

**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»**

**КАФЕДРА інженерної геології і геотехніки**  
(повна назва кафедри)



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Проректор з наукової роботи  
В.В. Данішевський

\_\_\_\_\_ 2019 року

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Числове моделювання та аналітичні розв'язування нелінійних задач  
механіки ґрунтів і геотехніки**

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність \_\_\_\_\_ 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(шифр і назва спеціальності)

освітньо-професійна програма \_\_\_\_\_ «Промислове і цивільне будівництво»  
(назва освітньої програми)

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ ТРЕТІЙ (ОСВІТНЬО-НАУКОВИЙ)

освітній ступінь \_\_\_\_\_ доктор філософії

форма навчання \_\_\_\_\_ денна  
(денна, заочна, вечірня)

розробники \_\_\_\_\_ СЕДІН Володимир Леонідович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Дисципліна передбачає ознайомлення з теоретичним та практичним застосуванням засобів і методів для числового моделювання геотехнічних процесів, а також підтвердження результатів з використанням аналітичних методів розв'язання нелінійних задач механіки ґрунтів і геотехніки. Розглядаються приклади детального аналітичного розв'язку геотехнічних задач у нелінійній постановці для визначення напружено-деформованого стану фундаментів.

**2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

	Години	Кредити	Семестр	
			3	
Всього годин за навчальним планом, з них:	90	3	90	
<b>Аудиторні заняття, у т.ч:</b>	30		30	
лекції	16		16	
лабораторні роботи	-		-	
практичні заняття	14		14	
<b>Самостійна робота, у т.ч:</b>	60		60	
підготовка до аудиторних занять	40		40	
підготовка до контрольних заходів	8		8	
виконання курсового проекту або роботи	-		-	
опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	12		12	
<b>Форма підсумкового контролю</b>			залік	

### 3. СТИСЛИЙ ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Мета дисципліни.** Метою цієї дисципліни є ознайомлення аспірантів з основними поняттями комп'ютерного моделювання складних інженерно-геологічних процесів та нелінійними методами розрахунку задач механіки ґрунтів і геотехніки.

**Завдання дисципліни:** Донести до аспірантів основні теоретичні положення та практичні алгоритми процесу числового моделювання та аналітичні розв'язування нелінійних задач механіки ґрунтів і геотехніки.

**Пререквізити дисципліни:** Курс лекцій з цієї дисципліни базується на засвоєнні аспірантами наступних дисциплін: «Інженерні вишукування», «Система автоматизованого проектування конструкцій будівель і споруд», «Основи механіки ґрунтів», «Основи та фундаменти» освітнього ступеня «бакалавр», спецкурсу «Особливості проектування основ і фундаментів в складних геологічних і гідрогеологічних умовах» та «Моделювання взаємодії фундаментів з ґрунтовим середовищем» освітнього ступеня «магістр».

#### **Постреквізити дисципліни**

1. Опанування аспірантами дисципліни «Числове моделювання та аналітичні розв'язування нелінійних задач механіки ґрунтів і геотехніки» дозволять застосувати набуті знання при оцінці ризиків під час геотехнічного проектування та будівництва з можливістю змінювати параметри фундаментів, організаційно-технічних процесів будівництва та контролювати характеристики ґрунтових основ під час будівництва та експлуатації.

2. Захист дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії..

#### **Компетентності:**

- **загальні компетентності:** ЗК 1, ЗК 3, ЗК 4, ЗК , ЗК 11 (відповідно до таблиці 8.1 Освітньо-наукової програми «Промислове та цивільне будівництво» СВО ПДАБА 192 PhD – 16);

- **фахові компетентності:** СК 1, СК 2, СК 3, СК 5, СК 7, СК 8, СК 9, СК 10 (відповідно до таблиці 8.1 Освітньо-наукової програми «Промислове та цивільне будівництво» СВО ПДАБА 192 PhD – 16).

