

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

Тищенко Олександра Вікторівна

УДК 624.1

**ФОРМУВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО
СТАНУ БУНКЕРУ В ПРОЦЕСІ ОПУСКАННЯ В МАСИВ**

Спеціальність 184 Гірництво (Геотехнічне і міське підземне
будівництво)

Автореферат
магістерської дисертації (за професійним спрямуванням)

Київ 2018

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», старший викладач кафедри геоінженерії
-------------------	---

Захист відбудеться «___» грудня 2018 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. У наші часи існує велика кількість сучасних технологічних процесів пов'язаних з переробкою різних сипучих матеріалів. В першу чергу це відноситься до ряду видобувних галузей промисловості, таких як вугільна або гірничорудна, де виникає необхідність первинного сортування і зберігання значного обсягу видобутих корисних копалин. Для цього є нераціональним використовувати звичайні склади, оскільки ускладнюється подальше відвантаження сипучого матеріалу, що може призвести до втрати значної його частини. Тому застосовують спеціальні споруди, що являють собою ємнісні конструкції. В даний час вони є окремим класом будівельних конструкцій, які мають свої власні закони проектування та експлуатації.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі геоінженерії «КПІ ім. Ігоря Сікорського» відповідно до плану наукових досліджень кафедри і є складовою частиною НДР: «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва (№ ДР 0115U005398), в яких автор брав участь як виконавець.

Мета та задачі дослідження.

Метою виконаної роботи є проведення дослідження несучої здатності конструкції підземного бункеру з визначенням зусиль в основних несучих елементах, деформацій конструкцій і прилеглого геомасиву.

Вказана мета досягається вирішенням наступних задач:

- проведення аналізу матеріалів інженерно-геологічних вишукувань на території об'єкта, що споруджується;
- визначення недоліків та переваг об'ємно-конструктивних рішень об'єкта дослідження та технології його спорудження;
- розроблення геомеханічної моделі і схеми із кінцевих елементів розрахункової області ґрунтового масиву, що включає територію нового будівництва бункера;

-визначення основних граничних показників міцнісних і деформаційних характеристик об'єкта та надання рекомендації до реалізації прийнятих рішень.

Об'єктом дослідження є підземний бункер для зберігання сипучих речовин.

Предметом дослідження є граничні показники міцнісних і деформаційних характеристик конструкції підземного бункера, враховуючи сумісну роботу «грунтовий масив – конструкція».

Методи дослідження. При вирішенні поставлених в роботі завдань використано наступні методи досліджень: метод аналізу та узагальнення відомих результатів практичного досвіду при проектуванні та розрахунках підземних бункерів промислового призначення, метод моделювання напружено-деформованого стану сумісної роботи «конструкція – ґрунтовий масив» у програмі Plaxis 3D та SCAD Office модуль«Арбат».

Практичне значення отриманих результатів полягає в наступному:

- обґрунтовано формування напружено-деформованого стану бункеру при опусканні в ґрунтовий масив з метою визначення деформацій конструкцій і прилеглого геомасиву та зусиль в основних несучих елементах.

- надано технологічні та конструктивні рішення при дослідженні напружено-деформованого стану для визначення деформації під час будівництва та експлуатації.

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: Всеукраїнській науково-практичній on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченій Дню науки (м. Житомир, Україна, 2018 р.); Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації»(м. Дніпро, Україна, 2018 р); І науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ, за

результатами дисертаційних досліджень магістрантів (м. Київ, Україна, 2018).

Структура і обсяг дисертації.

Магістерська дисертація складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел, який містить 24 найменувань. Основний текст викладено на 132 сторінках друкованого тексту, містить 49 рисунків, 15 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 сучасний стан досліджень конструктивних рішень спорудження підземних споруд та основні тенденції розвитку будівництва у великих містах.

У процесі інженерно-геологічних вишукувань вирішувалися завдання, пов'язані з вивченням геологічної будови, гідрогеологічних умов, визначенням фізико-механічних та корозійних властивостей ґрунтів, виділенням інженерно-геологічних елементів і характеристикою інженерно-геологічних умов.

