

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

КАФЕДРА інженерної геології і геотехніки
(повна назва кафедри)



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з науково-педагогічної
та навчальної роботи
Р. Б. Папірник

« Од » засовтня 2019 року

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Моделювання взаємодії фундаментів з ґрунтовим середовищем

(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

освітньо-професійна програма «Промислове і цивільне будівництво»

(назва освітньої програми)

освітній ступінь магістр

форма навчання денна

(денна, заочна, вечірня)

розробники ЗАГІЛЬСЬКИЙ Віталій Анатолійович, КОВБА Владислав Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна дисципліна спрямована на вивчення ґрунтових моделей, що використовуються для числового моделювання взаємодії фундаментів з ґрунтовим середовищем, а також наземними конструкціями будівлі. Дисципліна передбачає ознайомлення з практичним застосуванням геотехнічних програмних комплексів для моделювання поведінки ґрунтових основ і фундаментів під навантаженнями від будівлі. Розглядаються приклади детального розв'язку задач з визначення напружено-деформованого стану фундаментів. Проводиться розрахунок огорожень глибоких котлованів розроблених у пілувато-глинистих та піщаних ґрунтах та виконується прогнозування осідань будівель і споруд та деформацій основ, складених різноманітними ґрунтами

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

	Години	Кредити	Семестр	
				2
Всього годин за навчальним планом, з них:	90	3		90
Аудиторні заняття, у т.ч:	30			30
лекції	22			22
лабораторні роботи	-			-
практичні заняття	8			8
Самостійна робота, у т.ч:	60			60
підготовка до аудиторних занять	15			15
підготовка до контрольних заходів	5			5
виконання курсового проекту або роботи	-			-

опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях	10			10
підготовка до екзамену	30			30
Форма підсумкового контролю				екзамен

3. СТИСЛИЙ ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни. Формування у студентів системних знань в частині числового моделювання і розрахунку поведінки огорожень котлованів з урахуванням застосування різних моделей ґрунтового середовища у геотехнічних програмних комплексах.

Завдання дисципліни: оволодіння студентами загальними принципами прогнозування осідань та напружено-деформованого стану основ фундаментів, розрахунку огорожень котлованів у пілувато-глинистих та піщаних ґрунтах. Вміння числового моделювання поведінки фундаментів під навантаженнями у Plaxis 3D, створення геометричних моделей та обирання ґрунтового середовища; аналіз результатів і адекватності числового розрахунку

Пререквізити дисципліни: Курс лекцій з цієї дисципліни базується на засвоєнні студентами наступних дисциплін: «Інженерна геологія», «Інженерні вишукування», «Система автоматизованого проектування конструкцій будівель і споруд», «Основи механіки ґрунтів», «Основи та фундаменти».

Постреквізити дисципліни

1. Підготовка до підсумкової атестації. Атестація здійснюється у формі публічного захисту кваліфікаційної роботи.

2. Доступ до навчання за третім (освітньо-науковим) рівнем вищої освіти.

Компетентності:

- **загальні компетентності:** ЗК 3, ЗК 5, ЗК 7, ЗК 8, ЗК 9, ЗК 10, ЗК 11, ЗК 12, ЗК 15 (відповідно до таблиці 8.1 Освітньо-професійної програми «Промислове та цивільне будівництво» СВО ПДАБА 192 мп – 2018);

- **фахові компетентності:** ФК 3, ФК 8, ФК 9, ФК 10, ФК 11, ФК 13, ФК 16, ФК 18, ФК 19, ФК 22 (відповідно до таблиці 8.1 Освітньо-професійної програми «Промислове та цивільне будівництво» СВО ПДАБА 192 мп – 2018).