**Заплановані результати навчання.** У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен

**знати:** ЗР 1, ЗР 4, ЗР 6, ЗР 7, ЗР 8, ЗР 9, ЗР 10, ЗР 11, ЗР 12, ЗР 14, ЗР 15, ЗР 16, ЗР 19, ЗР 20, ЗР 21, ЗР 28, ЗР 29, ЗР 31 (відповідно до таблиці 8.5 Освітньо-наукової програми «Промислове та цивільне будівництво» СВО ПДАБА 192 PhD – 16);

**вміти:** ПР1, ПР3 (відповідно до таблиці 8.2 Освітньо-наукової програми «Промислове та цивільне будівництво» СВО ПДАБА 192 PhD – 16).

#### **Методи навчання:**

1. Методи організації і здійснення навчально-пізнавальної діяльності (пояснення, інструктаж, розповідь, лекція, бесіда, робота з підручником; ілюстрування, демонстрування, самостійне спостереження, вправи, лабораторні, практичні і дослідні роботи);

2. Методи стимулювання навчальної діяльності (навчальна дискусія, забезпечення успіху в навчанні, пізнавальні ігри, створення ситуації інтересу у процесі викладення, створення ситуації новизни, опора на життєвий досвід аспіранта; стимулювання обов'язку і відповідальності в навчанні);

3. Методи контролю і самоконтролю у навчанні (усний, письмовий, тестовий, графічний, програмований, самоконтроль і самооцінка).

**Форми навчання:** індивідуальні; групові; колективні; фронтальні.

#### 4. СТРУКТУРА (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

Назва змістових модулів і тем	Кількість годин, у тому числі				
	усього	л	п	лаб.	с.р
<b>Змістовий модуль . Основні методи та засоби інформатики та обчислювальної техніки у геотехніці. Практичні основи числового моделювання геотехнічних об'єктів з використанням програмних комплексів. Асимптотичний метод для оцінювання напружено-деформованого стану основ пальових фундаментів.</b>					
Поняття моделі та моделювання. Числові методи механіки суцільного середовища. Загальні проблеми моделювання. Обчислювальний експеримент.	6	2	-	-	4
Особливості побудови розрахункових схем у ПК PLAXIS 3D. Порівняння основних розрахункових ґрунтових моделей.	6	-	2	-	4
Теоретичні основи числового моделювання геотехнічних об'єктів. Програми які використовуються для числового моделювання геотехнічних об'єктів. Моделювання геотехнічних об'єктів і нормативна база.	6	2	-	-	4
Моделювання паль і пальових фундаментів. Загальні вимоги. Особливості проведення попереднього чисельного моделювання при визначенні сил негативного тертя по бічній поверхні паль у ПК PLAXIS 3D.	6	-	2	-	4
Узагальнена методика математичного моделювання. Аналітичне моделювання. Комп'ютерне та імітаційне моделювання. Похибки та властивості обчислювальних алгоритмів.	6	2	-	-	4
Моделювання та розрахунок плитно-пального фундаменту висотного будинку на пілувато-глинистих ґрунтах з використанням HS - моделі. Аналіз перерозподілу зусиль між палями.	6	-	2	-	4
Нелінійні проблеми механіки ґрунтів. Принципові особливості нелінійного деформування ґрунту. Теорії, які описують нелінійні деформації ґрунтів. Дилатансія гранульованих мас. Критерій текучості Мізеса–Шлейхера–Боткіна.	6	2	-	-	4
Моделювання випробувань паль статичним навантаженням. Математичне моделювання роботи бурових паль на висмикувальні навантаження. Особливості створення геометричної моделі випробувань. Побудова графіку навантаження осідання.	6	-	2	-	4
Основні гіпотези та пластична крайова задача. Спрощуючі припущення для рішення геотехнічних задач за допомогою асимптотичного розрахунку.	6	2	-	-	4
Визначення дотичних і поздовжніх напружень уздовж палі та під її нижнім торцем у	6	-	2	-	4

