



СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МАТЕМАТИКИ

Реквізити навчальної дисципліни (Силабус)	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	124 Системний аналіз
Освітня програма	Системний аналіз і управління
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЄКТС, 120 год. (лекції - 36 год., практичні - 18 год., СРС - 66 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	schedule.kpi.ua 1 лекція (2 години) 1 раз на тиждень 1 практичне заняття (2 години) 1 раз на два тижні
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Дмитрієва О.А., dmytriyeva.olga@iit.kpi.ua https://orcid.org/0000-0001-8921-8433 Практичні: д.т.н., проф. Дмитрієва О.А., dmytriyeva.olga@iit.kpi.ua https://orcid.org/0000-0001-8921-8433
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/u/0/c/NzA5NTE2MjE4Mjkz https://classroom.google.com/u/0/c/NzA3NDkyNDQ5MzQz (доступ за корпоративною адресою)
Розміщення методичних матеріалів курсу	https://drive.google.com/drive/folders/1vATFBY5KzA1ESKKUQHVIcdEI1T1i82Va?usp=drive_link (доступ за корпоративною адресою)

Програма навчальної дисципліни

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

Теоретичний матеріал і практичні застосунки, які пропонуються студентам в вибірковій дисципліні «Спеціальні розділи обчислювальної математики», є логічним подовженням дисципліні «Чисельні методи». Основним завданням вибіркової дисципліни окрім формування загальних компетентностей, таких, як здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, застосування знань у

практичних ситуаціях, є формування спеціальних фахових компетентностей. Серед таких здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних завдань у галузі комп'ютерних наук, їх аналіз та інтерпретування. Чисельні підходи дозволяють проектувати, аналізувати та реалізовувати ефективні алгоритми для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування завдань математичного моделювання.

Метою викладання навчальної дисципліни «Спеціальні розділи обчислювальної математики» є формування поглибленої системи теоретичних знань і практичних навичок з оцінювання та обґрунтування підходів щодо застосування і програмної реалізації ефективних сучасних методів чисельного розв'язання (в тому числі і орієнтованих на паралельну реалізацію з урахуванням топології обчислювальних систем) в завданнях, спрямованих на аналіз поведінки складних систем різної природи (інформаційних, економічних, фінансових, соціальних, політичних, технічних, організаційних, екологічних тощо).

Предметом дисципліни «Спеціальні розділи обчислювальної математики» є чисельні методи розв'язання, орієнтовані на ефективну реалізацію в обчислювальних системах, в тому числі і з паралельною архітектурою.

Успішне опанування дисципліною «Спеціальні розділи обчислювальної математики» дозволяє сформувати у майбутніх фахівців як загальні компетентності, визначені в Освітньо-професійній програмі «Системний аналіз і управління» першого рівня вищої освіти за спеціальністю 124 Системний аналіз, серед яких:

ЗК1 Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях.

ЗК2 Здатність планувати і управляти часом.

ЗК3 Здатність абстрактно мислити, застосовувати методи аналізу і синтезу.

ЗК4 Здатність знати та розуміти предметну область і професійну діяльність.

ЗК10 Здатність системно аналізувати свою професійну і соціальну діяльність, оцінювати накопичений досвід спільно з роботодавцями та академічною спільнотою

ЗК11 Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК12 Здатність працювати в команді та автономно виконувати командні рішення.

ЗК14 Здатність забезпечувати та оцінювати якість виконуваних робіт, так і фахові компетентності, а саме:

ФК1 Здатність використовувати системний аналіз в якості сучасної міждисциплінарної методології, заснованої на прикладах математичних методів та сучасних інформаційних технологіях, і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем.

ФК2 Здатність математично формалізувати проблеми, описані природною мовою, розпізнавати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів.

ФК3 Здатність будувати математично коректні моделі статичних та динамічних процесів і систем із зосередженими та розподіленими параметрами із врахуванням невизначеності зовнішніх та внутрішніх факторів.

