



СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>18 Виробництво та технології</i>
Спеціальність	<i>184 Гірництво</i>
Освітня програма	<i>Геоінженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/очна(вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3,5 кредити/105 год (лекції - 18 год., лабораторні – 36 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, модульна-контрольна робота, розрахунково-графічна робота.</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., Зуєвська Наталя Валеріївна, (+38)0509821770, znata1770@gmail.com</i> Лабораторні / Семінарські <i>д.т.н., Зуєвська Наталя Валеріївна, (+38)0509821770, znata1770@gmail.com</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

В сучасному геобудівництві проблеми моделювання реальних фізичних процесів (інженерний аналіз – зміни НДС надземних та підземних будівельних конструкцій) займає важливе місце і характеризується певною специфікою у використанні відповідного математичного апарату. Саме тому все більше і більше уваги як в теоретичному, так і в практичному плані приділяється питанню розробки і використанні інструментальних засобів, методик і технологічних комплексів, що прискорюють процес проектування. Розглядаються сучасні геотехнічні системи автоматизованого проектування, які получили найбільше поширення в Україні і активно використовуються в проектних організаціях.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей:

- СК1. Уміння виявляти, ставити, вирішувати проблеми та приймати обґрунтовані рішення в професійній діяльності;
- СК4. Здатність до розроблення проектної документації (технічне завдання, технічні пропозиції, ескізний проект, технічний проект, робочий проект) на гірничі та геобудівельні системи;
- СК6. Здатність до виконання проектних робіт спеціальних способів будівництва, об'єктів розробки корисних копалин, вживати спеціальні заходи з реконструкції підземних споруд та гірничих підприємств;

- СК7. Здатність реалізувати загальні принципи комплексної оптимізації під час розроблення проектів.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- РН6. Виявляти, ставити, вирішувати проблеми та приймати обґрунтовані рішення в професійній діяльності;
- РН9. Розробляти проектну документацію (технічне завдання, технічні пропозиції, ескізний проект, технічний проект, робочий проект) на гірничі та геобудівельні системи;
- РН11. Виконувати проектні роботи спеціальних способів будівництва, об'єктів розробки корисних копалин, вживати спеціальних заходів з реконструкції підземних споруд та гірничих підприємств;
- РН12. Реалізувати загальні принципи комплексної оптимізації під час розроблення проектів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Базується на вивченні нормативних освітніх компонентах циклу професійної підготовки бакалаврів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Тема 1.1. Введення в дисципліну.

Завдання курсу та зв'язок з іншими дисциплінами. Уміння, які повинен опанувати студент. Тематичний зміст курсу.

Розділ 2. Тема 2.1 Обчислювальні методи САПР.

Тема 2.2. Чисельні методи. Алгебраїчні рівняння. Чисельне інтегрування.

Розділ 3. Застосування методу скінчених елементів.

Тема 3.1. Дискретизація області, визначення вузлових точок та елементів.

Тема 3.2 Граничні задачі методу скінчених елементів.

Розділ 4. Реалізація методу скінчених елементів в комп'ютерних програмах.

Тема 4.1. Механіка деформованого тіла. Теорія пружності для геоінженерії.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Прикладні аспекти використання геостатичних методів дослідження в гірництві [Електронний ресурс] : монографія / Зуєвська Н.В., Соколовський Р.В., Виноградова О.П., Горобчишин О.В. Електронні текстові дані (1 файл: 6,94 Мбайт). - КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019 р. – 150 с.
2. Ресурсозберігаючі технології при будівництві геотехнічних об'єктів// Зуєвська Н.В., Вапнічна В.В., Зайченко С.В., Шайдецька Л.В./ [Електронний ресурс] монографія/ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018 р. – 202 с.
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/22173>
3. Зуєвська Н. В. Особливості врахування впливу будівельної техніки на стійкість конструкції котловану при щільній міській забудові / Н. В. Зуєвська, В. Є. Губашова, Л. В.

Шайдецька // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. - 2018. - № 54. - С. 170-183. http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpnqu_2018_54_18.