багат шарових основах при статичному навантаженні паль за допомогою асимптотичного методу.					
Асимптотичний метод для оцінювання напружено-деформованого стану основ пильових фундаментів. Вязкопружні властивості композитів.	6	2	-	-	4
Числове моделювання схилу та дорожнього насипу з урахуванням водопониження у ПК Plaxis 3D. Аналіз отриманих результатів.	6	-	2	-	4
Моделювання взаємодії ефективних видів фундаментів з пружно-пластичною багат шаровою основою. Моделювання ефекту взаємодії паль пильового поля висотних будівель за методом граничних елементів.	6	2	-	-	4
Моделювання роботи багатоярусної підпірної стінки з ґрунтовим масивом схилу. Моделювання підпірних стін з буроін'єкційних паль в три яруси.	6	-	2	-	4
Особливості математичного моделювання напружено-деформованого стану основ при влаштуванні і роботі фундаментів, які виготовляються без виймання ґрунту.	6	2	-	-	4
<b>Разом за змістовим модулем</b>	<b>90</b>	<b>16</b>	<b>14</b>		<b>60</b>
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>16</b>	<b>14</b>		<b>60</b>

## 5. ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1	Поняття моделі та моделювання. Числові методи механіки суцільного середовища. Загальні проблеми моделювання. Обчислювальний експеримент.	2
2	Теоретичні основи числового моделювання геотехнічних об'єктів. Програми які використовуються для числового моделювання геотехнічних об'єктів. Моделювання геотехнічних об'єктів і нормативна база.	2
3	Узагальнена методика математичного моделювання. Аналітичне моделювання. Комп'ютерне та імітаційне моделювання. Похибки та властивості обчислювальних алгоритмів.	2
4	Нелінійні проблеми механіки ґрунтів. Принципові особливості нелінійного деформування ґрунту. Теорії, які описують нелінійні деформації ґрунтів. Дилатансія гранульованих мас. Критерій текучості Мізеса–Шлейхера–Боткіна.	2
5	Основні гіпотези та пластична крайова задача. Спрощуючі припущення для рішення геотехнічних задач за допомогою асимптотичного розрахунку.	2
6	Асимптотичний метод для оцінювання напружено-деформованого стану основ пильових фундаментів. Вязкопружні властивості композитів.	2
7	Моделювання взаємодії ефективних видів фундаментів з пружно-пластичною багат шаровою основою. Моделювання ефекту	2

	взаємодії паль пальового поля висотних будівель за методом граничних елементів.	
8	Особливості математичного моделювання напружено-деформованого стану основ при влаштуванні і роботі фундаментів, які виготовляються без виймання ґрунту.	2

## 6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1	Особливості побудови розрахункових схем у ПК PLAXIS 3D. Порівняння основних розрахункових ґрунтових моделей.	2
2	Моделювання паль і пальових фундаментів. Загальні вимоги. Особливості проведення попереднього чисельного моделювання при визначенні сил негативного тертя по бічній поверхні паль у ПК PLAXIS 3D.	2
3	Моделювання та розрахунок плитно-пальового фундаменту багатоповерхового будинку на пілувато-глинистих ґрунтах з використанням HS - моделі. Аналіз перерозподілу зусиль між палями.	2
4	Моделювання випробувань паль статичним навантаженням. Математичне моделювання роботи бурових паль на висмикувальні навантаження. Особливості створення геометричної моделі випробувань.	2
5	Визначення дотичних і поздовжніх напружень уздовж палі та під її нижнім торцем у багат шарових основах при статичному навантаженні паль за допомогою асимптотичного методу.	2
6	Числове моделювання схилу та дорожнього насипу з урахуванням водопониження у ПК Plaxis 3D. Аналіз отриманих результатів.	2
7	Моделювання роботи багаторусної підпірної стінки з ґрунтовим масивом схилу. Моделювання підпірних стін з буроін'єкційних паль в три яруси.	2