Отже, було проведено аналіз конструктивних особливостей підземних споруд, загальні характеристики та класифікації. Визначені інженерно-геологічні умови та проведений патентний пошук.

Також розглянуті нормативні вимоги та стадії напружено-деформованого стану. Наведена інформація про комбінування навантажень підземних споруд.

На основі проведеного аналізу розглянутих аспектів практичного завдання сформульовано вище вказані мету і задачі роботи.

У другому розділі розглянуто проектно-конструктивні та технологічні рішення. При конструюванні об'єктів в умовах щільної міської забудови були враховані зони напружень і переміщень, які впливають на споруду.

Прийняті проектні рішення (конструктивні і технологічні) відповідають вимогам ДБН В.1.2-12. Навантаження і впливи на основи, що передаються фундаментами будівель та споруд, визначалися розрахунком, з урахуванням спільної роботи будівель з основою для різних розрахункових ситуацій. Види навантажень і впливів встановлювалися згідно з ДБН В.1.2-2, а розрахункові ситуації - згідно з ДБН В.2.1-10.

Обґрунтовано проектування та види армування бункерів та силосів. Бункери являють собою розташовані на опорах призматичні або циліндричні ємності, які призначені для зберігання сипучих матеріалів, можуть саморозвантажуватися та за розмірами відповідають умові $h \leq 1,5a$ ($a \geq b$).

Силоси так само, як і бункера, служать сховищами сухих сипучих матеріалів, але відрізняються від бункерів великою висотою при порівняно малій площі. Силоси – це інженерні споруди у вигляді піднятих на опори призматичних або циліндричних ємностей, які призначені для зберігання сипучих матеріалів, можуть саморозвантажуватися й за розмірами відповідають умові $h > 1,5\sqrt{A}$.

Отже, було розглянуто проектно-конструктивні та технологічні рішення, проектування та армування бункеру та силосу. Призначення та сфери застосування, а також досліджувались основні різновиди, типи, види, форми та конструктивні рішення бункерів:

- Монолітні бункери;
- Збірні залізобетонні бункера;
- Бункери змішаної конструкції.

Третій розділ присвячений технології та організації робіт під час будівництва заглиблених споруд методом «опускний колодязь». Наведені основні та допоміжні роботи для підготовчого та основного періодів будівництва.

Спорудження підземного бункеру для цементу передбачено способом опускного колодязя, що занурюється в тиксотропній оболонці в наступній послідовності:

I етап – бетонування ножа;

II етап – монтаж форшахти з блоків ФБС 24.5.6-Т;

III етап - бетонування монолітної конструкції бункеру та ножа в збірно-розбірній приставній опалубці;

IV етап – опускання колодязя;

V етап – виконання бетонної підготовки та бетонування днища колодязя;

VI етап – розробка ґрунту та бетонування фундаменту під прогонові споруди.

Отже, була складена технологія будівництва заглиблених споруд методом «опусний колодязь». А також поетапно описано обґрунтування технологічної схеми.

У четвертому розділі наведено дослідження конструкції підземного бункера з визначенням її деформацій і прилеглого геомасиву та зусиль в основних несучих елементах.

Даний об'єкт (бункер для сипучих матеріалів) проектується в безпосередній близькості від існуючого фундаменту-плити розмірами 6,1×11,3 м, на який діє навантаження $F=560$ кН (розрахунково).

Розрахунок був виконаний на два сполучення навантажень:

- 1-ше сполучення навантажень актуально в період спорудження об'єкта (тимчасові);

- 2-ге сполучення навантажень актуально в період експлуатації об'єкта (постійні);

Значення зовнішніх навантажень і геометрія їх застосування визначалися відповідно до конструкції існуючого фундаменту. Максимальні значення граничних переміщень в період першого та другого навантажень із врахуванням масиву ґрунту навколо підземної споруди відповідають загальним деформаціям без дії ґрунтового масиву рис.1 та рис.2.

