

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»

Карабач Вячеслав Петрович

**БУДІВНИЦТВО ТЕХНОЛОГІЧНОГО СТВОЛУ О  
ОБҐРУНТУВАННЯМ КОНСТРУКЦІЇ В СПРЯЖЕННІ З  
ТУНЕЛЕМ**

Спеціальність 184 Гірництво (Геоінженерія)

Автореферат  
магістерської дисертації (за професійним спрямуванням)

Київ 2020

Дисертація є рукопис.

Робота виконана на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник

кандидат технічних наук

**Шайдецька Любов Валентинівна,**  
Національний технічний  
університет України «Київський  
політехнічний інститут імені Ігоря  
Сікорського», доцент кафедри  
геоінженерії

Захист відбудеться «\_\_\_» грудня 2020 року о \_\_\_ годині  
на засіданні ЕК кафедри геоінженерії у «КПІ ім Ігоря  
Сікорського»

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми** Вертикальні стволи пов'язують тунель з поверхнею землі і слугують в період будівництва тунельного комплексу для підйому на поверхню розробленого ґрунту, спуску і підйому людей, цілей енергопостачання, вентиляції та водовідливу. Кріплення вертикальних стволів як правило, здійснюється монолітним бетоном ефективно працюючим при дії рівномірних стискають навантажень. Ділянки спряжень вертикальних стволів є складними і відповідальними елементами тунельного комплексу. Кріплення ствола при будівництві спряження піддається інтенсивним впливам і потребує додаткового посилення. Вивчення цих процесів вимагає проведення математичного моделювання. У дослідженні розроблено об'ємні чисельні моделі з різною довжиною спряження. Використаний програмний комплекс «Ліра», який реалізує метод кінцевих елементів. Виконано поетапне чисельне моделювання ділянки ствола. Проаналізовано отримані дані і встановлені основні закономірності зміни напружено деформованого стану кріплення стовбура. У міру будівництва сполучення в кріпленні ствола над її зведенням формується зона активного впливу. Вона характеризується збільшенням еквівалентних напружень в два рази і більше.

**Постановка проблеми.** В період проходки спряжень в кріпленні ствола спостерігаються значні деформації розтягування і вигину. У ряді випадків вони приводили до руйнування кріплення і втрати стійкості ділянки ствола. Для недопущення такої ситуації на практиці необхідно комплексне вивчення напружено деформованого стану ділянок спряжень вертикальних стволів і обґрунтування ефективних рішень по підвищенню несучої здатності кріплення.

**Метою роботи** є обґрунтування заходів щодо підвищення застосування підсилюючих конструкцій в зонах спряження ствола з тунелем, його ефективність.

**Об'єкт дослідження** - процес будівництва технологічної інженерної споруди в складних геологічних умовах та її надійна подальша експлуатація.

**Предмет дослідження** – напружено-деформований стан в спряженні ствола з тунелем

**Методи дослідження** – теоретичний – розроблення просторової числової моделі спряження вертикального ствола з тунелем.

**Практичне значення отриманих результатів:**

В результаті розрахунків визначені всі компоненти об'ємного масиву напружень в кінцевих елементах кріплення і породного масиву, переміщення і деформації в вузлах кінцевих елементів.

Встановлено, що в характерних зонах впливу спряжень спостерігається значне збільшення інтенсивності еквівалентних напружень, які призводять до зниження запасу несучої здатності кріплення в 2 рази і більше в порівнянні з наступними тунельними ділянками підземних споруджень. Внаслідок чого, виникає необхідність застосування підсилення в спряженні.

**Особистий внесок здобувача.** Основні результати та положення дисертаційної магістерської роботи, які виносяться на захист, отримані автором самостійно.

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Основні положення магістерської дисертації доповідалися на міжнародній науково-технічній конференції: III МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ» 28-30 травня 2020 року, м. Київ

**Структура і обсяг дисертації.**

Магістерська дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 34 найменувань. Основний текст викладено на 79 сторінках друкованого тексту, містить 16 рисунків, 9 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет досліджень, наведено методи проведення досліджень, показано практичне значення отриманих в дисертації результатів, наведено дані про впровадження результатів роботи, їх апробацію.

У першому розділі проаналізовано інженерно-геологічні вишукування

Мета вишукувань – комплексна характеристика та оцінка інженерно-геологічних умов території ділянки для цілей будівництва.

