.

Метод дослідження – розробка технологічних схем і карт основних будівельних процесів у місці міжтунельної збійки.

Технології штучного закріплення слабостійких водонасичених ґрунтів знайшли широке застосування в Україні та дозволяють вирішувати складні задачі в будівництві підземних споруд.

Зміцнення ґрунтів способом струменевої цементації Jet Grouting на сьогодні є найбільш перспективною технологією. Ця технологія полягає у використанні кінетичної енергії струменя цементного розчину, який спрямовується на руйнування і перемішування ґрунту в масиві без створення в ньому надлишкового тиску.

Тампонування гірських порід при будівництві тунелів метрополітенів здійснюється за двома технологічними схемами: з поверхні землі і з забою виробки. В дипломній роботі обидві технології були застосовані при розробці технологічних схем і карт основних процесів будівництва технологічної збійки перегінних тунелів метрополітену.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ .....                                                                                                                         | 6  |
| 1 Особливості будівництва підземних споруд у складних<br>геотехнічних умовах.....                                                   | 7  |
| 1.1 Загальні відомості про складні інженерно-геологічні умови.....                                                                  | 7  |
| 1.2 Спеціальні способи будівництва тунелів .....                                                                                    | 9  |
| 1.2.1 Штучне водозниження.....                                                                                                      | 10 |
| 1.2.2 Штучне заморожування гірських порід.....                                                                                      | 12 |
| 1.2.3 Хімічне закріплення ґрунтів .....                                                                                             | 16 |
| 1.2.4 Струменева цементация ґрунтів Jet Grouting.....                                                                               | 22 |
| 1.3 Схеми тампонування гірських порід при будівництві тунелів.....                                                                  | 27 |
| 1.4 Висновки за розділом 1.....                                                                                                     | 29 |
| 2 Основні принципи вибору технологічних параметрів для<br>влаштування ґрунтоцементного елемента.....                                | 32 |
| 2.1 Механічні характеристики ґрунтоцементу .....                                                                                    | 32 |
| 2.2 Вибір технологічних параметрів .....                                                                                            | 34 |
| 3. Проектування технології jet grouting при будівництві технологічної<br>збійки перегінних тунелів Дніпровського метрополітену..... | 38 |
| 3.1 Загальні відомості .....                                                                                                        | 38 |
| 3.2 Інженерно-геологічні умови будівництва.....                                                                                     | 40 |
| 3.3 Підготовчі роботи.....                                                                                                          | 41 |
| 3.4 Склад і послідовність технологічних операцій при спорудженні<br>ґрунтоцементних паль з поверхні та з перегінного тунелю .....   | 43 |
| 3.5 Контроль якості робіт по влаштуванню ґрунтоцементних паль .....                                                                 | 53 |
| 4 Технологія проходки міжтунельної збійки.....                                                                                      | 55 |
| 5 Заходи з охорони праці та техніки безпеки .....                                                                                   | 59 |
| 6 Заходи з охорони довколишнього середовища .....                                                                                   | 63 |
| Висновки.....                                                                                                                       | 64 |

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Перелік посилань.....                                                                                                            | 65 |
| Додаток А Графік виробництва робіт по закріпленню ґрунту методом<br>струменевої цементації та прохідці технологічної збійки..... | 67 |
| Додаток Б. Проект влаштування ґрунтоцементних паль в зоні<br>спорудження технологічної збійки.....                               | 69 |
| Додаток В. Виробництво робіт по спорудженню міжтунельної<br>технологічної збійки .....                                           | 73 |

## ВСТУП

На теперішній час питання будівництва підземних споруд у складних геотехнічних умовах дуже актуальне. При вирішенні виникаючих питань широко застосовують способи штучного глибинного закріплення ґрунтів різними фізико-хімічними способами. До таких способів відносяться: штучне водозниження, штучне заморожування гірських порід, хімічне закріплення гірських порід ін'єкцією; цементация; струминне ін'єктування; бурозмішувальний спосіб закріплення; термічне закріплення.

У сучасному будівництві найбільш популярним серед технологій цементации ґрунтів є струменевий метод цементации. Порівняно з традиційними технологіями ін'єкційного закріплення струминна цементация ґрунтів дозволяє зміцнювати практично весь діапазон ґрунтів – від гравійних відкладень до дрібнодисперсних глин та мулів. Крім того, прогресивна технологія струменевої цементации Jet Grouting з успіхом застосовується для закріплення порід в забої при прохідці тунелів.

Магістерська робота присвячена технології виконання робіт по закріпленню водонасичених ґрунтів в місці збійки перегінних тунелів метрополітену із застосуванням методу струминної цементации Jet Grouting.