## 7. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Лабораторні роботи навчальним планом не передбачені

## 8. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ п/п	Вид роботи / Назва теми	Кількість годин
	підготовка до аудиторних занять	40
	підготовка до контрольних заходів	8
	опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях: <b>1.</b> Моделювання нелінійної роботи ґрунтів на підставі теорії пластичної течії та дилатансійної теорії гранульованих середовищ. <b>2.</b> Вплив початкового стану (переущільнення) на величину осідань. Поведінка моделей Drained, Undrained A (вплив надлишкового порового тиску на міцність). <b>3.</b> Визначення параметрів моделі Hardening Soil за результатами лабораторних випробувань Особливості розрахунку з використанням пружно-пластичної моделі зі зміцненням ґрунту при незначних деформаціях (HS Small strain stiffness) та моделі слабкого ґрунту (Soft soil) в ПК Plaxis 3D.	12

## 9. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Методами контролю є усний контроль, письмовий, практична перевірка, а також методи самоконтролю та самооцінки.

## 10. ПОРЯДОК ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

**Змістовий модуль . Основні методи та засоби інформатики та обчислювальної техніки у геотехніці. Практичні основи числового моделювання геотехнічних об'єктів з використанням програмних комплексів. Асимптотичний метод для оцінювання напружено-деформованого стану основ пальових фундаментів.**

Максимальна оцінка за змістовий модуль – 100 балів. Оцінка змістового модуля складається з:

- присутності та роботи аспіранта на лекціях (максимальна кількість – 40 балів);
- роботи аспіранта на практичних заняттях (максимальна кількість – 49 балів);
- самостійний розрахунок задачі за допомогою програмних комплексів (максимальна кількість – 11 балів).

*Присутності та роботи аспіранта на лекціях (всього 8 лекцій):*

- був присутній, конспектував і має конспект в наявності, якщо аспірант активно брав участь в обговоренні теми лекції – 4-5 бали за лекцію;
- був присутній, не конспектував і не має конспект в наявності, якщо неактивний був – 3-4 бали за лекцію;
- якщо аспірант не був присутнім – 0 балів.

*Роботи аспіранта на практичних заняттях (всього 7 занять).* Максимальна кількість балів – 49. Загальна кількість практичних занять – 7 (7 балів за практичне заняття). За практичне заняття нараховують:

- якщо аспірант виконав роботу в повному обсязі з дотриманням необхідної послідовності дій, правильно і акуратно виконує всі записи, таблиці, рисунки, графіки, розрахунки осідань фундаментів та стійкості огорожень котлованів, будує розрахункові схеми, проводить моделювання ґрунтового масиву та дає повну відповідь, на запитання стосовно роботи, аспірант одержує 7 балів;

- якщо аспірант виконав роботу в повному обсязі з дотриманням необхідної послідовності дій; якщо у відповіді допущені не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація, аспірант одержує 5-6 балів;

- якщо аспірант виконав роботу в повному обсязі з дотриманням необхідної послідовності дій, якщо у відповіді розкрито сутність питання, але допущені невірні тлумачення, аспірант одержує 2-4 балів;

- якщо аспірант виконав роботу не повністю або обсяг виконаної частини роботи не дозволяє робити правильні висновки, то аспірант одержує 0 балів.

*Самостійний розрахунок задачі за допомогою програмних комплексів (всього 11 балів).*  
Максимальна кількість балів – 11. За самостійний розрахунок задачі нараховують:

- якщо аспірант розв'язав задачу в повному обсязі з дотриманням необхідної послідовності дій, проводив моделювання ґрунтового масиву та конструктивних елементів, дав повну відповідь, на запитання стосовно послідовності виконання та функцій команд програми, аналізує отримані результати, аспірант одержує 10-11 балів;

- якщо аспірант розв'язав задачу в повному обсязі, але не може розкрити сутність питання стосовно послідовності виконання та функцій команд програми, аспірант одержує 5-9 балів;

- якщо аспірант не розв'язав задачу або обсяг виконаної частини роботи не дозволяє робити правильні висновки, то аспірант одержує 0 балів.

