



ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ В МОДЕЛЮВАННІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Цифрові технології в енергетиці
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів ЄКТС / 150 год.: лекції- 36, лабораторні роботи – 36 год., самостійна робота – 78 год
Семестровий контроль/ контрольні заходи	м.к.р.,екзамен
Розклад занять	http://roz.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н. Каленюк Олександр Сергійович, email: o.kaleniuk@kpi.ua Лабораторні заняття: к.т.н. Каленюк Олександр Сергійович, email: o.kaleniuk@kpi.ua
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна спрямована на вивчення алгоритмів, термінології та загальних підходів чисельних методів моделювання процесів і систем. Особливістю дисципліни є фокус на впровадженні чисельних методів саме в енергетичній сфері. Вивчення дисципліни потребує попереднього ознайомлення із диференціальним численням, теорією функції однієї змінної, і основою фізики. Бажаним є ознайомлення із технологіями програмування, хоча методи, які розглядаються в рамках дисципліни, не є специфічними для жодної конкретної комп'ютерної технології. Відповідно, результатом вивчення дисципліни має бути готовність застосовувати ти чи інші методи моделювання для реальних прикладних задач не залежно від конкретних програмних чи апаратних інструментів.

Задачею кредитного модуля є ознайомлення студентів із арсеналом існуючих чисельних методів, а також формування цілісного розуміння принципів їх побудови і застосування. Зміст кредитного модуля спрямований на практичну реалізацію цих методів засобами комп'ютерного програмування, хоча їх базові принципи не залежать від жодної конкретної комп'ютерної технології. Інтегральною компетентністю є здатність розв'язувати задачі прикладного характеру які потребують наближеного чисельного моделювання у сфері комп'ютерних наук.

Отже, **метою кредитного модуля** є формування у студентів **компетентностей** у відповідності до ОПП.

ЗК 01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
ЗК 02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
ЗК 03	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності
ЗК 06	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями

ЗК 11	Здатність приймати обґрунтовані рішення
ФК 01	Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування
ФК 04	Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування

В результаті засвоєння кредитного модуля студенти мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

ПРН 01	Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.
ПРН 02	Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації.
ПРН 06	Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів.
ПРН 21	Вміти складати алгоритми чисельних розрахунків та комп'ютерні моделі фізичних явищ і процесів, що виникають в ході експлуатації енергетичного обладнання.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

Знання теорії похибки, прямих і ітеративних методів чисельного розв'язку рівнянь і систем рівнянь, теорії і методів наближення функцій.

вміння:

Наближено розв'язувати рівняння і системи рівнянь тими чи іншими чисельними методами. Оцінювати збіжність ітеративного методу. Оцінювати похибку обчислення. Знаходити поліноміальне наближення функції використовуючи наявні методи інтерполяції і апроксимації.

досвід:

- використання теорії похибки для наближеної оцінки похибки обчислення;
- вибору оптимального методу розв'язку СЛАР для конкретної задачі на основі оцінки збіжності і/або асимптотичної оцінки складності;
- вибору і застосування оптимального наближеного методу розв'язку для нелінійних рівнянь і їх систем;
- наближення функцій поліномами на основі їх значень, диференціалів у точках і інтегралів на проміжку;
- наближення функцій раціональними сплайнами.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Вивчення дисципліни спирається на знання, отримані за програмою попередніх років навчання за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Пререквізити дисципліни. Передумовою вивчення кредитного модуля «Чисельні методи в моделюванні енергетичних систем» є успішне засвоєння наступних дисциплін: «Алгебра та аналітична геометрія», «Основи фізики традиційних і альтернативних джерел енергії».

Постреквізити дисципліни. Даний кредитний модуль є передумовою вивчення наступних кредитних модулів: «Технології розробки програмного забезпечення».

3. Зміст навчальної дисципліни

В дисципліні вивчаються такі теми:

Розділ 1. Вступ до чисельних методів

Тема 1.1. Моделі цілих чисел, чисел із фіксованою і плаваючою точкою

Тема 1.2. Похибка вимірювання і похибка обчислення, методи оцінки похибок.

Тема 1.3. Символьні обчислення

Розділ 2. Методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.

Тема 2.1. Класифікація систем. Огляд методів і підходів для кожного класу.