ФК6 Здатність до комп'ютерної реалізації математичних моделей реальних систем і процесів; проектувати, застосовувати і супроводжувати програмні засоби моделювання, прийняття рішень, оптимізації, обробки інформації, інтелектуального аналізу даних.

ФК7 Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем, а саме: об'єктно-орієнтований підхід при проектуванні складних систем різної природи, прикладні математичні пакети, проектувати бази даних і знань.

ФК9 Здатність представляти математичні аргументи і висновки з них з якістю і точністю в таких формах, які підходять для занять в аудиторіях як усно, так і в письмовій формі.

ФК10 Здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження і аналізувати дані, отримані в них.

В якості програмних результатів навчання слід відзначити, що студенти будуть:

ПР08 Володіти сучасними методами розробки програм і програмних комплексів та прийняття оптимальних рішень щодо складу програмного забезпечення, алгоритмів процедур і операцій.

ПР09 Вміти створювати ефективні алгоритми для обчислювальних задач системного аналізу та систем підтримки прийняття рішень.

ПР12 Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статичного аналізу.

ПР13 Проектувати, реалізовувати, тестувати, впроваджувати, супроводжувати, експлуатувати програмні засоби роботи з даними і знаннями в комп'ютерних системах і мережах.

Внаслідок вивчення курсу студенти повинні знати:

1. Програмні застосунки для підтримки обчислювальних процесів і візуалізації результатів.

2. Основні підходи до визначення алгоритмічної (часової та ємнісної) складності завдань, що розв'язуються.

3. Алгоритмічні підходи до розпаралелювання обчислювального процесу, обґрунтування показників ефективності та прискорення.

4. Ітераційні методи чисельного розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР), в тому числі СЛАР високої розмірності, розріджених, утворених внаслідок дискретизації диференційних рівнянь, як звичайних, так і з частинними похідними.

5. Чисельні методи визначення власних значень та векторів для перевірки стійкості розв'язань за початковими даними і за правими частинами.

6. Чисельні методи розв'язання звичайних диференціальних рівнянь та їх систем, що надають змогу управління кроком інтегрування за часовою змінною.

7. Чисельні методи розв'язання рівнянь з частинними похідними та інтегральних рівнянь.

Внаслідок вивчення курсу студенти повинні вміти:

1. Розв'язувати математичні та фізичні задачі шляхом створення відповідних застосувань одержати практичні навички побудови алгоритмів чисельного розв'язання прикладних задач математичного спрямування для їх подальшої реалізації на персональних комп'ютерах.

2. Чисельно розв'язувати системи алгебраїчних рівнянь, що утворюються внаслідок дискретизації диференційних рівнянь, як звичайних, так і з частинними похідними.

3. Будувати інтерполяційні багаточлени, в тому числі з похідними старших порядків, сплайни, наближення функції для візуалізації отриманих множин дискретних результатів та для генерування розрахункових схем з використанням інтегро-інтерполяційних підходів.

4. Володіти основними чисельними методами з можливістю управління кроком інтегрування при розв'язанні завдання Коші або крайового завдання для звичайних диференціальних рівнянь та їх систем.

5. Володіти різницевиими методами розв'язання задач для диференціальних рівнянь з частинними похідними.

6. Генерувати матриці розрахункових коефіцієнтів для різницевих схем розв'язання, в тому числі для схем підвищеної точності.

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

Навчальна дисципліна «Спеціальні розділи обчислювальної математики» викладається в п'ятому семестрі і спирається на теоретичні знання і практичні навички студентів, які вони отримали при вивченні дисциплін «Чисельні методи», «Математичний аналіз», «Алгебра і геометрія», «Диференціальні рівняння», «Алгоритми і структури даних», «Програмування та алгоритмічні мови».

Отримані знання виступають підґрунтям для вдалого опанування дисциплінами «Моделювання складних систем», «Теорія керування», «Теорія прийняття рішень», при проходженні переддипломної практики та при підготовці випускної кваліфікаційної роботи.

