



МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ. ЧАСТИНА 2. ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ В ГЕОМЕХАНІЦІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	Третій (PhD)
Галузь знань	18 Виробництво та технології
Спеціальність	184 Гірництво
Освітня програма	Геоінженерія
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній / весняний семестр
Обсяг дисципліни	3 кредити (90 год.), аудиторні заняття 36 год., самостійна робота 54 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік
Розклад занять	http://roz.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: проф., д.т.н., проф. кафедри геоінженерії Ремез Наталя Сергіївна, nataly.remez@gmail.com, 09725221227 Практичні / Семінарські: проф., д.т.н., проф. кафедри геоінженерії Ремез Наталя Сергіївна, nataly.remez@gmail.com, 09725221227
Розміщення курсу	Доступний в Googleclassroom . Код доступу надається викладачем на першому занятті.

Програма навчальної дисципліни

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

Більшість прикладних задач (інженерних, економічних, екологічних і ін.), результат яких повинен представляти числову інформацію, зводяться до математичних, які розв'язуються різними обчислювальними методами. Предмет «Математичне моделювання геомеханічних процесів. Частина 2. Чисельні методи в геомеханіці» дозволяє студентам оволодіти знаннями в галузі практичних методів рішення математичних задач, що виникають в процесі інженерної діяльності, засвоїти способи розрахунків із застосуванням пакетів спеціальних прикладних програм.

Предметом навчальної дисципліни є числові методи вищої математики.

Мета дисципліни – формування у майбутніх фахівців теоретичних знань та практичних навичок зі здатності використовувати числові методи для моделювання процесів

геомеханіки; будувати математичні моделі явищ і процесів для створення сучасних технологій в геомеханіці.

Предмет дисципліни – принципи побудови і сучасних методів розрахунку кінематичних і динамічних параметрів руху об'єктів суцільного середовища.

Програмні результати навчання.

Здатність моделювати різні процеси в геомеханіці;

Здатність розраховувати стійкість інженерних споруд при статичних і динамічних навантаженнях різної природи;

Здатність на базі натурних спостережень та експериментальних даних будувати математичні моделі, які описують різні процеси в геомеханіці.

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

Пререквізити навчальної дисципліни: «Вища математика, «Спеціальні розділи вищої математики».

Постреквізити: виконання PhD дисертації.

Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Чисельне розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Тема 2. Наближене розв'язання нелінійних рівнянь.

Тема 3. Чисельне наближення функцій

Тема 4. Чисельне диференціювання функцій

Тема 5. Чисельне інтегрування функцій.

Тема 6. Наближене розв'язування звичайних диференціальних рівнянь.

Тема 7. Методи обробки експериментальних даних.

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Н.С. Ремез, В.Б. Кисельов, А.О. Дичко, Ю.Ю. Мінаєва. Чисельні методи розв'язання технічних задач. Одеса: Видавничий дім «Гельветика», 2022.- 202 с.

2. Чисельні методи: Навчальний посібник. / Волонтир Л.О, Зелінська О.В., Потапова Н.А., Чіков І.А., Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця: ВНАУ, 2020 – 322 с.

3. Чисельні методи: теорія і практика : навч. посіб. / А. Л. Литвинов ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 166 с.

4. Числові методи: комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кіберенергетичних систем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В., Степанець; – Електронні текстові дані (1 файл: 3,35 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 82 с.

5. Лук'яненко С. О. Числові методи в інформатиці: навч. посіб. / – Вид. 2-ге, доп. та випр. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 160 с.

Додаткова література

6. Ремез Н.С., Іванова І.А. Чисельне моделювання динамічної взаємодії сейсмовибухової хвилі з ґрунтовою основою та будівлею //Основи та фундаменти: Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 37. – К.: КНУБА, 2015. – С. 211 – 217.

7. Ремез Н.С., Лучко І.А., Мейш В.Ф. Чисельні методи розв'язання навчальних і науково-технічних задач. Частина I. - К.: НТУУ «КПІ». – 2011.- 212 с.

9. Ремез Н.С., Лучко І.А., Мейш В.Ф. Чисельні методи розв'язання навчальних і науково-технічних задач. Частина II. - К.: НТУУ «КПІ». – 2011- 212 с.

10. Ванін В. А. Математичні моделі та чисельні методи в задачах механіки суцільного середовища : навч.-метод. посібник з курсу "Сучасні проблеми математичного та комп'ютерного моделювання" для студ. машинобудівних та енергетичних спец. / В. А. Ванін ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2018. – 209 с.