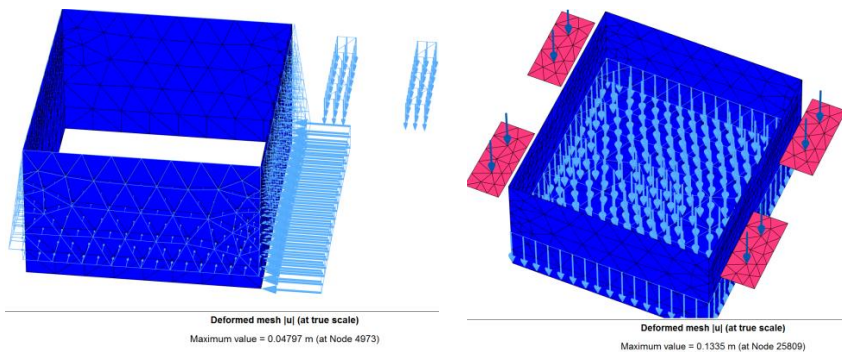


Рис.1 - Загальні деформації від навантажень 1-го та 2-го сполучення у векторному зображенні без геомасиву.

В період спорудження об'єкта, коли на його діють тільки тимчасові навантаження загальні деформації складають 0,047 м, а в період експлуатації вони зросли у 2,8 разів, що становить 0,133 м.

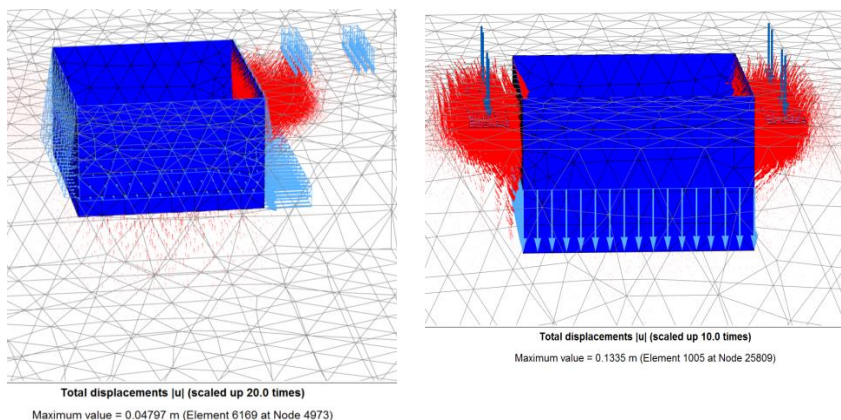
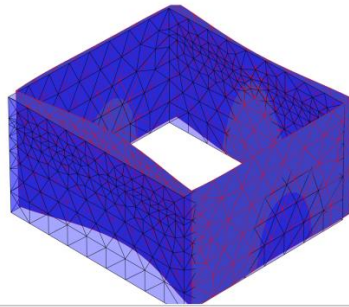
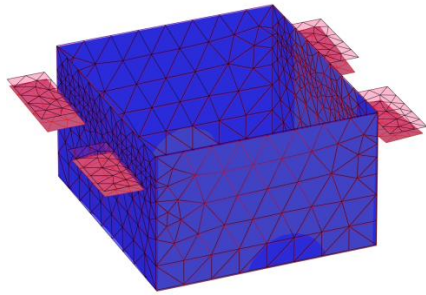


Рис.2 -. Загальні переміщення від навантажень 1-го та 2-го сполучення у векторному зображенні із геомасивом.



Total displacements [u] (scaled up 50.0 times)
Maximum value = 0.03095 m (Element 760 at Node 10848)



Total displacements [u] (scaled up 5.00 times)
Maximum value = 0.1335 m (Element 88 at Node 25609)