3. Зміст навчальної дисципліни

Кредитний модуль включає теми, подані нижче.

Вступ. Мета, проблематика, основні завдання дисципліни

Основні визначення та інструментарій. Сучасні напрямки та перспективи розвитку дисципліни. Проблеми «великого виклику». Програмні застосунки для підтримки ефективної числової реалізації і візуалізації результатів.

Розділ 1. Сучасні підходи до розв'язання проблеми числової реалізації та прискорення процесу обчислень

Тема 1.1. Проблеми числової реалізації та прискорення процесу обчислень. Визначення алгоритмічної (часової та ємнісної) складності завдань, що розв'язуються. Алгоритмічні підходи до розпаралелювання обчислювального процесу, обґрунтування показників ефективності та прискорення. Основні топологічні характеристики обчислювальних полів в багатопроцесорних комп'ютерних системах.

Тема 1.2. Сучасні підходи до виконання базових операцій обчислювальної математики. Оцінювання алгоритмічної складності порядку виконання процедури множення матриць. Прискорення процесу множення матриць. Алгоритми типу «розбивай та володарюй». Рекурсивне розбиття блоків матриць.

Розділ 2. Лінійний аналіз

Тема 2.1. Ітераційні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь великої розмірності. Умови збіжності ітераційного процесу. Прогонові методи. Оцінки трудомісткості.

Тема 2.2. Обчислення власних значень і власних векторів матриць великої розмірності, а також особливих матриць (симетричних, теплицевих, циркулянтних). Методи ортогональних обертань, Тренча, Левінсона-Дарбіна та інш.

Розділ 3. Узагальнення числових підходів до розв'язання звичайних диференціальних рівнянь та їх систем.

Тема 3.1. Узагальнення числових підходів до розв'язання звичайних диференціальних рівнянь та їх систем. Схеми Батчера. Схеми Батчера для явних, неявних стадійних методів розв'язання звичайних диференціальних рівнянь та їх систем. Введення в розрахункові схеми похідних старших порядків. Інтерполяція та наближення для кратних вузлів.

Тема 3.2. Узагальнення числових підходів до розв'язання звичайних диференціальних рівнянь та їх систем. Однокрокові блокові схеми. Блокові схеми з варіаціями розмірностей опорних і розрахункових блоків. Порівняльний аналіз похибок.

Тема 3.3. Колокаційні методи і методи типу Біккарта розв'язання завдання Коші для звичайних диференціальних рівнянь та їх систем. Застосування інтегро-інтерполяційних підходів для генерування різницевого композицій розрахункових схем.

Тема 3.4. Побудова ефективних багатокрокових композицій різницевих апроксимацій для розв'язання завдання Коші. Багатокрокові блокові методи. Різницеві шаблони та розрахункові схеми. Визначення коефіцієнтів розрахункових схем багатокрокових блокових методів через застосування інтерполяційних багаточленів.

Розділ 4. Крайові завдання для звичайних диференціальних рівнянь та їх систем

Тема 4.1. Чисельне розв'язання крайових завдань, математична постановка, типи крайових умов. Методи зведення крайового завдання до завдання Коші для звичайних диференціальних рівнянь. Методи прицілювання, редукції.

Тема 4.2. Варіаційні чисельні методи розв'язання крайових завдань для звичайних диференціальних рівнянь. Методи колокацій, Гальоркіна, найменших квадратів, скінченних елементів Проблема управління кроком інтегрування для крайового завдання. Метод скінченних різниць.

Розділ 5. Чисельні підходи до розв'язання рівнянь з частинними похідними

Тема 5.1. Чисельні методи розв'язання еліптичних крайових завдань. Основні поняття методу сіток, явні і неявні шаблони. Ітераційні і прямі чисельні методи розв'язання.

Тема 5.2. Чисельні методи розв'язання параболічних крайових завдань.