**Порядок зарахування пропущених занять:** відпрацьовування пропущеного заняття з лекційного курсу або пропущеного практичного заняття здійснюється шляхом підготовки і захисту реферату за відповідною темою. Захист реферату відбувається відповідно до графіку консультацій викладача.

## 11. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. ДБН В.2.1-10-2009 Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : ДБН В.2.1-10-2009. – Додано Зміну №1-2 від 1 липня 2012 р. – Замість СНиП 2.02.01-83 ; [чинні від 2009-07-01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 161 с.
2. ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010 Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила (EN 1997-1:2004, IDT).
3. Андрианов И. В. Асимптотические методы в строительной механике тонкостенных конструкций / Андрианов И. В., Нерубайло Б. В., Образцов И. Ф. – Москва : Машиностроение, 1991. – 416 с.
4. Винников Ю.Л. Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при зведенні та наступній роботі: Монографія / Ю.Л. Винников – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 216. – 280 с.
5. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.
6. Системи автоматизованого проектування в будівництві : навчальний посібник / [А. С. Моргун, В. М. Андрухов, М. М. Сорока, І. М. Меть.] – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 129 с. Винников Ю.Л. Математичне моделювання взаємодії фундаментів з ущільненими основами при зведенні та наступній роботі: Монографія / Ю.Л. Винников – Полтава: ПолтНТУ ім. Юрія Кондратюка, 2016. – 280 с.
7. Руководство пользователя PLAXIS 3D Foundation. Версия 2 : пер. с англ. / R.B.J. Brinkgreve, W.M. Swolf [и др.]. – Санкт-Петербург: НИИ-Информатика, 2007.
8. Brinkgreve R.B.J. Plaxis 2D-version 9. Finite Element Code for Soil and Rock Analyses / R.B.J. Brinkgreve, W. Broere, D. Waterman // User Manual – Rotterdam: Balkema – 2008.



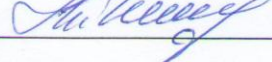
### Допоміжна

1. Мангушев Р.А. Проектирование и устройство подземных сооружений в открытых котлованах: учебное пособие / Р.А. Мангушев, Н.С. Никифорова, В.В. Конюшков, А.И. Осокин, Д.А. Сапин. – М., СПб.: Изд-во АСВ, 2010. – 256 с.
2. Парамонов В.Н. Метод конечных элементов при решении нелинейных задач геотехники / В.Н. Парамонов. – Санкт-Петербург : Геореконструкция, 2012. – 262 с.
3. Улицкий В.М. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям) / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. – СПб : Геореконструкция, 2012. – 288 с.
4. Piling Engineering / К. Fleming, A. Weltman, M. Randolph, K. Elson. – London; New York: Taylor and Francis, 2008. – 398 p.

### 12. INTERNET-РЕСУРСИ

1. [електронний ресурс] – режим доступу: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj\\_komp'yuterne\\_modelyuvannya\\_system\\_procesiv/t1/11..htm](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp'yuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t1/11..htm)
2. [електронний ресурс] – режим доступу: <https://forums.autodesk.com/t5/civil-3d-infraworks-i/fayly-dlya-test-drayv-autocad-civil-3d-2012/td-p/6690343>
3. [електронний ресурс] – режим доступу: <https://koloro.ua/blog/3d-tekhnologii/sistema-avtomatizirovannogo-proektirovaniya-parametricheskoe-poverhnostnoe-i-tverdotelnoe-modelirovanie.html>
4. [електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.plaxis.ru>
5. [електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.arcada.com.ua>
6. [електронний ресурс] – режим доступу: <https://ndibv.kiev.ua/ua/archives/30>
7. [електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.liraland.ua/lira/>

Розробники  (В.Л. Седін)  
(підпис)

Гарант освітньої програми  (Т.Д. Нікіфорова)  
(підпис)

Силабус затверджено на засіданні кафедри інженерної геології і геотехніки  
Протокол від «01» жовтня 2019 року № 3