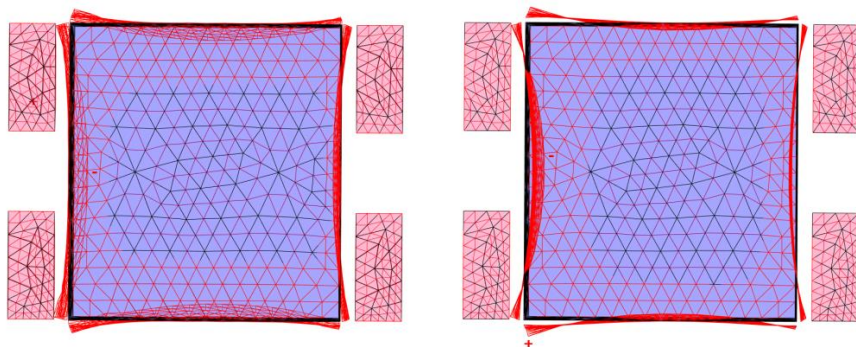
Рис.3. Загальні переміщення конструкції від навантажень 1-го та 2-го поєднання у векторному зображенні без геомасиву.

Від навантаження максимальні значення граничних переміщень конструкції споруди в період першого поєднання становить 0,0309 м, а в період другого поєднання у 4,3 рази більше від першого і складає 0,1335 м (рис.3). Збільшення загальних деформацій конструкції безпосередньо призводить і до збільшення розрахункових зусиль, які виникають в конструкції. Тому для подальших розрахунків ми зупиняємося тільки на другій стадії, тобто для визначення розрахункових зусиль у конструкції із врахуванням впливу масиву ґрунту приймаємо друге поєднання навантажень.

Значення розрахункових вигинаючих моментів у площині перекриття становлять $M_{11}^{max} = 195,2$ кНм, та $M_{11}^{min} = -90,44$ кНм, а в площині днища складають $M_{22}^{max} = 655,7$ кНм, та $M_{22}^{min} = -485,6$ кНм (рис. 4)

Для збереження експлуатаційних якостей існуючих споруд під час будівництва підземного об'єкту необхідно обов'язково враховувати зміну напружено-деформованого стану при сумісній роботі «конструкція-масив» як в період будівництва, так і в період його експлуатації.

Отже, було розглянуто розрахунок за міцністю основних несучих залізобетонних елементів при проектуванні підземного бункера.



Bending moments M_{11} (scaled up $5.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 195.2 kN m/m (Element 7 at Node 208)
 Minimum value = -90.44 kN m/m (Element 760 at Node 10848)

Bending moments M_{22} (scaled up $1.00 \cdot 10^{-3}$ times)

Maximum value = 655.7 kN m/m (Element 803 at Node 18114)
 Minimum value = -485.6 kN m/m (Element 758 at Node 8255)

Рис.4. Розрахункові значення вигинаючих моментів у конструкції: M_{11} – момент в площині перекриття споруди, M_{22} – момент у площині днища споруди.

Для основних несучих конструкцій передбачено застосування важкого бетону класу за міцністю на стиск В25 на сульфатостійкому цементі, марки за водонепроникністю W4, за морозостійкістю F75. Для армування несучих конструкцій - прийнята гарячекатана арматура класу АIII зі сталі марки 25Г2С і класу АІ зі сталі марки ВСтЗсп2 по ГОСТ 5781-82 *.

П'ятий розділ роботи присвячений техніко-економічному обґрунтуванню з рекомендаціями до впровадження бункеру для сипучих матеріалів.

В першу чергу це відноситься до ряду видобувних галузей промисловості, таких як вугільна або гірничорудна, де виникає необхідність первинного сортування і зберігання значного обсягу видобутих корисних копалин.

Ідеєю є проведення розрахунку конструкції підземного бункеру з визначенням зусиль в основних несучих елементах, необхідного армування (в залізобетонних елементах), деформацій конструкцій і прилеглої геомасиву.

Послуга: врахування можливих деформацій при напружено-деформованому стані.

Продукт: визначення деформацій конструкцій і прилеглої геомасиву та зусиль в основних несучих елементах.

Використання бункерів (силосів) дозволяє:

1. Підвищити рівень механізації і автоматизації виробництва.
2. Підвищити продуктивність праці.
3. Оптимізувати коефіцієнт використання складських територій.
4. Скоротити транспортні витрати.
5. Значно знизити застосування ручної праці і скоротити витрати вантажу.
6. Знизити витрати пов'язані з використанням таропакувальних матеріалів.
7. Поліпшити санітарно-епідеміологічну обстановку на підприємстві.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація є завершеною інженерно-дослідною роботою, в якій на основі вихідних даних про інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови, характеристики умов будівництва, проектно-конструктивні та технологічні рішення бункерів, досліджено напружено-деформований стан бункеру при опусканні в ґрунтовий масив та поетапно описано проектування та організацію робіт будівництва.