У ході проведення вишукувань вирішувались такі задачі:

- визначення інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов у межах ділянки проектного будівництва (рис1);

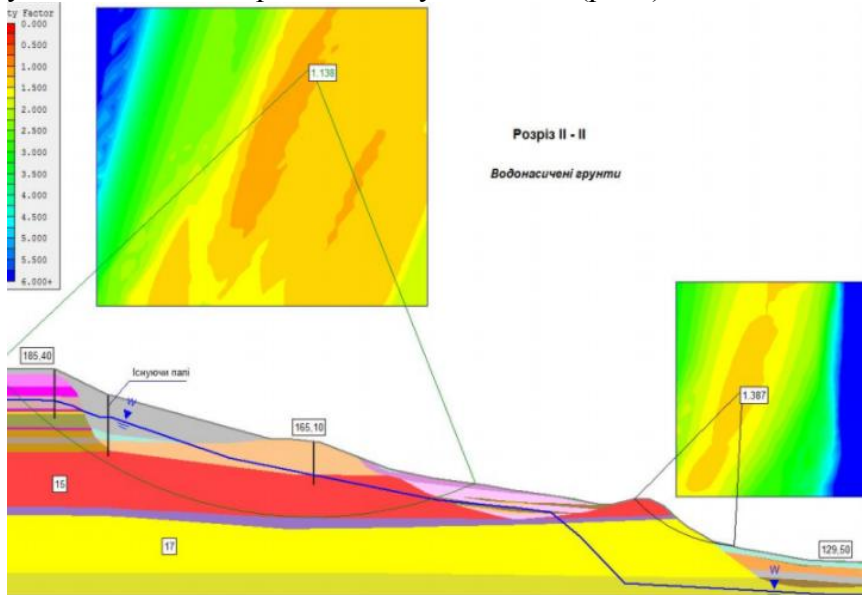


Рис. 1. Межа рівня ґрунтових вод

- визначення фізико - механічних показників ґрунтів що складають ділянку;

- розрахунок стійкості схилу по 7-ми інженерно-геологічних розрізах;

- отримання вихідних даних для обґрунтування проектування у межах ділянки.

На основі проведеного аналізу розглянутих аспектів практичного завдання сформульовано вищевказані мета і задачі роботи.

В даних інженерно-геологічних умовах, враховуючи неоднорідність геологічної будови, значну розчленованість рельєфу, можливість активізації зсувних процесів під час будівництва та експлуатації проектної будівлі, необхідно розглядати варіант фундаментів глибокого закладання, як найбільш надійний, в даних інженерно-геологічних умовах. Рівень ґрунтових вод викликає необхідність застосування будівельного водозниження. Наявність пластичних ґрунтів виклають необхідність застосування счеплюючих сумішей при проходці вертикальних та горизонтальних виробок.

**У другому розділі** розглянуто характеристики вертикальних стволів, проаналізовано їх застосування в будівництві колекторних мереж

Залежно від призначення стволи поділяють на розвідувальні, будівельні та експлуатаційні, а останні, в свою чергу, - на головні і допоміжні.

Розглянуто облаштування робочих зон в стартових та приймальних стволах, та нормативні вимоги при будівництві вертикальних стволів.

Визначені розміри по внутрішньому діаметру оправи стволів забезпечують можливість розташування та нормального функціонування обладнання під час проходки колекторних тунелів.

Конструкція кілець оправи розроблена для спорудження стволів опускним способом (без привантаження або із застосуванням такого, з використанням тиксотропного розчину бентонітової глини або без нього).

**Третій розділ** розрахунковий. Оцінка несучої здатності оброблення тунельного комплексу в зонах спряжень методами будівельної механіки або механіки суцільного середовища дуже

ускладнена. На допомогу приходять чисельні методи математичного моделювання.

Розробка і розрахунків моделей здійснювалася в програмному комплексі «ЛІРА», що реалізує метод кінцевих елементів.

Задача вирішувалася в пружньопластичній постановці покрово-ітераційним методом. В результаті розрахунків визначалися всі компоненти об'ємного тензора напружень в кінцевих елементах обробки і породного масиву, переміщення і деформації в вузлах кінцевих елементів. Далі визначались головні напруження  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$  і відповідно до критерію міцності Кулона-Мора еквівалентні напруги.

За допомогою розроблених чисельних моделей виконана серія розрахунків, отриманий масив даних по напружено-деформованому стану оброблення в зоні впливу спряження, виконаний кількісний і якісний аналіз.

Аналіз розподілу еквівалентних напруг дозволяє виділити кілька характерних зон на даній ділянці (рис. 2).