Тема 5.3 Чисельні методи розв'язання гіперболічних крайових завдань.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові джерела

1. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи – К.: Видавнича група ВНУ, 2006. – 480 с. (*Бібліотека НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»*)

2. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи. Лабораторний практикум – К: Видавнича група ВНУ, 2009. – 320 с. (*Бібліотека НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», розміщено у навчальних матеріалах для студентів*)

3. Дмитрієва О.А. Числові методи моделювання динамічних об'єктів в мультипроцесорних системах: монографія/ О.А. Дмитрієва, Н.Г. Гуськова, Є.О. Башков, І.А. Назарова: монографія. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2020. – 268 с. (*Розміщено у навчальних матеріалах для студентів*).

4. Дмитрієва О.А. Спеціальні розділи обчислювальної математики. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Системний аналіз і управління» спеціальності 124 Системний аналіз / О.А. Дмитрієва; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 110 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62364>.

5. Дмитрієва О.А. Чисельні методи. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Системний аналіз і управління» спеціальності 124

Системний аналіз / О.А. Дмитрієва; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 160 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/70948>.

Додаткові джерела

6. Дмитрієва О.А. Паралельні чисельні методи моделювання динамічних об'єктів О.А. Дмитрієва. – Харків: «Ноулідж», 2014. – 336 с.

7. Garfinkel A. Modeling Life. The Mathematics of Biological Systems/ A. Garfinkel, J. Shevtsov, Y. Guo. - Springer International Publishing, 2017. – 446 p. (Вільний доступ в Інтернет <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-59731-7.pdf?pdf=button>).

8. Butcher J. C. Numerical methods for ordinary differential equations / J. C. Butcher. – John Wiley & Sons, Ltd, 2016. – 514 p. (Вільний доступ в Інтернет <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119121534>)

9. Дмитрієва О. А. Паралельне моделювання динамічних об'єктів зі сконцентрованими параметрами / О.А. Дмитрієва. – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2016. – 384 с.

10. Hairer E. Geometric Numerical Integration / E. Hairer, C. Lubich, G. Wanner. – Berlin: Springer Verlag, 2006. – 644 p. -ISBN 978-3-540-30666-5.

11. Волонтир Л.О. Чисельні методи: Навчальний посібник. / Л.О. Волонтир, О.В.Зелінська, Н.А. Потапова. – Вінниця: ВНАУ, 2020 – 322 с.

12. Dmitrieva O. Parallel Step Control. Development of parallel algorithms of the step variation for simulation of stiff dynamic systems/ O. Dmitrieva, L. Feldman. – Lambert Academic Publishing, 2013. – 72 p.

13. Dmitrieva O. Parallel Algorithms of Simulation. Increase of simulation of dynamic objects with the lumped parameters into parallel computer systems / O. Dmitrieva, A. Firsova. – Lambert Academic Publishing, 2012. – 192 p.

14. Firsova A. Dynamic System Simulation. Robust algorithms of state estimation of dynamic lumped parameters systems / A. Firsova, O. Dmitrieva. – Lambert Academic Publishing, 2011. – 92 p.

15. Задачин В. М. Чисельні методи: навчальний посібник / В.М. Задачин, І. Г. Конюшенко. – Х. : Вид. ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2014. – 180 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ п/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Вступ. Мета, проблематика, основні завдання дисципліни. <u>Основні питання:</u> Основні визначення та інструментарій. Сучасні напрямки та перспективи розвитку дисципліни. Проблеми «великого виклику». Програмні застосунки для підтримки ефективної числової реалізації і візуалізації результатів.