Тема 2.2. Метод Крамера. Асимптотична оцінка складності.

Тема 2.3. Прямі методи розв'язку СЛАР. Метод Гауса, UL-декомпозиції.

Тема 2.4. Пошук оберненої матриці методом Гауса. Застосування оберненої матриці в задачах геометричного моделювання.

Тема 2.5. Ітеративні методи розв'язку СЛАР. Методи Качмаржа, Якобі, Гауса-Зейделя.

Тема 2.6. Оцінка збіжності ітеративних методів

Розділ 3. Методи наближеного розв'язання нелінійних рівнянь

Тема 3.1. Методи звуження інтервалу. Різниця між оцінкою збіжності і обчислювальною ефективністю

Тема 3.2. Метод Ньютона і метод січних, як приклад квазі-Ньютонівського методу

Розділ 4. Наближення функцій і регресійний аналіз

Тема 4.1. Визначення полінома як лінійної функції. Апроксимація і регресія. Метод найменших квадратів. Квазі-обернена матриця Мура-Пенроуза.

Тема 4.2. Зв'язок між поліноміальною апроксимацією і інтерполяцією. Матриця Вандермонде.

Тема 4.3. Ряд Тейлора. Зв'язок кінцевої послідовності Тейлора і СЛАР. Узагальнене поліноміальне моделювання.

Тема 4.5. Поліном Лагранжа. Застосування принципу базисних функцій для побудови кривих Безьє. Зв'язок поліноміальної інтерполяції і кривих Безьє

Тема 4.6. Метод інтерполяції Ньютона. Застосування принципу кінцевих різниць для моделювання теплопереносу у неоднорідному середовищі

Тема 4.7. Вступ до теорії сплайнів. Алгоритм де Бора для побудови неуніформних раціональних базисних сплайнів

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Лук'яненко С.О. Числові методи в інформатиці: навч. посіб. / – Вид. 2-ге, доп. та випр. К.: НТУУ “КПІ”, 2012. – 160 с.
2. Чисельні методи : навчальний посібник / В. М. Задачин, І. Г. Конюшенко. – Х. : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 180 с.
3. Чисельні методи: конспект лекцій / О.І. Баліна, І.С. Безклубенко, Ю.І. Буценко. – Київ: КНУБА, 2019. – 68 с.
4. Кампус КПІ ім.Ігоря Сікорського <http://login.kpi.ua/>
5. Науково-технічна бібліотека КПІ ім.Ігоря Сікорського <http://library.kpi.ua/>

Додаткова література

1. Методичні вказівки до розділів “Розв'язання нелінійних алгебраїчних рівнянь”, “Чисельне інтегрування та диференціювання” курсу “Чисельні методи в інформатиці” / Укл. С.О.Лук'яненко.-К.: НТУУ “КПІ”, 2005 – 58с.
2. Chapra, S. C., Canale R., Numerical Methods for Engineers, Seventh Edition / McGraw-Hill, Inc., 2015. – 970 p.
3. Chasnov J. R., Numerical Methods / The Hong Kong University of Science and Technology Department of Mathematics Clear Water Bay, Kowloon Hong Kong, 2012. – 60 p.
4. Tabatabaei N. M., Bizon N., Numerical Methods for Energy Applications / Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2021. – 1028 p.
5. Kaleniuk O. Geometry for Programmers / Shelter Island, NY: Manning Publications Co., 2023. - 440 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Кільк. ауд.год.
Розділ 1. Вступ до чисельних методів		
Тема 1.1. Моделі чисел		
1	ЛЕКЦІЯ 1 Тема: Моделі чисел	2

