

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

Зуй Дарія Анатоліївна

УДК 624.15

**Формування напруженого стану огорожуючої конструкції під час  
будівництва підземної автостоянки**

Спеціальність 184 Гірництво

Автореферат  
магістерської дисертації (за професійним спрямуванням)

Київ 2019

Дисертація є рукописом.

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

Науковий керівник

доц., к.т.н.,  
Ган Анатолій Леонідович,  
Національний технічний університет  
України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського»

Рецензент

Захист відбудеться «\_\_\_\_» грудня 2019 року о \_\_\_\_ годині на засіданні ЕК кафедри геоінженерії у «КПІ ім Ігоря Сікорського» за адресою: 03056, м. Київ-56, вул Борщагівська, 115, ауд.511.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Для забезпечення міцності споруд у ґрунтових масивах та дослідження їх напружено-деформованого стану виникає необхідність прогнозу деформацій. В умовах міської забудови необхідно у повній мірі враховувати напружено-деформований стан ґрунтового масиву, та конструкцій, який виникає через взаємовплив існуючих і нових споруд. Також необхідно підібрати конструкцію кріплення масиву і здійснити її влаштування зваживши усі нюанси геологічних умов та провезти аналіз економічності такого будівництва. Зокрема для будівництва підземної автостоянки необхідно у повній мірі враховувати формування напружено-деформованого стану огорожуючої конструкції. Тому існує актуальна задача розробки комплексу спеціальних заходів, що дозволяють забезпечити міцність огорожуючих конструкцій та зменшити витрати на їх будівництво.

### **Мета та задачі дослідження**

Метою роботи є забезпечення міцності огорожуючої конструкції котловану при спорудженні підземної автостоянки.

Вказана мета досягається вирішенням наступних задач:

- обґрунтувати вибір огорожуючої конструкції котловану;
- дослідити характер формування напружень у ґрунтовому масиві та його вплив на огорожуючу конструкцію;
- обрати несучу огорожуючу конструкцію з урахуванням отриманих міцнісних і економічних параметрів;

*Об'єктом дослідження є напружено-деформований стан огорожуючої конструкції.*

*Предмет дослідження – обґрунтування найбільш ефективної конструкції огороження котловану з врахуванням напружено-деформованого стану ґрунтового масиву.*

**Методи дослідження:** під час вирішення поставлених в роботі завдань використано наступні методи досліджень: аналіз наукових досліджень та узагальнення відомих результатів теоретичних досліджень і практичного

досвіду забезпечення формування напружено-деформованого стану огорожуючої конструкції; метод математичного та фізичного моделювання напружено-деформованого стану масиву та конструкції; математичної статистики під час обробки матеріалів досліджень.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в наступному: забезпечення стійкості огорожуючої конструкції під впливом напружено-деформованого стану масиву та конструкції; обґрунтовано несучу огорожуючу конструкцію з урахуванням міцнісних і економічних характеристик та сучасних матеріалів.

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

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Основні положення магістерської дисертації доповідалися на міжнародній науково-технічній конференції: V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, Україна, 2019 р.), II науково технічній конференції магістрантів ІЕЕ пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (м. Київ, Україна, 2019 р).

#### **Структура і обсяг дисертації.**

Магістерська дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 28 найменувань. Основний текст викладено на 93 сторінках друкованого тексту, містить 24 рисунки, 14 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт і предмет досліджень, наведено методи проведення досліджень, показано практичне значення отриманих в дисертації результатів.

У першому розділі проведений детальний аналіз зарубіжного та відчизняного досвіду заходів формування напружено деформованого стану масиву та конструкції, аналіз будівництва огорожуючих конструкцій котлованів і формування напружень в ґрунтах від взаємного впливу споруд.

Розробкою технологій і методів прогнозу деформацій ґрунтового масиву при будівництві напівзаглиблених споруд займалися вітчизняні і зарубіжні дослідники Маковский Л. В., Меркин В. Е., Ильичев В. А., Колыбин И. В., Малинин А. Г., Мангушев Р. А., Улицкий В. М., Шашкин А. Г., Пармонов В. Н., Пекк, Сугимото, Боулес та ін.