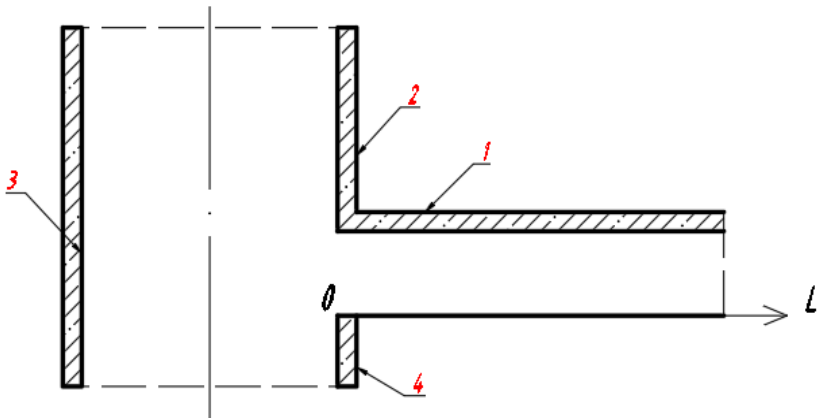


Рис. 2. Виділені зони ділянки спряження ствола:

1 - зведення спряження; 2 - стінка ствола над склепінням; 3 - стінка ствола, навпроти спряження; 4 - стінка ствола нижче спряження

В результаті дослідження підтверджені відомі практичні дані про те, що геомеханічна ситуація в зоні спряження

підземних споруд істотно складніше ніж на протяжних ділянках. При тривалій експлуатації це може привести до деформацій і руйнувань оброблення, збільшення припливу води в тунель, розвитку процесу тріщинуватості в навколишньому породному масиві. Для підвищення ефективності підтримки споруджень розроблено підсилення (рис.3).

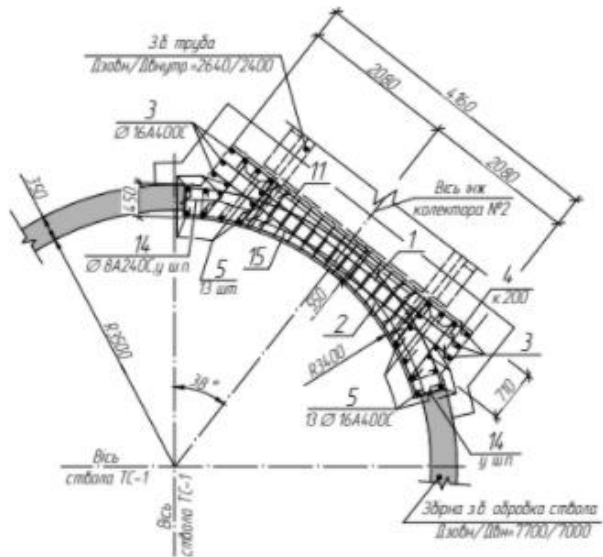


Рис.3. План конструкції підсилення

**Четвертий розділ** організаційно-технологічний присвячений технології та організації робіт під час будівництва технологічного стовпу та тунелю, який до нього примикає. Наведені основні та допоміжні роботи для підготовчого та основного періодів будівництва.

До підготовчого періоду входять наступні роботи:

- огороження будмайданчиків;
- встановлення тимчасових будівель та споруд;
- забезпечення будмайданчиків водою за допомогою водовозів та електроенергією;
- заходи по організації відводу дощових вод з нагірних ділянок;
- заходи по організації безпеки руху транспорту на період будівництва;



- встановлення біотуалетів;

В місцях будівництва відкритих виробок (ствола та старту щита в порталній частині) влаштовуються будівельні майданчики, які огорожуються інвентарною огорожею висотою 2м. На будмайданчиках розташовуються тимчасові виробничі будівлі і споруди, а також місця для складування будівельних матеріалів.

Роботи основного періоду:

- проходка ствола в кріпленні збірними залізобетонними блоками;
- впроходка тунелю щитом ПЩ-3,23;
- демонтаж щита;
- влаштування розкриття та спорудження підсилення для спряження ствола з тунелем;
- влаштування залізобетонного днища ствола.

Довжина щитової проходки щитом ПЩ-3,23 в проекті складає 138м, робота щита ПЩ-3,23 складає -1656 маш.год.

Глибина ствола ТС-1 склала 33,24м.

Прийнята тривалість будівництва згідно графіку складає 8,0 місяців. З них 1,0міс. підготовчого періоду.

### **У п'ятому розділі розроблено стартап-проект**

Для розробки стартап-проекту потрібно обґрунтувати цілі етапів реалізації проекту.

На початковому етапі стартап-проекту аналізується світовий досвід будівництва підсилень конструкцій вертикальних стволів в спряженні з тунелем.

Наступним кроком при розробці стартап-проекту є опис можливих конкуруючих конструкцій, за допомогою яких також можливе спорудження підсилення в спряженні. Для цього необхідно виконати наступні етапи:

Розглянути способи підсилення які розроблені конкурентами та мною, провести ретельний підбір техніко-економічних показників ;

надати техніко-економічні показники запропонованої конструкції.

При розгляді данної конструкції потрібно не лише оптимізувати конструктивні параметри, а й надати переваги даної конструкції для споживача, викласти нові проблеми, які необхідно вирішити при будівництві. Головним завданням на цьому етапі є складання характеристики основних переваг даного підсилення.