4. Перспективи застосування струменево-цементацийного закріплення ґрунтових основ // Зуєвська Н.В., Шайдецька Л.В., Губашова В.Є./Геоінженерія : науково-технічний жур-нал. – 2020. – Вип. 3. – С. 13–19 <https://doi.org/10.20535/2707-2096.3.2020.219322>
5. Стабілізація ґрунтового масиву за допомогою ін'єкційних анкерів. Порівняльний аналіз особливостей проектування // Зуєвська Н.В., Губашова В.Є./ Збірник наукових праць Національного гірничого університету "Дніпровска Політехника" Дніпро, 2020. №60-06. С. 58-68. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/60.058>

Додаткова література

1. Моделювання підсилення ґрунтової основи складно-компонентними системами //Зуєвська Н.В., Губашова В.Є./ Вісті Донецького гірничого інституту. м. Покровськ, 2020. №1 (46). С. 36-44.
2. Вплив виконання елементів струменевої цементації на фізико-механічні характеристики навколишнього ґрунтового масиву. //Зуєвська Н.В., Шайдецька Л.В., Губашова В.Є./Науковий журнал "Енергетика: економія, технології, екологія". Київ, 2019. №4. С. 27-34 <https://doi.org/10.20535/1813-5420.4.2019.200474>
3. Системи автоматизованого проектування в будівництві : навчальний посібник /А. С. Моргун, В. М. Андрухов, М. М. Сорока, І. М. Метъ. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 129 с. <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/download/65/109/120-1?inline=1>
4. Прикладні аспекти використання геостатичних методів дослідження в гірництві// Зуєвська Н.В., Соколовський Р.В.,Виноградова О.П.,Горобчишин О.В./ [Електронний ресурс] монографія/ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019 р. – 152 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Для опанування навчальної дисципліни застосовується **пояснювально-ілюстративний та репродуктивний** метод навчання.

Лекційні заняття

	Назва теми лекції та перелік основних питань
Лекція 1	Введення в дисципліну. Завдання курсу та зв'язок з іншими дисциплінами. Уміння, які повинен опанувати студент. Тематичний зміст курсу. Зв'язок курсу з суміжними дисциплінами. Завдання на СРС. Можливість застосування САПР для підземного будівництва. Література: [1] – С. 30-32.
Лекція 2	Обчислювальні методи САПР. Чисельні методи. Алгебраїчні рівняння. Чисельне інтегрування. Диференційні рівняння з початковими умовами. Алгоритми чисельного інтегрування систем диференціальних рівнянь. Методи рішення систем нелінійних алгебраїчних рівнянь. Метод скінчених елементів. Завдання на СРС. Основна концепція методу. Провести аналіз переваг та недоліків методу. [1] – С. 34-38.
Лекція 3	Застосування методу скінчених елементів. Дискретизація області. Визначення вузлових точок та елементів. Граничні задачі методу скінчених елементів. Рівняння методу скінчених елементів. Завдання на СРС. Типи скінчених елементів. Розбиття області на елементи.