11. Ремез Н.С. Взаємодія вибухових хвиль з ґрунтами і елементами техноурбосистем (Електронний ресурс): монографія /Н.С. Ремез; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,4 Мбайт). – Київ: Центр учбової літератури, 2019. – 334 с. – Бібліогр.: с 334. Назва з екрана. Доступ: <https://ela/kpi.ua/handle/123456789/30278>

Інформаційні ресурси

12. <https://dspace.znu.edu.ua/jspui/handle/12345/11877>

13. https://document.kdu.edu.ua/metod/2021_4097.pdf

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]- [5]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (посилання на літературу)
Лекція 1	Чисельне розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Короткі теоретичні відомості. Метод Гаусса розв'язання систем лінійних рівнянь. LU–метод розв'язання систем лінійних рівнянь. Література: [1, с. 3-10], [2, с. 30-45], [3, с. 38-51]
Лекція 2	Наближене розв'язання нелінійних рівнянь. Постановка задачі. Відокремлення коренів рівняння. Графічний метод відокремлення кореня. Метод проб. Метод половинного ділення. Метод хорд. Метод простої ітерації. Метод Ньютона. Метод січних. Література: [1, с. 10-14], [2, с. 71-85], [3, с. 30-45]
Лекція 3	Чисельне наближення функцій. Постановка задачі. Інтерполяційний поліном Лагранжа. Інтерполяційний поліном Ньютона. Другий інтерполяційний поліном Ньютона. Література: [1, с. 16-24], [2, с. 118-126], [3, с.77-88]

Лекція 4	Чисельне диференціювання функцій Чисельне диференціювання функцій. Література: [1, с. 20-24] , [2, с. 122-126] , [3, с.97-102]
Лекція 5	Чисельне інтегрування функцій. Формули прямокутників. Формули трапецій. Формули Сімпсона. Література: [1, с. 25-30], [2, с. 146-153] , [3, с.102-107]
Лекція 6	Чисельне інтегрування функцій. Квадратурні формули Гауса. Чисельне інтегрування за допомогою сплайнів. Обчислення визначених інтегралів від функцій з особливостями. Наближене обчислення подвійних інтегралів. Література: [1, с. 32-35] , [3, с.140-154]
Лекція 7	Наближене розв'язування звичайних диференціальних рівнянь. Постановка задачі. Метод Ейлера та його модифікації. Модифікований метод Ейлера–Коші. Удосконалений метод Ейлера із застосуванням ітерацій. Література: [1, с. 35-37] , [3, с.54-73]
Лекція 8	Наближене розв'язування звичайних диференціальних рівнянь. Метод Рунге – Кутта. Метод Рунге – Кутта для систем диференціальних рівнянь. Література: [1, с. 37-38], [2, с. 155-163]
Лекція 9	Методи обробки експериментальних даних. Елементи кореляційного аналізу. Метод найменших квадратів. Вибірковий коефіцієнт кореляції. Література: [1, с. 38-44], [2, с. 112-118]

Практичні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
Практичне заняття 1	Розрахункові задачі за темою: Чисельне розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Метод Гауса розв'язання систем лінійних рівнянь. LU–метод розв'язання систем лінійних рівнянь.
Практичне заняття 2	Розрахункові задачі за темою: Наближене розв'язання нелінійних рівнянь. Відокремлення коренів рівняння. Графічний метод відокремлення кореня. Метод проб. Метод половинного ділення. Метод хорд. Метод простої ітерації. Метод Ньютона. Метод січних.
Практичне заняття 3	Розрахункові задачі за темою: Чисельне наближення функцій Інтерполяційний поліном Лагранжа. Інтерполяційний поліном Ньютона. Другий інтерполяційний поліном Ньютона.
Практичне заняття 4	Розрахункові задачі за темою: Чисельне диференціювання функцій. Чисельне диференціювання функцій..
Практичне заняття 5	Розрахункові задачі за темою: Чисельне інтегрування функцій. Формули прямокутників. Формули трапецій. Формули Сімпсона. Квадратурні формули Гауса. Чисельне інтегрування за допомогою сплайнів. Обчислення визначених інтегралів від функцій з особливостями. Наближене обчислення подвійних інтегралів.
Практичне заняття 6	Розрахункові задачі за темою: Наближене розв'язування звичайних диференціальних рівнянь. Постановка задачі. Метод Ейлера та його модифікації. Модифікований метод Ейлера–Коші. Удосконалений метод Ейлера із застосуванням ітерацій.