Заплановані результати навчання. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: ЗН 4, ЗН 13, ЗН 20, ЗН 23 (відповідно до таблиці 8.5 Освітньо-професійної програми «Промислове та цивільне будівництво» СВО ПДАБА 192 мп – 2018);

вміти: УМ 6, УМ 10, УМ 12, УМ 20 (відповідно до таблиці 8.5 Освітньо-професійної програми «Промислове та цивільне будівництво» СВО ПДАБА 192 мп – 2018).

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 студента; 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
Змістовий модуль 1. Основи числового моделювання. Розрахункові моделі ґрунтової основи. Принципи розрахунку основних геотехнічних задач.					
Важливість систем автоматизованого проектування (САПР) в сучасному будівельному процесі, зокрема в геотехніці. Основні терміни і поняття. Приклади відомих вчених. Структура програмного комплексу (ПК) PLAXIS 3D (демонстраційна версія).	5	2	-	-	3
Ознайомлення з розрахунковими моделями ґрунтової основи. Ознайомлення з графічним інтерфейсом ПК PLAXIS 3D (демонстраційна версія). Особливості побудови геометричної моделі та створення розрахункових схем.	5	-	2	-	3
Теоретичні основи числового моделювання геотехнічних об'єктів. Загальні проблеми моделювання за допомогою САПР. Застосування числових методів в прикладних задачах механіки ґрунтів.	5	2	-	-	3
Моделювання та розрахунок плитного фундаменту будівлі з підвалом (розмірами 18×18 м та глибиною 2 м) у зв'язних ґрунтах з використанням моделей ґрунту: MC та HSM у ПК PLAXIS 3D. Побудова геометричної моделі та сітки скінченних елементів (СЕ-сітки), завдання навантажень, виконання розрахунку, отримання і оцінювання результатів в текстовій і графічній формі.	5	-	2	-	3
Числові методи механіки суцільного середовища. Метод граничних елементів, метод кінцевих різниць, метод скінченних елементів (МСЕ) та варіаційно-різницевого методу (ВРМ). Основні положення створення геометричної моделі.	5	2	-	-	3
Моделювання та розрахунок пальового фундаменту будівлі з підвалом (розмірами 18×18 м та глибиною закладання 2 м) у зв'язних ґрунтах з використанням моделей ґрунту: MC та HSM в ПК PLAXIS 3D. Побудова геометричної моделі та сітки скінченних елементів (СЕ-сітки), завдання навантажень, виконання розрахунку, отримання і оцінювання результатів в текстовій і графічній формі.	5	-	2	-	3
Розрахункові моделі ґрунтової основи. Ідеальна пружно-пластична модель Кулона-Мора (MC). Нелінійна пружно-пластична модель зі зміцненням ґрунту (HSM). Приклади застосування для реального будівництва. Адаптація вхідних параметрів для моделей	5	2	-	-	3

грунтової основи. Нелінійна залежність між напруженнями і деформацією під час визначення осідань. Вплив зсувних і пластичних деформацій на осідання фундаменту.					
Моделювання задачі розробки котловану і влаштування монолітної тонкої підпірної стінки, в ізотропному піщаному середовищі в ПК PLAXIS 3D в нелінійній постановці. Розрахунок розпірок і ґрунтових буроін'єкційних анкерів.	7	-	2	-	5
Разом за змістовим модулем 1	42	8	8	-	26
Змістовий модуль 2. Теоретичні та практичні основи числового моделювання геотехнічних об'єктів з використанням програмних комплексів. Особливості моделювання розробки ґрунту в котлованах і виїмках.					
Особливості розрахунку з використанням об'ємних та стрижневих елементів. Міцність інтерфейсу елементів. Особливості взаємодії паль з ґрунтовим середовищем в ПК PLAXIS 3D. Принципи моделювання задачі занурення палі великого діаметру в ґрунтову основу, та визначення напружено-деформованого стану при її статичному навантаженні в ПК PLAXIS 3D. Побудова графіку навантаження осідання.	5	2			3
Процедура покрокового навантаження. Використання функції K0-procedure та Gravity Loading. Особливості числового моделювання напружено-деформованого стану (НДС) при поетапному навантаженні плитно-пального фундаменту в залежності від технології влаштування паль (буроін'єкційної чи буронабивної) в ПК PLAXIS 3D.	5	2			3
Основні методи водопониження рівня ґрунтових вод. Практична реалізація числового моделювання водозниження в ПК PLAXIS 3D. Принципи моделювання дорожнього насипу з урахуванням дії навантаження від транспорту.	5	2			3
Ознайомлення з ПК PLAXIS 2D та його можливостями. Основні відмінності 2D моделювання. Основні положення розрахунку глибоких котлованів з ПК PLAXIS 2D.	5	2			3
Особливості моделювання розробки ґрунту в котлованах і виїмках. Основні положення під час моделювання глибоких котлованів.	5	2			3
Типові помилки під час моделювання в ПК PLAXIS 3D. Типові помилки застосування ПК PLAXIS 2D під час розрахунку котлованів. Особливості розрахунку та введення параметрів OCR (коефіцієнту переущільнення) та POP (тиск попереднього навантаження).	5	2			3
Особливості розрахунку комплексної системи "ґрунтова основа – фундамент – споруда" в	8	2			6