	<p>Нумерація вузлів. [1] – С. 38-41.</p>
Лекція 4	<p>Реалізація методу скінчених елементів в комп'ютерних програмах. Пряма побудова глобальної матриці жорсткості. Система лінійних рівнянь. Завдання на СРС. Загальна блок-схема обчислень. [1] – С. 41-42. [4] – С. 80-82.</p>
Лекція 5	<p>Механіка деформованого тіла. Теорія пружності. Одновимірний випадок. Двовимірні задачі теорії пружності. Тривимірні задачі теорії пружності. Завдання на СРС. Вісьосиметричні задачі. [1] – С. 80-81, [2] – С. 67, [4] – С. 180-202.</p>
Лекція 6	<p>Методи визначення напружено-деформованого стану конструкцій. НДС будівельних конструкцій можна визначити на основі двох рівноцінних напрямків: локального та інтегрального. Енергетичний (термодинамічний) метод вивчення явищ природи. Завдання на СРС. Статичні (рівняння рівноваги). Геометричні рівняння нерозривності. Фізичні рівняння.[1] – С. 86-89, [2], [4].</p>
Лекція 7	<p>Побудова механіко-математичних аналогів задач геомеханіки про побудову модельних задач геомеханіки. Особливості побудови крайових завдань поверхневої, приповерхневої та підземної геомеханіки. Системи роздільних рівнянь задач геомеханіки у межах пружних моделей; в'язкопружних моделей; моделей упругопластичних середовищ. Системи вирішальних рівнянь динамічних завдань гірничих механіки порід та масивів. Застосування інших сучасних геотехнічних програм , зокрема, програми «Slide» впри виборі технологій стабілізації схилів, небезпечних ділянок. Завдання на СРС. Моделювання ґрунтових анкерів для стабілізації стіни в ґрунті [3], [4].</p>
Лекція 8	<p>Основні підходи до побудови комп'ютерних моделей в геомеханіці. Особливості побудови комп'ютерних моделей задач поверхневої, приповерхневої та підземної геомеханіки. Побудова розрахункових схем з урахуванням масштабного фактора (розміри підземних споруд та областей подроблюваної товщі). Побудова розрахункових схем з урахуванням динамічних ефектів та тимчасового фактора. Побудова розрахункових схем з урахуванням формування областей, що у різному деформаційному стані. Комп'ютерне моделювання геомеханічних процесів у особливих зонах (розломи, макротріщини, мульди, області заміщень та ін.особливості) Завдання на СРС. Методика моделювання ін'єкційних палів в Plaxis. [3].</p>
Лекція 9	<p>Сучасні підходи та методи вирішення механіко-математичних модельних завдань геомеханіки у різних постановках та наближеннях Про побудову модельних завдань геомеханіки з урахуванням формування областей, що знаходяться в різному деформаційний стан. Ефект утворення зон дезінтеграції на околиці підземних споруд. Моделювання зон тріщинуватості, руйнування та поширення макротріщин у масиві з підземними спорудами. Побудова модельних завдань з «некласичними законами взаємозв'язку компонент напружено-деформованого стану» (блочна структура, спадаюча гілка діаграми деформування та ін.).</p>

Завдання на СРС. Моделювання оптимізації транспортного потоку при будівництві в умовах щільної міської забудови [2].

Лабораторні заняття

	Назва теми заняття та перелік основних питань
Лабораторний практикум 1	Введення в програму Plaxis. Призначення та склад програми. Ілюстрація програмного забезпечення. Загальні питання моделювання. Процедура введення. Запуск програми.
Лабораторний практикум 2	Введення загальних параметрів. Першим етапом кожного завдання є встановлення основних параметрів кінцево-елементної моделі. Вікно General Settings (Загальні параметри). До цих параметрів належать - опис завдання, тип розрахунку, основний тип елементів, основні одиниці та розмір креслярського поля. Після завершення завдання загальних параметрів з'явиться креслярське поле з початком відліку та напрямом системи осей координат. Введення геометричного контуру.
Лабораторний практикум 3	Основні правила введення граничних умов. Правила завдання граничних умов, їх можна вибрати з меню Loads (Навантаження). Для вирішення проблем деформації існує два типи граничних умов: задані усунення та навантаження. Усі кордони повинні мати по одній граничній умові у кожному напрямі. Якщо певної кордону (вільної кордону) не поставлено відповідне граничне умова, то застосовуються природні умови, тобто. задане навантаження дорівнює нулю та вільне зміщення.
Лабораторний практикум 4	Вибір моделі ґрунту та його параметри. У Plaxis характеристики ґрунту зібрані в наборах даних за матеріалами, що зберігаються у відповідній базі даних. Вибір даних з бази даних програми для таких конструкцій, як стіни, плити, анкери, георешітки та інші. Різні типи конструкцій мають різні параметри, а отже, і різні типи наборів даних. У Plaxis розрізняються набори даних за матеріалами для Soil & Interfaces (Ґрунт та контактні поверхні), Plates (Плити), Anchors (Анкери) та Geogrids (Георешітки). Створення набору даних за матеріалами після введення граничних умов.
Лабораторний практикум 5	Вибір моделей ґрунту та їх параметри.
Лабораторний практикум 6	Розрахунок кільцевого фундаменту. Розташованого на піщаній основі. Жорсткий фундамент. Гнучкий фундамент.
Лабораторний практикум 7	Моделювання виїмки ґрунту в безпосередній близькості від річки. Земляні роботи проводяться для будівництва тунелю. Моделювання будівництво котловану який підтоплюється. Будівництво котловану в обводнених умовах.
Лабораторний практикум 8	Моделювання будівництво котловану з вилученням ґрунту без присутності води. Стінки котловану зміцнюються за допомогою ґрунтових анкерів. Моделювання ґрунтових анкерів з урахуванням попередньої напруги. Розрахунок фільтрації ґрунтових вод для побудови нового розподілу тиску води.
Лабораторний	Будівництво котловану насухо з використанням методу «стіни в ґрунті».