Основні практичні результати роботи полягають у тому, що розрахунок був виконаний на два сполучення навантажень:

- 1-ше сполучення навантажень актуально в період спорудження об'єкта (тимчасові);
- 2-ге сполучення навантажень актуально в період експлуатації об'єкта (постійні).

В період спорудження об'єкта, коли на нього діють тільки тимчасові навантаження, загальні деформації складають 0,047 м, а в період експлуатації вони зросли у 2,8 рази, що становить 0,133 м. Збільшення загальних деформацій конструкції безпосередньо призводить до збільшення розрахункових зусиль, які виникають в конструкції.

Мінімальний захисний шар бетону для арматури становить 30 мм, розкриття тріщин не допускається. Для основних несучих конструкцій передбачено застосування важкого бетону класу за міцністю на стиск В25 на сульфатостійкому цементі, марки за водонепроникністю W4, за морозостійкістю F75. Для армування несучих конструкцій - прийнята гарячекатана арматура класу АІІ зі сталі марки 25Г2С і класу АІ зі сталі марки ВСтЗсп2 по ГОСТ 5781-82 *.

Отже, для збереження експлуатаційних якостей існуючих споруд під час будівництва підземного об'єкту необхідно обов'язково враховувати зміну напружено-деформованого стану при сумісній роботі «конструкція-масив» як в період будівництва, так і в період його експлуатації.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Шайдецька Л.В., Диновська О.В. Моделювання сумісної роботи ґрунтового масиву та конструкції огороження котловану/ Всеукраїнська науково-практична on-line конференція аспірантів, молодих учених та студентів, присвячена Дню науки. – м. Житомир. ЖДТУ. – 16-18 травня 2018 р. Україна. (с. 185-186)

2. Шайдецька Л.В., Диновська О.В. Урахування напружено-деформованого стану «конструкція масив» для збереження експлуатаційних якостей підземних споруд / Л.В. Шайдецька, О.В. Диновська / Всеукраїнська науково-технічна конференція «Молодь: наука та інновації» для студентів, аспірантів і молодих вчених, Дніпро, Україна, 2018 р.

3. Диновська О.В. Урахування напружено-деформованого стану бункеру для збереження сипучих матеріалів / О.В. Диновська / І науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, за результатами дисертаційних досліджень магістрантів, Київ, Україна, 2018.

АНОТАЦІЯ

Тищенко О.В. Формування напружено-деформованого стану бункера в процесі опускання в масив.

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

Дисертацію присвячено проведенню досліджень конструкції підземного бункера з визначенням деформацій конструкцій і прилеглого геомасиву та зусиль в основних несучих елементах. А також врахування напружено-деформованого стану в процесі опускання в масив.

Ключові слова: бункер, напружено-деформований стан, сипучі матеріали, конструкція.

АННОТАЦИЯ

Тищенко А.В. Формирования напряженно-деформированного состояния бункера в процессе опускания в массив.

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 проведению исследований конструкции подземного бункера с определением деформаций конструкций и прилегающего геомасиву и усилий в основных несущих элементах. А также учета напряженно-деформированного состояния в процессе опускания в массив.

Ключевые слова: бункер, напряженно-деформированное состояние, сыпучие материалы, конструкция.

ABSTRACT

Tishchenko O.V. Formation of the strain-strain state of the bunker during the process of lowering into the array.

Master's dissertation on a specialty 184 mountain (Geotechnical and urban underground construction). - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2018.

The dissertation is devoted to research on the design of an underground bunker with the determination of deformations of structures and adjacent geospatial and forces in the main carrier elements. And also the account of a strained-deformed state during the process of lowering into an array.

Key words: bunker, tensely-deformed state, loose materials, construction