середовищі програмних комплексів Robot Structural Analysis Professional 2013 (RSA Pro 2013), ANSYS, ABAQUS. Порівняння можливостей програмних комплексів для розрахунку геотехнічних задач					
Разом за змістовим модулем 2	38	14			24
Підготовка до екзамену	30	-	-	-	30
Усього годин	90	22	8		60

5. ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1	Важливість систем автоматизованого проектування (САПР) в сучасному будівельному процесі, зокрема в геотехніці. Основні терміни і поняття. Приклади відомих вчених.	2
2	Теоретичні основи числового моделювання геотехнічних об'єктів. Загальні проблеми моделювання за допомогою САПР. Застосування числових методів в прикладних задачах механіки ґрунтів.	2
3	Числові методи механіки суцільного середовища. Метод граничних елементів, метод кінцевих різниць, метод скінченних елементів (МСЕ) та варіаційно-різницевий метод (ВРМ). Основні положення створення геометричної моделі.	2
4	Розрахункові моделі ґрунтової основи. Ідеальна пружно-пластична модель Кулона-Мора (МС). Нелінійна пружно-пластична модель зі зміцненням ґрунту (HSM). Приклади застосування для реального будівництва. Адаптація вхідних параметрів для моделей ґрунтової основи. Нелінійна залежність між напруженнями і деформацією під час визначення осідань. Вплив зсувних і пластичних деформацій на осідання фундаменту.	2
5	Складання і оформлення таблиці показників фізико-механічних характеристик властивостей ґрунтів багат шарового ґрунтового масиву, початкових даних для моделювання в ПК PLAXIS 3D (ліцензійна версія та демонстраційна версія). Складання геомеханічної моделі масиву ґрунту.	2
6	Особливості розрахунку з використанням об'ємних та стрижневих елементів. Міцність інтерфейсу елементів. Принципи моделювання навантаження палі. Особливості розрахунку фундаментів мілкового закладання у ПК Plaxis 3D	2
7	Процедура покрокового навантаження. Використання функції K0-procedure та Gravity Loading. Особливості числового моделювання напружено-деформованого стану (НДС) при поетапному навантаженні плитно-пального фундаменту в залежності від технології влаштування паль (буроінекційної чи буронабивної) в ПК PLAXIS 3D.	2
8	Особливості розрахунку розробки ґрунту в котлованах і виїмках.	2
9	Основні методи водопониження рівня ґрунтових вод. Практична реалізація числового моделювання водозниження в ПК PLAXIS 3D.	2
10	Ознайомлення з ПК PLAXIS 2D та його можливостями. Основні	2