практикум 9	
Лабораторний практикум 10	<i>Річкова дамба (гребля) в недренованих ґрунтах. Розрахунок стійкості греблі з урахуванням впливу на зміну рівня води. Аналіз впливу змін порового тиску на деформацію та стійкість геотехнічних споруд.</i>
Лабораторний практикум 11	<i>Будівництво дорожнього насипу.</i>
Лабораторний практикум 12	<i>Осідання основи при будівництві тунелю. Моделювання будівництва щитового тунелю в ґрунтах середньої міцності. Будівництво щитового тунелю здійснюється шляхом виїмки ґрунту прохідницьким комбайном та влаштування за ним обробки тунелю.</i>
Лабораторний практикум 13	<i>Стійкість забою тунелю. Стійкість виїмки під «стіну в ґрунті».</i>
Лабораторний практикум 14	<i>Несуча здатність буронабивної палі. Моделювання випробування буронабивної палі навантаженням. Моделюється польові випробування 6 палей діаметром 35-50 см, до яких прикладалися як стискаючі, так і навантаження, що розтягують. Палі була встановлена в мулистих і глинистих пісках, які можна розділити на кілька шарів. Рівень води знаходиться відразу під нижнім кінцем палі.</i>
Лабораторний практикум 15	<i>Будівництво котловану. Розглядається будівництво котловану у шарах пластичної глини та торфу. Будівництво котловану спорудження шпунтових стінок у слабкому ґрунті, описаному. Котлован розміром 12 м на 14 м і глибиною 7.5 м. Після остаточного вилучення ґрунту до однієї зі сторін котловану прикладається додаткове поверхнєве навантаження.</i>
Лабораторний практикум 16	<i>Несуча здатність палі, що занурюється у водонасичений ґрунт. Розглядається несуча здатність морської основи. Палля, що занурюється являє собою сталеву оболонку великого діаметру із закритим верхнім кінцем, яка занурюється в морське дно за рахунок відкачування води з порожнини палі. Перепад тиску всередині та зовні палі створює рушійну силу, яка занурює палю в ґрунт. Сам процес установки не моделюватиметься. Розглядається несучу здатність анкера після встановлення. Розглядаються три різні кути дії тягового зусилля.</i>
Лабораторний практикум 17	<i>Моделювання зсувних процесів на схилах. Деформована модель та ізополя деформацій схилу. Визначення коефіцієнту стійкості, схеми руйнування схилу та визначення поверхні ковзання.</i>
Лабораторний практикум 18	<i>Використання програми Slide для уточнюючого розрахунку коефіцієнту стійкості та оптимізації технології укріплення зсувонебезпечних ділянок схилу.</i>

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента передбачає:

- Підготовка до аудиторних занять – 43 год.,
- Підготовка до модульної контрольної роботи – 2 год.,
- Підготовка до заліку – 6 год.

Питання для самостійного вивчення

- 1 Геомеханічні процеси явища як механіки. Визначення та класифікація задач геомеханіки як задач механіки суцільних та дискретних середовищ.