2	<p>Тема 1.1. Проблеми числової реалізації та прискорення процесу обчислень</p> <p><u>Основні питання:</u> Алгоритмічні підходи до розпаралелювання обчислювального процесу, обґрунтування показників ефективності та прискорення. Основні топологічні характеристики обчислювальних полів в багатопроцесорних комп'ютерних системах</p>
3	<p>Тема 1.2. Сучасні підходи до виконання базових операцій обчислювальної математики.</p> <p><u>Основні питання:</u> Оцінювання алгоритмічної складності порядку виконання процедури множення матриць. Класичний підхід. Прискорення процесу множення матриць. Алгоритми типу «розбивай та володарюй». Рекурсивне розбиття блоків матриць. Оцінювання часової і ємнісної складності обчислень.</p>
4	<p>Тема 2.1. Точні та ітераційні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь великої розмірності з особливими матрицями. Частина 1.</p> <p><u>Основні питання:</u> Основні числові підходи до розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). Особливі типи матриць при розв'язанні прикладних завдань. Проблема розмірності. Числові методи розв'язання СЛАР, матриці яких отримуються як результат різницевої апроксимації. Прогонові методи. Ітераційні методи розв'язання СЛАР великої розмірності. Канонічна форма подання.</p>
5	<p>Тема 2.1. Ітераційні методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь великої розмірності з особливими матрицями. Частина 2.</p> <p><u>Основні питання:</u> Симетризація матриць. Стаціонарні і нестаціонарні ітераційні методи розв'язання СЛАР. Проблеми збіжності. Оцінювання спектру матриць переходу для визначення параметрів ітераційного процесу. Оптимізація параметрів для нестаціонарних методів. Визначення ітераційного параметру з застосуванням чебишевського підходу. Порівняльний аналіз алгоритмічної складності.</p>
6	<p>Тема 2.2. Числові методи пошуку власних чисел особливих матриць великих розмірностей.</p> <p><u>Основні питання:</u> Прикладні застосунки завдань з особливими матрицями при пошуці власних чисел. Особливі типи матриць при розв'язанні прикладних завдань. Симетричні матриці, теплицеві, циркулянтні. Несиметрична проблема власних значень. Ступеневий метод для пошуку спектрального радіуса. Метод зворотної ітерації. Симетрична проблема власних значень. Метод обертань. Теплицеві матриці. Метод Тренча.</p>
7	<p>Тема 3.1. Узагальнення числових підходів до розв'язання звичайних диференціальних рівнянь та їх систем. Схеми Батчера.</p> <p><u>Основні питання:</u> Узагальнення Батчера. Загальні схеми Батчера для подання явних, неявних, вкладених стадійних методів. Генерування розрахункових коефіцієнтів. Оцінювання стійкості і порядків апроксимації стадійних схем. Бар'єри Батчера і Далквіста. Введення у розрахункові схеми</p>