Головним завданням при розробці стартап-проекту є проектування та створення бізнес-моделі і комерційної частини розробленої конструкції підсилення. При будівництві конкурентоспроможної бізнес-моделі головним плюсом є оптимізація конструктивних параметрів конструкції підсилення, а саме зменшення вартості конструкції, простоту в спорудженні, економічній доцільності, підвищення надійності, збільшення терміну експлуатації. Ефективність вирішення поставлених задач під час спорудження підсилення є технологічно доцільними та можуть прийматись до уваги під час будівництва.

Проведення оцінювання ринкових перспектив розробленого способу підсилення та створення бізнес моделі показало, що дана конструкція готова до широкого застосування, вона є конкурентоспроможною та цілком доцільна для подальшого виконання проекту. Перевагою даного стартап-проекту є відсутність ризиків входження на ринок.

#### Техніко-економічні показники

№ пп	Показники	Одиниця виміру	Кількість
1.	Загальна кошторисна вартість	тис. грн	39008,444
2.	Вартість будівельно-монтажних робіт	тис. грн	32507,037
3.	Тривалість будівництва	міс.	8
4.	В тому числі підготовчий період	міс.	1
5.	Максимальна чисельність працюючих	чол.	34
6.	Загальна трудомісткість	люд/годин	2963604

## ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація є завершеною інженерно-дослідною роботою, в якій на основі вихідних даних про інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови, характеристику умов будівництва та конструктивні рішення вирішено прикладне завдання збільшення надійності підземних споруд шляхом влаштування підсилення конструкції.

Список опублікованих праць за темою дисертації: Будівництво транспортних тунелів та комунікаційних колекторів. III міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики» 28-30 травня 2020 року, м. Київ

## АНОТАЦІЯ

**Карабач В.П. Будівництво технологічного стволу з обґрунтуванням конструкції у спряженні з тунелем – рукопис.**

Магістерська дисертація за спеціальністю 184 гірництво (Геотехнічне і міське підземне будівництво). – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» МОН України, Київ, 2018.

Дисертацію присвячено удосконаленню конструкції спряження вертикального ствола з тунелем. У роботі вирішено прикладне завдання збільшення надійності експлуатації конструкції інженерного колектора.

В результаті розрахунків визначені всі компоненти об'ємного масиву напружень в кінцевих елементах кріплення і породного масиву, переміщення і деформації в вузлах кінцевих елементів.

Встановлено, що в характерних зонах впливу спряжень спостерігається значне збільшення інтенсивності еквівалентних напружень, які призводять до зниження запасу несучої здатності кріплення в 2 рази і більше в порівнянні з наступними

тунельними ділянками підземних споруджень. Внаслідок чого, виникає необхідність застосування підсилення в спряженні.

*Ключові слова:* ґрунт, технологічний ствол, конструкція підсилення спряження.

## АННОТАЦИЯ

**Карабач В.П. Строительство технологического ствола с обоснованием конструкции в сопряжении с тоннелем - рукопись.**

Магистерская диссертация по специальности 184 горное (Геотехническое и городское подземное строительство). - Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» МОН Украины, Киев, 2018.

Диссертация посвящена усовершенствованию конструкции сопряжения вертикального ствола с тоннелем. В работе решено прикладную задачу повышения надежности эксплуатации конструкции инженерного коллектора.

В результате расчетов определены все компоненты объемного массива напряжений в конечных элементах крепления и породного массива, перемещения и деформации в узлах конечных элементов.

Установлено, что в характерных зонах влияния сопряжений наблюдается значительное увеличение интенсивности эквивалентных напряжений, которые приводят к снижению запаса несущей способности крепи в 2 раза и более по сравнению со следующими туннельными участками подземных сооружений. В результате, возникает необходимость применения усиления в сопряжении.

*Ключевые слова:* почва, технологический ствол, конструкция усиления сопряжения.

## ANNOTATION

V.P. Karabach Construction of a technological shaft with a design justification in conjunction with a tunnel - manuscript.

Master's thesis in specialty 184 mining (Geotechnical and urban underground construction). - National Technical University of

Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" MES of Ukraine, Kyiv, 2018.

The dissertation is devoted to the improvement of the structure of the vertical shaft-tunnel interface. In this work, the applied problem of increasing the reliability of the operation of the engineering collector structure has been solved.

As a result of the calculations, all components of the volumetric array of stresses in the finite elements of anchorage and rock mass, displacement and deformation at the nodes of finite elements are determined.

It was found that in the characteristic zones of the influence of junctions, there is a significant increase in the intensity of equivalent stresses, which lead to a decrease in the margin of the bearing capacity of the lining by 2 times or more in comparison with the following tunnel sections of underground structures. As a result, it becomes necessary to apply amplification in conjunction.

*Key words:* soil, technological shaft, construction of reinforcement of conjugation.