- 2 *Особливості, правила та підходи до побудови модельних крайових задач геомеханіки*
- 3 *Про побудову модельних завдань геомеханіки з урахуванням формування областей, що у різному деформаційному стані.*
- 4 *Ефект утворення зон дезінтеграції в околиці підземних споруд.*
- 5 *Підходи до моделювання зон тріщинуватості, руйнування та поширення макротріщин у масивах гірських порід із підземними спорудами.*
- 6 *Особливості комп'ютерного моделювання геомеханічних процесів. Особливості побудови комп'ютерних моделей завдань поверхневої, приповерхневої та підземної геомеханіки.*
- 7 *Основні підходи до побудови комп'ютерних моделей завдань геомеханіки. Побудова розрахункових схем з урахуванням масштабного фактора (розміри підземних споруд та областей підробленої товщі).*
- 8 *Побудова розрахункових схем з урахуванням формування областей, що у різному деформаційному стані.*

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

На момент проведення кожного заняття передбаченого робочим навчальним планом, у студентах з якого він працює, повинен бути встановлений Zoom (у випадку дистанційного навчання). На першому занятті студентів, викладач інформує яким чином буде здійснюватися вивчення матеріалу занять, виконання лабораторних робіт. Надає всі необхідні методичні матеріали через дистанційні курси або Google Клас.

Під час проходження курсу «САПР» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України КПІ ім. Ігоря Сікорського. Усі студенти без виключення повинні дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічного плагіату в Національному технічному університеті України КПІ ім. Ігоря Сікорського.

За написання статті та її публікацію у фаховому виданні студенту нараховується (10 балів) заохочувальних, підготовка тез для участі у конференціях (5 балів). Сума заохочувальних балів не повинна перевищувати 10 балів.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль. *Лабораторний практику передбачає виконання 9 практичних задач по 5 балів, двох МКР (проводиться безпосередньо на практичному занятті у присутності викладача, по 15 балів) та РГР яка оцінюється в 25 балів.*

МКР складається із тестових завдань двох рівнів складності. Перший рівень складності містить 6 запитань, на кожне з яких пропонується декілька відповідей, лише одна правильна. Кожна правильна відповідь оцінюється в 1 бал. Другий рівень складності має на меті перевірку знань щодо застосування тих чи інших розрахункових схем (конструкцій) і передбачає надання правильної відповіді за результатами роботи із графічним зображенням. Містить такий рівень три завдання, кожне з яких оцінюється в 3 бали.

Календарний контроль. *Проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання умов силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролю є отримання не менше 50% максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.*

Семестровий контроль. *Залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані МКР та практичні роботи, РГР, та стартовий рейтинг не менше 60 балів.*

Максимально можливий стартовий рейтинг студента повинен складати 100 балів.

Сума стартових балів переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею:
Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік те, які виносяться на семестровий контроль

1. Визначення та класифікація задач геомеханіки як задач механіки суцільних та дискретних середовищ.
2. Визначення та опис поєднаних завдань геомеханіки (завдання гідрогеомеханіки, газогеомеханіки).
3. Особливості, правила та підходи до побудови модельних крайових задач геомеханіки
4. Системи вирішуючих рівнянь задач геомеханіки в рамках пружних моделей.
5. Системи вирішуючих рівнянь задач геомеханіки в рамках в'язкопружних моделей.
6. Системи вирішуючих рівнянь задач геомеханіки в рамках моделей пружнопластичних середовищ.
7. Системи вирішуючих рівнянь динамічних завдань механіки гірських порід та масивів.
8. Про побудову модельних завдань геомеханіки з урахуванням формування областей, що у різному деформаційному стані.
9. Ефект утворення зон дезінтеграції в околиці підземних споруд.
10. Підходи до моделювання зон тріщинуватості, руйнування та поширення макротріщин у масивах гірських порід із підземними спорудами.
11. Особливості комп'ютерного моделювання геомеханічних процесів. Особливості побудови комп'ютерних моделей завдань поверхневої, приповерхневої та підземної геомеханіки.
12. Основні підходи до побудови комп'ютерних моделей завдань геомеханіки. Побудова розрахункових схем з урахуванням масштабного фактора (розміри підземних споруд та областей подробленої товщі).
13. Побудова розрахункових схем з урахуванням формування областей, що у різному деформаційному стані.
14. Комп'ютерне моделювання геомеханічних процесів на зсувонебезпечних ділянках.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор, д.т.н, Зуєвська Н.В.

Ухвалено кафедрою геоінженерії (протокол № 18 від 17.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ІЕЕ (протокол № 12 від 24.06.2022 р.)