	відмінності 2D моделювання. Типові помилки під час моделювання в ПК PLAXIS 3D. Типові помилки застосування ПК PLAXIS 2D під час розрахунку котлованів.	
11	Особливості розрахунку комплексної системи «грунтова основа – фундамент – споруда» в середовищі програмних комплексів Robot Structural Analysis Professional 2013 (RSA Pro 2013), ANSYS, ABAQUS.	2

6. ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ зан.	Тема занять	Кількість годин
1	Ознайомлення з графічним інтерфейсом ПК PLAXIS 3D (демонстраційна версія). Ознайомлення з розрахунковими моделями ґрунтової основи. Особливості побудови геометричної моделі та створення розрахункових схем.	2
2	Моделювання та розрахунок суцільного плитного фундаменту будівлі з підвалом (розмірами 18×18 м та глибиною 2 м) у зв'язних ґрунтах з використанням моделей ґрунту: MC та HSM у ПК PLAXIS 3D. Побудова геометричної моделі та сітки скінченних елементів (СЕ-сітки), завдання навантажень, виконання розрахунку, отримання і оцінювання результатів в текстовій і графічній формі.	2
3	Моделювання та розрахунок пальового фундаменту будівлі з підвалом (розмірами 18×18 м та глибиною закладання 2 м) у зв'язних ґрунтах з використанням моделей ґрунту: MC та HSM в ПК PLAXIS 3D. Побудова геометричної моделі та сітки скінченних елементів (СЕ-сітки), завдання навантажень, виконання розрахунку, отримання і оцінювання результатів в текстовій і графічній формі.	2
4	Моделювання задачі розробки котловану і влаштування монолітної тонкої підпірної стінки, в ізотропному середовищі (піщаний ґрунт) в ПК PLAXIS 3D в нелінійній постановці. Розрахунок розпірок і ґрунтових буроін'єкційних анкерів.	2

7. ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені

8. САМОСТІЙНА РОБОТА

№ п/п	Вид роботи / Назва теми	Кількість годин
	підготовка до аудиторних занять	15
	підготовка до контрольних заходів	5
	опрацювання розділів програми, які не викладаються на лекціях: 1. 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 слабого ґрунту (Soft soil) в ПК Plaxis 3D. 2. Вплив початкового стану (переуцільнення) на величину	10

осідань. Поведінка моделей Drained, Undrained A (вплив надлишкового порового тиску на міцність).	
3. Особливості геотехнічного моделювання у програмних комплексах об'єктів в умовах щільної міської забудови.	
підготовка до екзамену	30

9. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Методом поточного контролю є письмовий контроль та усне опитування на практичних роботах. Методом підсумкового контролю є екзамен.

10. ПОРЯДОК ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Змістовий модуль 1. Основи числового моделювання. Розрахункові моделі ґрунтової основи. Принципи розрахунку основних геотехнічних задач.

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

- присутності та роботи студента на лекціях (максимальна кількість – 28 балів);
- роботи студента на практичних заняттях (максимальна кількість – 56 балів);
- самостійний розрахунок задачі за допомогою програмних комплексів (максимальна кількість – 16 балів).

Присутності та роботи студента на лекціях (всього 4 лекції):

- був присутній, конспектував і має конспект в наявності, якщо студент активно брав участь в обговоренні теми лекції – 6-7 бали за лекцію;
- був присутній, не конспектував і не має конспект в наявності, якщо неактивний був – 4-5 бали за лекцію;
- якщо студент не був присутнім – 0 балів.

Роботи студента на практичних заняттях (всього 4 заняття). Максимальна кількість балів – 56. Загальна кількість практичних занять – 4 (14 балів за практичне заняття). За практичне заняття нараховують:

- якщо студент 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, студент одержує 14 балів;
- якщо студент виконав роботу в повному обсязі з дотриманням необхідної послідовності дій; якщо у відповіді допущені не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація, студент одержує 8-13 балів;
- якщо студент виконав роботу в повному обсязі з дотриманням необхідної послідовності дій, якщо у відповіді розкрито сутність питання, але допущені невірні тлумачення, студент одержує 1-7 балів;
- якщо студент виконав роботу не повністю або обсяг виконаної частини роботи не дозволяє робити правильні висновки, то студент одержує 0 балів.