Для того, щоб забезпечити високу несучу здатність споруди, потрібно підібрати її конструкцію відповідно до інженерно-геологічних умов даного району та забезпечити економічну ефективність спорудження. Аналізуючи відомі методи спорудження огорожуючих конструкцій потрібно звернути увагу на осучаснені конструктивні рішення для даних споруд. Дедалі частіше у бетонних конструкціях металеву арматуру замінюють на композитну. Це дозволяє досягнути високих показників несучої здатності конструкції та економічності будівництва.

При виконанні робіт необхідно керуватися положеннями ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти споруд».

У другому розділі розглянуто інженерно-геодезичні та інженерно-геологічні умови будівництва. Також розглянуто конструктивні рішення огорожуючої конструкції для забезпечення огороження котловану підземного паркінгу. Для визначення найбільш доцільного способу будівництва у проекті пропонуються декілька варіантів огорожуючих конструкцій:

- суцільно-бетонна огорожуюча конструкція;

- залізобетонна огорожуюча конструкція;
- бетонна огорожуюча конструкція з використанням композитної арматури

Глибина занурення конструкції становить 17 м. Протяжність 68,5 м.

Технологія робіт по будівництву огорожуючої конструкції передбачає спорудження підпірної стіни способом «стіна в ґрунті». Цей спосіб передбачає будівництво огорожуючої конструкції за допомогою суцільного ряду композитних паль.

Розробка котловану здійснюється відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 «Настанова щодо проведення земляних робіт та улаштування основ і спорудження фундаментів».

**Третій розділ** присвячений моделюванню напружено-деформованого стану системи ґрунт-споруда.

У даній роботі моделювання та розрахунки виконано у програмі Midas GTS NX, яка призначена для комплексних геотехнічних розрахунків.

Завдання моделювання полягає в тому, щоб створивши розрахункову схему та промодельовавши задану роботу у відповідній програмі створити наглядний приклад забезпечення стійкості огорожуючої конструкції під впливом напружено-деформованого стану масиву та конструкції; обґрунтувати раціональний вибір конструкції внаслідок порівняння декількох можливих конструктивних способів.

У даному проекті виконано моделювання та розрахунок огорожуючої конструкції котловану під час будівництва підземного паркінгу. Характеристики споруди: огорожуюча конструкція глибиною занурення 17 м, протяжністю 68,5 м. У роботі розглядалась ліва частина огорожуючої конструкції, так як глибина котловану з цієї сторони найбільша. Для побудови моделі у програмі було задано інженерно-геологічні умови масиву згідно з результатами геологічної розвідки та враховано рівень ґрунтових вод (рис. 1).

0 5.79e+003 1.16e+004 mm

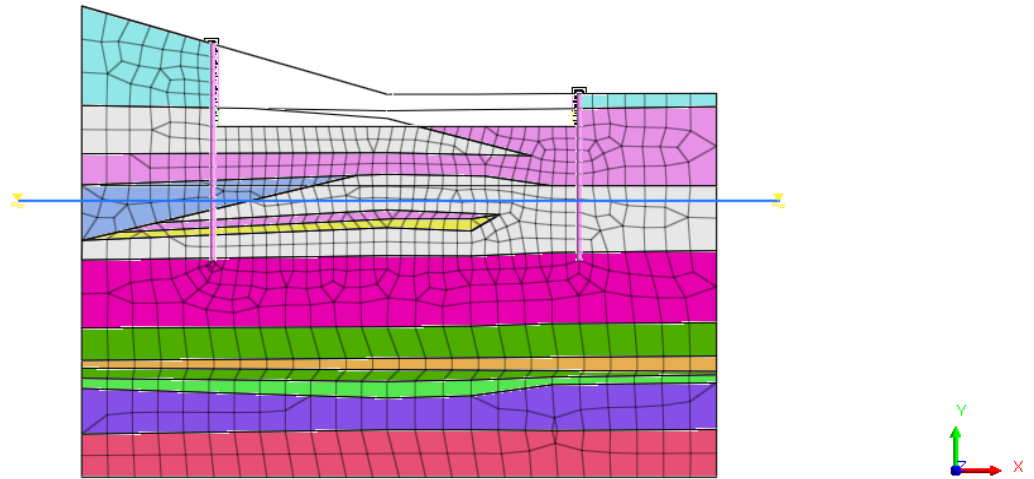


Рис. 1. – Розрахункова схема в Midas GTS NX

### Моделювання бетонної огорожуючої конструкції

У даній моделі створено бетонну огорожуючу конструкцію: задано бетон класу В30, товщина конструкції 0,42м, глибина занурення – 17м (рис. 2)

За результатами розрахунків деформації нижньої частини огорожуючої конструкції складають 15 мм, загальні деформації лівого борту котловану досягають 123 мм, що виходить за межі нормативних що призведе до руйнування огорожуючої конструкції.