	похідних старших порядків з використанням багаточленів Ерміта.
8	<p>Тема 3.2. Узагальнення числових підходів до розв'язання звичайних диференційних рівнянь та їх систем. Однокрокові блокові схеми.</p> <p><u>Основні питання:</u> Однокрокові блокові методи. Різницеві шаблони та розрахункові схеми. Визначення коефіцієнтів розрахункових схем однокрокових блокових методів через застосування інтерполяційних багаточленів. Визначення коефіцієнтів розрахункових схем через розкладання в ряди Тейлора. Забезпечення заданого порядку апроксимації.</p> <p>Дослідження стійкості однокрокових блокових методів за початковими даними і за правою частиною. Приклади числових реалізацій тестових завдань однокроковими блоковими методами.</p>
9	<p>Тема 3.3. Колокаційні методи і методи типу Біккарта розв'язання завдання Коші для звичайних диференційних рівнянь та їх систем</p> <p><u>Основні питання:</u> Введення точок колокації на інтервалі пошуку розв'язання. Різницеві шаблони та розрахункові схеми методів типу Біккарта. Визначення коефіцієнтів розрахункових схем через застосування інтерполяційних багаточленів. Забезпечення заданого порядку апроксимації. Доведення $A - \alpha$ стійкості методів типу Біккарта. Приклади числових реалізацій тестових завдань. Порівняльний аналіз</p>
10	<p>Тема 3.4. Побудова ефективних багатокрокових композицій різницевих апроксимацій для розв'язання завдання Коші</p> <p><u>Основні питання:</u> Багатокрокові блокові методи. Різницеві шаблони та розрахункові схеми. Визначення коефіцієнтів розрахункових схем багатокрокових блокових методів через застосування інтерполяційних багаточленів. Визначення коефіцієнтів розрахункових схем через розкладання в ряди Тейлора. Забезпечення заданого порядку апроксимації. Дослідження стійкості багатокрокових блокових методів за початковими даними і за правою частиною. Приклади числових реалізацій тестових завдань.</p>
11	<p>Тема 4.1. Чисельне розв'язання крайових завдань для звичайних диференційних рівнянь та їх систем.</p> <p><u>Основні питання:</u> Математична постановка крайового завдання для звичайних диференційних рівнянь. Типи крайових умов. Класифікація наближених підходів до розв'язання крайових завдань. Методи зведення крайового завдання до завдання Коші для звичайних диференційних рівнянь (прицілювання, редукції). Метод скінченних різниць. Приклади числових реалізацій.</p>
12	<p>Тема 4.2. Варіаційні чисельні методи розв'язання крайових завдань для звичайних диференційних рівнянь.</p> <p><u>Основні питання:</u> Методи апроксимуючих функцій. Загальне подання наближеного аналітичного розв'язання крайового завдання. Методи колокацій, Гальоркіна, найменших квадратів, скінченних елементів Проблема управління кроком інтегрування для крайового завдання. Метод скінченних елементів.</p>

13	<p>Тема 5.1. Чисельні методи розв'язання еліптичних крайових завдань. Частина 1.</p> <p><u>Основні питання:</u> Чисельні підходи до розв'язання рівнянь з частинними похідними еліптичного типу, засновані на ітераційних методах. Основні поняття методу сіток. Апроксимація похідних і граничних умов сітковими методами. Проблеми розв'язуваності систем різницевих рівнянь. Ітераційні методи розв'язання систем різницевих рівнянь Якобі, Зейделя, верхньої релаксації. Багатосітковий релаксаційний метод Федоренко. Порівняльний аналіз трудомісткості реалізацій, збіжності і стійкості ітераційних методів</p>
14	<p>Тема 5.1. Чисельні методи розв'язання еліптичних крайових завдань. Частина 2.</p> <p><u>Основні питання:</u> Прямі методи розв'язання рівнянь з частинними похідними еліптичного типу. Трудомісткість. Метод матричного прогону. Метод повної редукції. Метод неповної факторизації. Метод Гальоркіна. Метод скінченних елементів. Методи встановлення.</p>
15	<p>Тема 5.2. Чисельні методи розв'язання параболічних крайових завдань. Частина 1.</p> <p><u>Основні питання:</u> Математична постановка параболічних завдань для диференційних рівнянь з частинними похідними. Сіткові методи для рівнянь з частинними похідними параболічного типу. Явні та неявні різницеві схеми. Спектральна ознака стійкості. Різницеві схеми підвищеної точності Кранка - Ніколсона, Дюфорта – Франкела, неявна п'ятиточкова тришарова схема.</p>
16	<p>Тема 5.2. Чисельні методи розв'язання параболічних крайових завдань. Частина 2.</p> <p><u>Основні питання:</u> Числові підходи до розв'язання багатовимірних за просторовими змінними рівнянь параболічного типу. Область визначення розв'язків багатовимірного завдання. Явні та неявні різницеві схеми. Спектральна ознака стійкості для багатовимірних завдань. Різницеві схеми розщеплення. Різницеві схеми Письмена-Речфорда. Метод встановлення.</p>
17	<p>Тема 5.2. Чисельні методи розв'язання параболічних крайових завдань. Частина 3.</p> <p><u>Основні питання:</u> Напівдискретні та бесіткові методи для розв'язання рівнянь з частинними похідними параболічного типу. Зведення завдання в частинних похідних до завдання Коші за допомогою методу прямих. Генерування розрахункових коефіцієнтів різницевих схем розкладанням нев'язків і інтегро-інтерполяційним методом. Оцінювання порядку апроксимації. Безсіткові методи. Поняття про методи скінченних елементів, Гальоркіна, рухомої точки.</p>
18	<p>Тема 5.3. Чисельні методи розв'язання гіперболічних крайових завдань.</p> <p><u>Основні питання:</u> Моделювання динамічних процесів гіперболічного типу. Рівняння перенесення Різницеві схеми для рівнянь перенесення гіперболічного типу: явні несиметричні схеми, схема Лакса. Різницеві схеми для хвильового рівняння. Апроксимація хвильового рівняння явною різницевою схемою. Апроксимація хвильового рівняння неявними різницевими схемами. Дев'ятиточкова схема з вагами. Оцінювання порядків апроксимації. Приклади числових реалізацій.</p>