Змістовий модуль 2. Теоретичні та практичні основи числового моделювання геотехнічних об'єктів з використанням програмних комплексів. Особливості моделювання розробки ґрунту в котлованах і виїмках.

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

- присутності та роботи студента на лекціях (максимальна кількість – 49 балів);
- контрольної роботи (максимальна кількість 51 балів).

Присутності та роботи студента на лекціях:

- був присутній, конспектував і має конспект в наявності, якщо студент активно брав участь в обговоренні теми лекції – 6-7 бали за лекцію;
- був присутній, не конспектував і не має конспект в наявності, якщо неактивний був – 4-5 бали за лекцію;
- якщо студент не був присутнім – 0 балів.

Контрольна робота складається з трьох рівноважних питань теоретичного курсу. Максимальна кількість балів за кожне питання – 17 балів. На кожне питання поточного контролю **нараховують**:

- студент повністю розкрив суть питання, надав вірні теоретичні тлумачення процесам та ефектам – 17 балів;
- схеми та формули мають не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація відповідних концепцій - 16-8 балів;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені невірні тлумачення явищ та відповідних процесів - 7-5 балів;
- студент не повністю розкрив суть питання, у відповіді допущені грубі помилки (формули мають принципові неузгодженості, відповідь не обґрунтовано на належному рівні) - 4-1 бал;
- за повну відсутність відповіді - 0 балів.

Екзамен

Екзаменаційна робота складається з чотирьох рівноважних питань теоретичного та практичного курсу. Максимальна кількість балів за кожне питання – 25 балів. На кожне питання екзаменаційної роботи **нараховують**:

- повністю розкрив суть питання, надав вірні теоретичні тлумачення процесам та ефектам – 25 балів;
- схеми та формули мають не принципові помилки, відсутня необхідна деталізація відповідних концепцій – 24-18 балів;
- студент розкрив суть питання, але у відповіді допущені невірні тлумачення явищ та відповідних процесів – 17-10 балів;
- студент не повністю розкрив суть питання, у відповіді допущені грубі помилки (формули мають принципові неузгодженості, відповідь не обґрунтовано на належному рівні) – 9-1 балів;
- за повну відсутність відповіді – 0 балів.

Підсумкова оцінка з дисципліни визначається як середнє арифметичне між оцінками за змістовий модуль 1, 2 та екзамен.

Порядок зарахування пропущених занять: відпрацювання 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. ДБН В.1.1-24:2009 Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування, МРБ України, К., 2010.
3. ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010 Єврокод 7. Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила (EN 1997-1:2004, IDT).

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, 2016. – 280 с.
5. Руководство пользователя PLAXIS 3D Foundation. Версия 2 : пер. с англ. / R.B.J. Brinkgreve, W.M. Swolf [и др.]. – Санкт-Петербург: НИИ-Информатика, 2007.
6. 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. Piling Engineering / K. Fleming, A. Weltman, M. Randolph, K. Elson. – London; New York: Taylor and Francis, 2008. – 398 p.
2. 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.
3. Парамонов В.Н. Метод конечных элементов при решении нелинейных задач геотехники / В.Н. Парамонов. – Санкт-Петербург : Геореконструкция, 2012. – 262 с.
4. 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.

12. INTERNET-РЕСУРСИ

1. [електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.plaxis.ru>
2. [електронний ресурс] – режим доступу: <http://www.arcada.com.ua>
3. [електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.ansys.com>

Розробники _____ (В. А. Загільський)

(підпис)

(підпис)

(В. В. Ковба)

Гарант освітньої програми _____ (Т. Д. Нікіфорова)

(підпис)

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