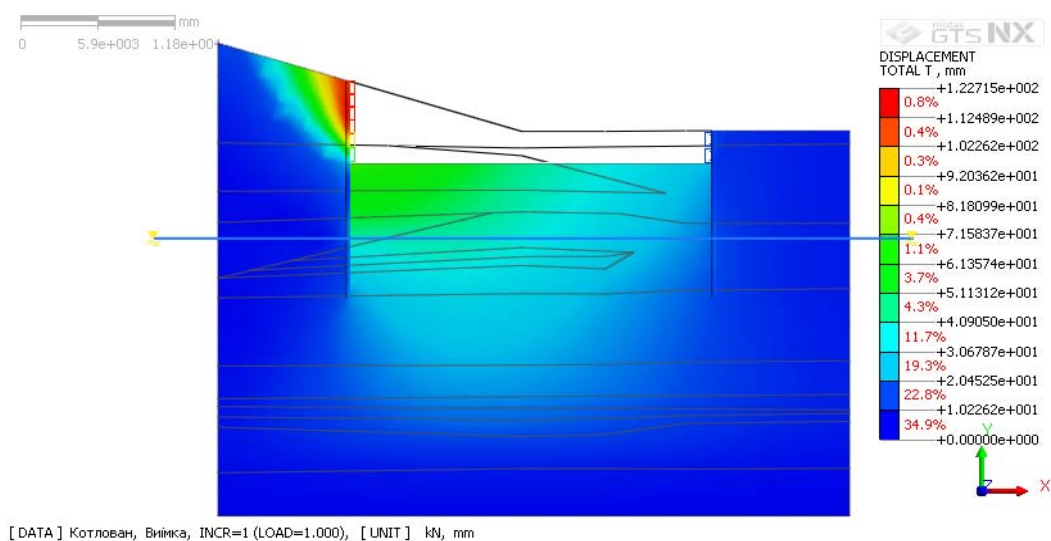


Рис. 2. – Напружено деформований стан взаємодії масиву та бетонної конструкції

## Моделювання залізобетонної огорожуючої конструкції

У даному варіанті розрахунку створено модель залізобетонної огорожуючої конструкції. У моделі задано: бетон класу В30, товщина конструкції 0,42м, глибина занурення – 17м, арматурний каркас, арматура А400 Ø16.

Створивши розрахункову модель та провівши розрахунки можна зробити висновок, що загальні деформації знаходяться в межах норми (рис. 3). За результатами розрахунків деформації нижньої частини огорожуючої конструкції складають 14 мм, загальні деформації лівого борту котловану досягають 31 мм, вони відповідають нормативним вимогам.