	Моделі цілих чисел, чисел із фіксованою і плаваючою точкою. Стандарт IEEE 754. Від'ємний нуль, +/- нескінченність, NaN.	
Тема 1.2. Похибка		
2	ЛЕКЦІЯ 2. Тема: Похибка Похибка вимірювання і похибка обчислення. Методи оцінки похибок. Інтервальна арифметика.	2
Тема 1.3. Символьні обчислення		
3	ЛЕКЦІЯ 3. Тема: Символьні обчислення Порівняння чисельних і символьних методів, визначення контексту їх застосування. Огляд бібліотеки SymPy: символьне інтегрування, диференціювання, розв'язок рівнянь і систем рівнянь.	
4	Модульна контрольна робота (ч.1)	0.5
Розділ 2. Методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних систем (СЛАР)		
Тема 2.1. Класифікація систем і методів їх розв'язку		
5	ЛЕКЦІЯ 4. Тема: Класифікація систем і методів їх розв'язку Геометричний сенс СЛАР. Добре визначені системи. Недо- і перевизначені системи. Порівняння прямих і ітеративних методів розв'язку систем. Застосування символьних обчислень для розв'язку недовизначених систем.	2
Тема 2.1. Прямі методи розв'язку СЛАР		
6	ЛЕКЦІЯ 5. Тема: метод Крамера Метод Крамера. Асимптотична оцінка складності методу. Обчислювальні переваги детермінованого методу. Статична і частково-статична реалізація. Визначення контексту застосування.	2
7	ЛЕКЦІЯ 6. Тема: метод Гауса Метод Гауса. Вибір головного елемента. Застосування елімінації для здійснення LU-декомпозиції і пошуку оберненої матриці. Асимптотична оцінка складності методу.	2
8	ЛЕКЦІЯ 7. Тема: Роль LU-декомпозиції і оберненої матриці у розв'язку СЛАР Визначення контексту застосування розв'язку СЛАР методом LU-декомпозиції і оберненої матриці. Оцінка складності. Застосування оберненої матриці в задачах геометричного моделювання.	2
Тема 2.2. Ітеративні методи розв'язку СЛАР		
9	ЛЕКЦІЯ 8. Тема: ітеративні методи розв'язку СЛАР Метод Качмаржа, метод Якобі, метод Гауса-Зейделя. Застосування ітеративних методів для моделювання потоку струму у взаємопов'язаних електричних системах.	2
10	ЛЕКЦІЯ 9. Тема: Аналіз збіжності ітеративних методів Збіжність, характеристика збіжності. Лінійна, надлінійна, квадратична збіжність.	2
11	Модульна контрольна робота (ч.2)	0.5
Розділ 3. Методи наближеного розв'язання нелінійних рівнянь		
Тема 3.1. Методи скорочення інтервалу		
12	ЛЕКЦІЯ 10. Тема: Методи скорочення інтервалу Метод дихотомії, метод золотого перетину. Аналіз їх збіжності, аналіз обчислювальної ефективності. Різниця між обчислювальною складністю і оцінкою збіжності.	2
Тема 3.2. Ньютонівські і квазі-Ньютонівські методи		
13	ЛЕКЦІЯ 11. Тема: Ньютонівські і квазі-Ньютонівські методи Метод Ньютона, метод січних. Порівняння методів, аналіз збіжності. Застосування методів для розв'язку систем нелінійних рівнянь.	2
	Модульна контрольна робота (ч.3)	0.5
Розділ 4. Наближення функцій		

Тема 4.1. Зв'язок наближення функцій, лінійного моделювання і регресійного аналізу		
14	ЛЕКЦІЯ 12. Тема: Поліном, лінійна функція, регресія Визначення полінома як лінійної функції. Поліноміальна апроксимація і лінійна регресія. Метод найменших квадратів. Квазі-обернена матриця Мура-Пенроуза. Застосування поліноміальної апроксимації для моделювання споживання біомаси електростанцією.	2
15	ЛЕКЦІЯ 13. Тема: Поліноміальне (лінійне) моделювання Зв'язок між поліноміальною апроксимацією і інтерполяцією. Матриця Вандермонде. Моделювання функцій із заданими диференційними і інтегральними властивостями.	2
16	ЛЕКЦІЯ 14. Тема: Зв'язок лінійного моделювання і рядів Ряди Тейлора, Маклорена. Ряд Фур'є. Знаходження кінцевої послідовності ряду розв'язанням відповідної СЛАР.	2
17	Модульна контрольна робота (ч.4)	0.5
Тема 4.2. Поліноміальна інтерполяція і сплайни		
18	ЛЕКЦІЯ 15.Тема: Метод Лагранжа. Застосування принципу базисних поліномів для побудови полінома Лагранжа. Зв'язок поліноміальної інтерполяції і кривих Безьє. Побудова кривої Безьє за допомогою базисних поліномів. Мотивація для раціональних кривих Безьє	2
19	ЛЕКЦІЯ 16.Тема: Метод Ньютона Побудова полінома Ньютона із обчисленням матриці кінцевих різниць. Застосування принципу кінцевих різниць для моделювання теплопереносу у неоднорідному середовищі.	2
20	ЛЕКЦІЯ 17. Сплайн-інтерполяція Ефект Рунге, вузли Чебишова, обмеження поліноміальної інтерполяції. Вступ до теорії сплайнів. Поліноміальні і раціональні сплайни. Алгоритм де Бора для побудови неуніформних раціональних базисних сплайнів.	2