Презентації всіх лекцій доступні за посиланням:

https://drive.google.com/drive/folders/1xI2wKtSqV6SdLGASxiSKBKNSNFyi_Ka3?usp=sharing

Відеозаписи всіх лекцій доступні за посиланням:

https://drive.google.com/drive/folders/1rNMkOORzKNtcyZg1KjN8HbPrmFCZ99y_v?usp=sharing

Практичні роботи

№ п/п	Найменування практичної роботи	Кількість годин
1	Оцінювання трудомісткості, похибок, обґрунтування показників ефективності та прискорення чисельних розрахунків.	2
2	Числові методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь великої розмірності з особливими матрицями.	2
3	Обчислення власних значень і власних векторів особливих матриць. Методи обертань, Тренча, Левінсона-Дарбіна.	2
4	Чисельне розв'язання завдання Коші багатоточковими блоковими одно- і багатокроковими методами.	2
5	Чисельні методи розв'язання крайових завдань для звичайних диференціальних рівнянь. Методи зведення крайового завдання до завдання Коші.	2
6	Варіаційні чисельні методи розв'язання крайових завдань для звичайних диференціальних рівнянь. Методи колокацій, Гальоркіна, найменших квадратів, скінченних елементів.	2
7	Чисельні методи розв'язання рівнянь з частинними похідними. Еліптичні крайові завдання. Ітераційні методи розв'язання розріджених систем.	2
8	Чисельні методи розв'язання рівнянь з частинними похідними. Параболічні крайові завдання. Схеми підвищеної точності. Схеми розщеплення.	2
9	Чисельні методи розв'язання рівнянь з частинними похідними. Гіперболічні крайові завдання. Явні і неявні різницеві схеми	2
	Всього практичних занять	18

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Самостійна робота. Робочим навчальним планом освітньої програми «Системний аналіз і управління» на самостійну роботу передбачено 66 годин. Самостійна робота включає такі активності, як підготовка до лекційних та практичних аудиторних занять, ознайомлення з порядком виконання та змістом практичних робіт, формування звітів, підготовка до захисту практичних робіт, підготовка до написання контрольної роботи з дисципліни.

Контрольна робота. Робочим навчальним планом передбачено виконання контрольної роботи, яка містить завдання за основними розділами дисципліни «Спеціальні розділи обчислювальної математики».

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Студенти повинні відвідувати всі заняття, які проводяться за розкладом (у контактній або дистанційній формах). Викладач контролює присутність студентів на заняттях. Відвідування консультаційних занять з дисципліни не є обов'язковим.

Під час проведення лекційних занять студенту рекомендується вести докладний конспект лекцій, приймати активну участь у обговоренні проблемних ситуацій, відповідати на запитання, поставлені викладачем.