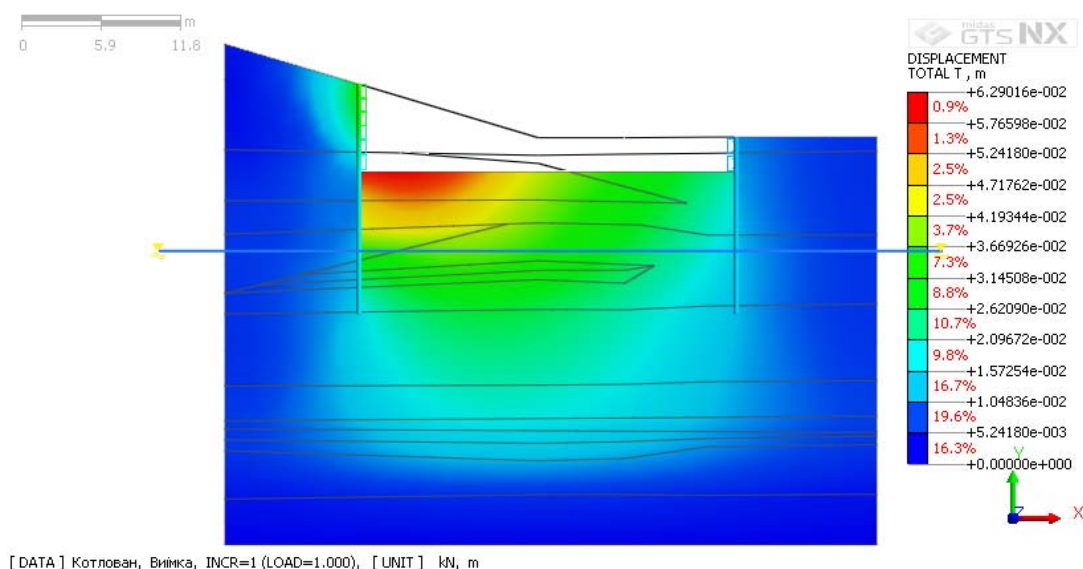


Рис. 3. – Напружено деформований стан взаємодії масиву та залізобетонної конструкції

## Моделювання бетонної огорожуючої конструкції з використанням композитних паль

У даному варіанті розрахунку створено модель бетонної огорожуючої конструкції із застосуванням композитної арматури. У моделі задано: бетон класу В30, товщина конструкції 0,42м, глибина занурення – 17м, композит-арматурний каркас, арматура АКС600 Ø12.

Створивши розрахункову модель та провівши розрахунки можна зробити висновок, що загальні деформації знаходяться в межах норми (рис. 4). За результатами розрахунків деформації нижньої частини огорожуючої



конструкції складають 13,8 мм, загальні деформації лівого борту котловану досягають 36,2 мм, що відповідає нормативним вимогам.

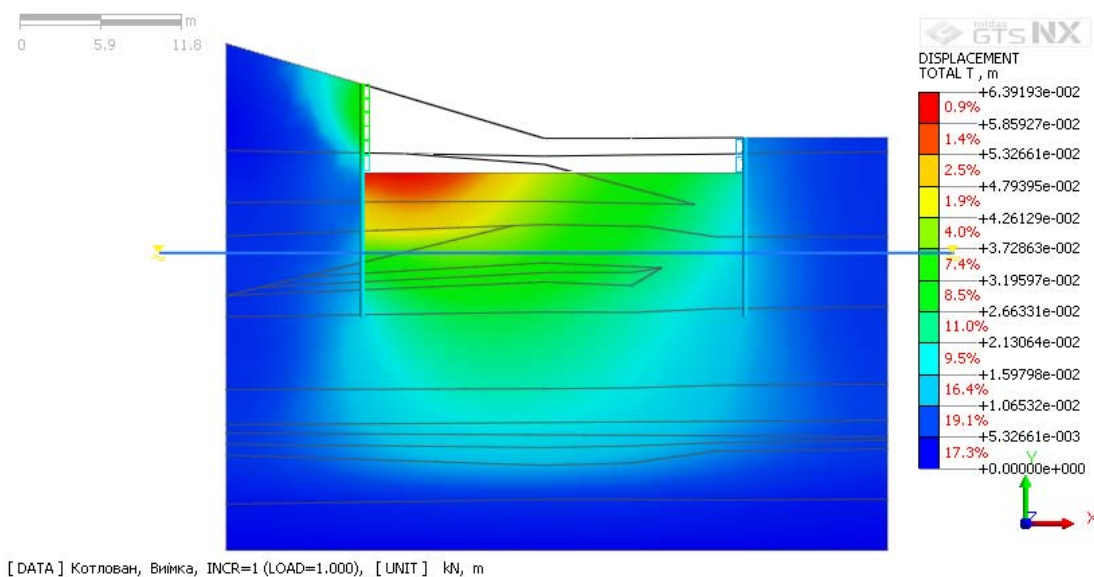


Рис. 4. – Напружено деформований стан взаємодії масиву конструкції з використанням композитної арматури

Для перевірки несучої здатності огорожуючих конструкцій було проведено розрахунок за II групою граничних станів на утворення тріщин. Розрахунок показав, що огорожуючі залізобетонна та композитбетонна конструкції задовольняють усі умови розрахунку.

За результатами розрахунку побудовано графік залежності загальних деформацій від певної відмітки висоти огорожуючої конструкції (рис. 5).