Практичне заняття 7	Розрахункові задачі за темою: Наближене розв'язування звичайних диференціальних рівнянь. Метод Рунге – Кутта. Метод Рунге – Кутта для систем диференціальних рівнянь.
Практичне заняття 8	Розрахункові задачі за темою: Методи обробки експериментальних даних. Метод найменших квадратів.
Практичне заняття 9	Розрахункові задачі за темою: Методи обробки експериментальних даних. Вибірковий коефіцієнт кореляції.

5. Самостійна робота студента/аспірант

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 48 год;

підготовку до заліку – 6 год.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom, а також відкрито курс «Математичне моделювання геомеханічних процесів. Частина 2. Чисельні методи в геомеханіці» в [Googleclassroom](#) (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Заняття згідно з розкладом проводяться за допомогою додатку Zoom (за умови дистанційного навчання). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; контрольні питання до модульної контрольної роботи; розрахункової роботи розміщено в [Googleclassroom](#) та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Математичне моделювання геомеханічних процесів. Частина 2. Чисельні методи в геомеханіці» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) технічного та природничого спрямування студенту нараховується 5 (Ітур) або 10 (ІІтур) балів. За написання статті екологічного спрямування та її публікацію студенту нараховується 12 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 8 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 5 балів.

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Механіка суцільних середовищ» в [Googleclassroom](#).

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

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

Поточний контроль: тести за лекціями (9 тестів × 1 бали = 9 балів), завдання в рамках практичного заняття (9 практичних занять × 10 балів = 90 балів).

Тест містить три запитання і декілька відповідей до кожного з них, одна з яких вірна. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,3 бали.

Завдання в рамках практичного заняття оцінюються в 10 балів за такими критеріями:

– «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 10 балів;

– «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 8 балів;

– «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 6 балів;

– «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

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

Семестровий контроль: залік. Умови допуску до семестрового контролю: мінімальний рейтинг 36 балів.

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менша за 60, але виконані умови допуску до семестрового контролю, студент виконує екзаменаційну роботу. Сума балів за екзаменаційну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат,

може взяти участь у екзаменаційній роботі. Після виконання екзаменаційної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами екзаменаційної роботи. Якщо оцінка за екзаменаційну роботу менша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за рейтингом.

Екзаменаційна робота оцінюється у 100 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з двох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу, та задачі. Кожне теоретичне запитання оцінюється у 30 балів за такими критеріями:

– «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні

обґрунтування та особистий погляд – 30 – 27 балів;

– «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 26 – 23 бали;

– «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 22 – 18 балів;

– «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Задача оцінюється у 40 балів за такими критеріями:

– «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні

обґрунтування та особистий погляд – 40 – 36 балів;

– «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 35 – 30 балів;

– «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана

згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 29 – 24 бали;
– «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

*Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до
силабусу.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) складено
проф., д. т. н., проф. каф. геоінженерії РЕМЕЗ Наталею Сергіївною

Ухвалено кафедрою геоінженерії (протокол № 19 від 19 червня 2024 року)

Погоджено Методичною радою університету (протокол № від червня 2024 року)

Перелік питань, які виносяться на залік

1. **Визначити** метод Гаусса розв'язання систем лінійних рівнянь.
2. **Визначити** LU–метод розв'язання систем лінійних рівнянь.
3. **Класифікувати методи відокремлення коренів рівняння. Графічний метод відокремлення кореня.**
4. Проаналізувати метод проб.
5. Проаналізувати метод половинного ділення.
6. Проаналізувати метод хорд.
7. Проаналізувати метод простої ітерації.
8. Проаналізувати метод Ньютона.
9. Проаналізувати метод січних.
10. **Визначити** інтерполяційний поліном Лагранжа.
11. **Визначити** інтерполяційний поліном Ньютона.
12. **Визначити** другий інтерполяційний поліном Ньютона.
13. **Визначити** чисельне диференціювання функцій.
14. Проаналізувати формули прямокутників.
15. Проаналізувати формули трапецій.
16. Проаналізувати формули Сімпсона.
17. Проаналізувати квадратурні формули Гауса.
18. **Визначити** чисельне інтегрування за допомогою сплайнів.
19. **Визначити** обчислення визначених інтегралів від функцій з особливостями.
20. Проаналізувати наближене обчислення подвійних інтегралів.
21. Проаналізувати метод Ейлера та його модифікації.
22. Проаналізувати модифікований метод Ейлера–Коші.
23. Проаналізувати удосконалений метод Ейлера із застосуванням ітерацій.
24. Проаналізувати метод Рунге – Кутта.
25. Проаналізувати метод Рунге – Кутта для систем диференціальних рівнянь.
26. **Визначити** елементи кореляційного аналізу.
27. Проаналізувати метод найменших квадратів.
28. Проаналізувати вибірковий коефіцієнт кореляції.