Лабораторні роботи

N	Назва лабораторних робіт	Кільк. ауд.год
1	Оцінка похибки обчислення	4
2	Застосування прямих методів розв'язку СЛАР	4
3	Порівняння ітеративних методів розв'язку СЛАР	4
4	Порівняння методів скорочення інтервалів	4
5	Порівняння ітеративних методів розв'язку нелінійних рівнянь	4
6	Моделювання невизначеного процесу методом поліноміальної апроксимації	4
7	Моделювання алгебричної функції поліномом наперед заданого порядку	4
8	Порівняння методів поліноміальної інтерполяції	4
9	Моделювання просторової кривої неуніформним раціональним базовим сплайном	4

6. Самостійна робота

Самостійна робота студента (78 годин) передбачає підготовку до аудиторних занять та контрольних заходів, проведення розрахунків та підготовка вхідних даних до роботи.

Розподіл годин СРС: підготовка до екзамену – 30 годин; підготовка до лабораторної роботи – 13.5 (1.5 години на кожну); підготовка до МКР (чотири частини) – 4 години; підготовка до лекції – 16 годин (1 година на кожну лекцію, починаючи з другої), опанування додаткової літератури - 14.5 години.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

● Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюються. Відвідування лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;

- При захисті лабораторних робіт студент має продемонструвати звіт з лабораторної роботи, що включає в себе мету, хід, і висновки лабораторної роботи, а також за потреби розроблений програмний код та результати його виконання на тестах, як заздалегідь підготованих, так і запропонованих викладачем. У випадку дистанційної форми навчання захист відбувається на відповідній конференції шляхом демонстрації екрана.

- Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

- Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

1. Стартовий рейтинг (виконання робіт в семестрі) оцінюється у 50 балів. Розподіл балів наведено в таблиці:

Роботи	Максимальна кількість балів за виконання однієї роботи	Σ
Лабораторна робота 1	2	2
Лабораторні роботи 2 - 9	4	32
Модульна контрольна робота	16	16
		50

Штрафні бали віднімаються за:

- 1) ненадану або невірну відповідь на запитання – 25% від максимальної кількості балів.
 - 2) некритичні помилки в ході виконання роботи, які не впливають на висновки – 25% від максимальної кількості балів.
2. Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу:

Критерій	Перший календарний контроль	Другий календарний контроль
Термін календарного контролю	Тиждень 7-8	Тиждень 14-15
Умови отримання позитивної оцінки	≥ 12.5 бали	≥ 32.5 балів

3. Умови допуску до екзамену: відсутність заборгованостей з лабораторних робіт 1 – 9 та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

4. Екзаменаційний рейтинг (відповідь на екзамені) оцінюється в 50 балів. На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань та одного практичного завдання. Ваговий бал кожного теоретичного питання – 15 балів, завдання – 20 балів.

Теоретична частина оцінюється таким чином:

- правильна чітко викладена, повна відповідь – (не менше 90% потрібної інформації) – 13-15 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 11-12 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- незадовільна відповідь – 0 балів.

Практичне завдання оцінюється таким чином:

- повне, безпомилкове розв'язування завдання – 18-20 балів;
- повне, розв'язування завдання із несуттєвими невідповідностями – 15-17-балів;
- завдання виконане з певними недоліками – 12-14 балів;
- завдання не виконано – 0 балів.

Рейтингова оцінка за освітній компонент розраховується як сума балів стартового та екзаменаційного рейтингів ($50 + 50 = 100$ балів) і визначається згідно з таблицею переведення рейтингових балів у оцінку 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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем, к.т.н. Каленюком Олександром Сергійовичем

Ухвалено кафедрою ЦТЕ (протокол № 22 від 25.06.25)

Погоджено Методичною радою НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 27.06.25)