Як видно з рисунку 5 деформації, які виникають в огорожуючій конструкції носять нелінійний характер. При чому максимальні деформації спостерігаються при застосуванні бетонної конструкції і становлять 15 – 113 мм., а найменші деформації виникають у композитбетоні і знаходяться м межах 13 – 35 мм. Дещо вищі деформації спостерігаються в залізобетонній конструкції і становлять від 14 до 36 мм. З точки зору надійності конструкції згідно розрахунків найбільш доцільно застосувати конструкцію з композитбетону.

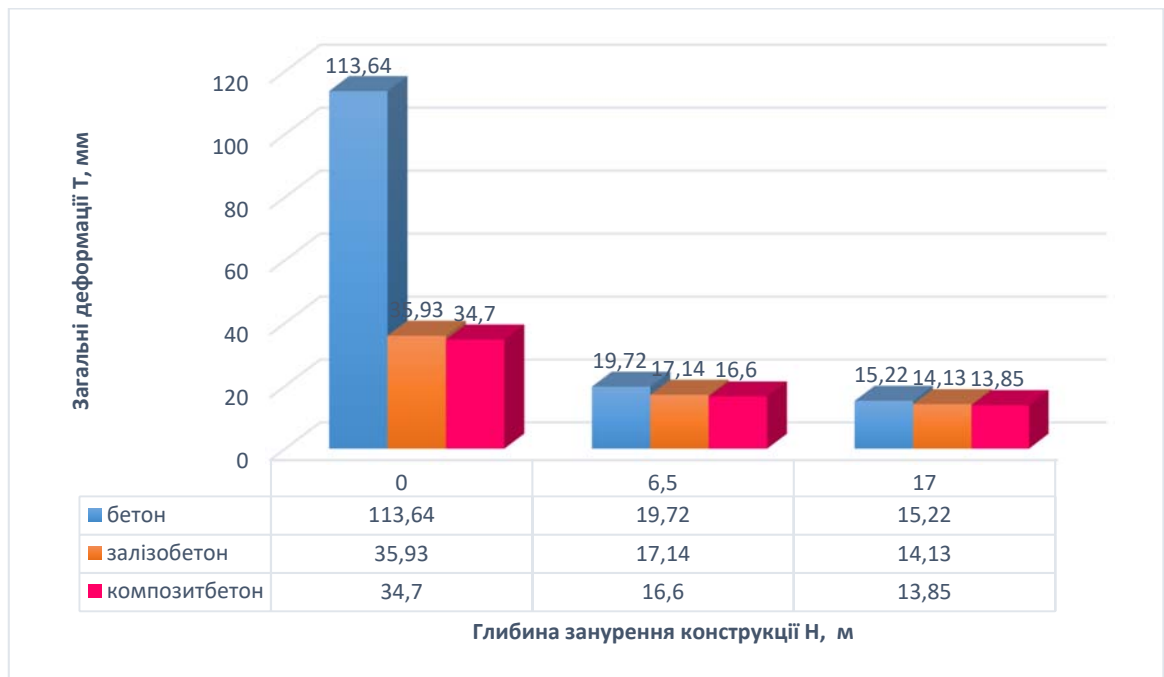


Рис. 5. – Діаграма загальних деформацій на певній відмітці висоти огорожуючої конструкції

У четвертому розділі виконано розробку стартап-проекту конструктивної технології композитбетонної огорожуючої конструкції, проаналізовано можливість впровадження даного стартап-проекту, його доцільність та способи реалізації.

Для визначення економічної доцільності будівництва залізобетонної та композитбетонної конструкцій проведено економічний аналіз. Розрахунок економічної доцільності будівництва підземної бетонної огорожуючої конструкції не є необхідним, так як показники загальних деформацій цієї конструкції знаходяться за межами нормативних, а отже за розрахунком несуча здатність цієї конструкції не задовольняє нормативну.

Для визначення економічної доцільності використання арматури було проведено розрахунок її вартості на один погонний метр конструкції. Один погонний метр металевої арматури огорожуючої конструкції складає 5901,43 грн, а композитної – 4614,29 грн. У відсотковому відношенні один погонний метр композитної арматури дешевший за металеву на 27, 89%.

За показниками кошторису будівництво композитбетонної огорожуючої конструкції є економічно вигіднішим за будівництво залізобетонної (табл. 1).

Таблиця 1 – Кошторисна вартість будівництва

Показники	Значення	
	композитбетон	залізобетон
Кошторична трудомісткість, люд-год.	14302	14302
Кошторисна вартість, грн.	3620529	4005299
Кошторисна заробітна плата, грн.	571097	571097

Економічний ефект досягається заміною металевої арматури на композитну та складає 1287,14 грн на один погонний метр конструкції.

### ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація є завершеною інженерно-дослідною роботою, у якій на основі вихідних даних інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов, характеристики умов будівництва та конструктивних рішень огорожуючих конструкцій вирішено завдання забезпечення несучої здатності огорожуючої конструкції з формуванням напружено-деформованого стану.

Залежності, отримані в результаті розрахунків дозволяють застосовувати композитбетон для влаштування огорожуючої конструкції під час будівництва підземної автостоянки.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ган А. Л., Зуй Д. А. Забезпечення стійкості схилів за допомогою анкерування та ґрунтоцементних паль в умовах щільної міської забудови/ Ган А. Л., Зуй Д. А./ «Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики» матеріали II міжнародно науково-технічної конференції м. Київ, 2019.

2. Зуй Д. А., Степанюк Л. В. Забезпечення стійкості укосів із прогнозованим зсувом ґрунтів/ Загоруйко Є.А, Полібін Р.В. / «Перспективи розвитку будівельних технологій» матеріали 12-ї міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, Дніпро, 2018.

3. Ган А. Л., Зуй Д. А. Забезпечення стійкості ґрунтових укосів в умовах щільної міської забудови/ Ган А. Л., Зуй Д. А./ «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» матеріали 6-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих учених, Житомир, 2019.

4. Ган А. Л., Зуй Д. А. «Використанням композитної арматури при конструюванні огорожуючої конструкції котловану» II науково технічна конференції магістрантів ІЕЕ пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) (м. Київ, Україна, 2019 р).

## АНОТАЦІЯ

**Зуй Д. А. Формування напруженого стану огорожуючої конструкції під час будівництва підземної автостоянки – 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, 2019.

Дисертацію присвячено формуванню напружено-деформованого стану огорожуючої конструкції. В роботі розглянуто три способи конструювання огорожуючої конструкції: бетонна, залізобетонна та композитбетонна, проведено аналіз характеристик склопластикової арматури. На основі розрахунків досліджено умови роботи зазначених конструкцій. Проведено конструювання огорожуючої конструкції з використанням палі із композитбетону.

*Ключові слова:* огорожуюча конструкція, напружено-деформований стан, залізобетон, композитбетон, композитна арматура, склопластикові арматура, палі з композитбетону.

## АННОТАЦИЯ

**Зуй Д. А. Формирование напряженного состояния ограждающей конструкции при строительстве подземной автостоянки – 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, 2019.

Диссертация посвящена формированию напряженно-деформированного состояния ограждающей конструкции. В работе рассмотрены три способа конструирования ограждающей конструкции: бетонная, железобетонная и композитбетонная, проведен анализ характеристик стеклопластиковой арматуры. На основе расчетов исследованы условия работы указанных конструкций. Проведено конструирование ограждающей конструкции с использованием композитбетонных свай.

*Ключевые слова:* ограждающая конструкция, напряженно-деформированное состояние, железобетон, композитбетон, композитная арматура, стеклопластиковая арматура, композитбетонные сваи.

## ABSTRACT

### **D. Zui Formation of stress state of the enclosure during the construction of an underground parking lot - manuscript.**

Master's degree dissertation after speciality 184 mining (Geotechnical and municipal underground building). it is the National technical university of Ukraine the «Kyiv polytechnic institute of the name of Igor Sikorsky» Ukraine, Kyiv, 2019.

The dissertation is devoted to the formation of stress - strain state of the enclosing structure. The paper considers three ways of constructing a fence structure: concrete, reinforced concrete and composite concrete, and analyzes the characteristics of fiberglass reinforcement. On the basis of the calculations the working conditions of these structures were investigated. The construction of the enclosure was made using piles of composite concrete.

*Keywords:* enclosure, stress-strain state, reinforced concrete, composite concrete, composite reinforcement, fiberglass reinforcement, piles of composite concrete.