Перед проведенням практичних робіт студенти повинні підготувати (засвоїти) теоретичний лекційний матеріал за відповідною темою, визначити або згенерувати (якщо це передбачено) індивідуальний варіант (варіанти) завдання. При виконанні практичної роботи дозволяється використовувати стандартні пакети прикладних програм або математичні середовища. При цьому неприпустимим є використання таких пакетів або середовищ, які захищені правом інтелектуальної власності. Рекомендується використовувати демонстраційні версії або хмарні додатки, наприклад, Mathematica Wolfram Cloud. Також студенти можуть писати власний програмний код (що рекомендується) або виконувати розрахунки вручну (що не рекомендується, але дозволяється). Після виконання завдань, передбачених в практичній роботі, студенти повинні провести аналіз отриманих результатів, сформулювати звіт у відповідності до висунутих вимог, підготуватися до доповіді про отримані результати, сформулювати висновки.

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

Поточний контроль проводиться при виконанні практичних робіт, модульної контрольної роботи і вхідного контролю остаточних знань (остання позиція є необов'язковою, студент може брати участь за бажанням). Оцінюється теоретична підготовка (обізнаність щодо застосовних чисельних методів, вимог до збіжності, обрання початкових наближень, визначення алгоритмічної складності, трудомісткості реалізації тощо), а також володіння практичними навичками (обґрунтованість використання математичного середовища, мови програмування, засобів візуалізації та інш.).

Система формування рейтингових (вагових) балів при проведенні поточного контролю з дисципліни «Спеціальні розділи обчислювальної математики» ґрунтується на Положенні про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім.

Ігоря Сікорського (Затверджено та уведено в дію наказом № 1/273 від 14.09.2020 р., зі змінами, внесеними наказом № НОН/131/2022 від 03.05.2022 р.) і наведена у табл. 8.1.

На початку семестру проводиться вхідний контроль щодо остаточних знань студента, які було отримано в курсі «Чисельні методи». Проходження вхідного контролю не є обов'язковим, але проходження цього контролю дозволяє студентам отримати заохочувальні бали. Наприкінці семестру, після вивчення розділів 1-5, проводиться модульна контрольна робота.

Рейтинг студента з навчальної дисципліни (Табл. 8.1) складається з балів, що він отримує за результатами поточного контролю (max 100).

Критерії нарахування балів.

1. Вхідний контроль містить 30 тестових питань (вибір єдиного правильного варіанту з переліку). За кожен правильну відповідь нараховується 1 бал, загальна кількість набраних балів нормується (ділиться і заокруглюється до найближчого цілого) у такий спосіб, щоб ітогове значення не перевищувало **5 балів**. Межі позитивного оцінювання не існує (бали заохочувальні).

2. Робота на практичних заняттях передбачає опрацювання теоретичного матеріалу і оволодіння сучасними методами розробки алгоритмів і програм, орієнтованих на ефективну реалізацію методів обчислювальної математики.

Критерії оцінювання. У відповідності до теми практичної роботи, що виконується, студенти повинні:

– продемонструвати свою обізнаність щодо рекомендованих до застосування чисельних методів **(1 бал)**;

– згенерувати індивідуальне завдання і перевірити (забезпечити у разі відсутності від початку) виконання основних вимог: збіжність ітераційного процесу, несуперечливість граничних умов, вдале обрання початкових наближень (виходячи з наявних рекомендацій), визначити алгоритмічну складність, трудомісткість реалізації тощо **(2 бали)**;

– програмно реалізувати індивідуальне завдання з отриманням чисельних результатів і графічних візуалізацій у разі доречності **(4 бали)**;

– провести множину чисельних експериментів зі змінюваними вимогами до точності числових реалізацій, початкових наближень, ітераційних параметрів тощо. Провести порівняльний аналіз отриманих результатів за кількістю ітерацій, часом проведення розрахунків, алгоритмічною складністю **(2 бали)**;

– скласти звіт **(1 бал)**.

Максимальна кількість балів за виконання кожної практичної роботи **10 балів**. Межа позитивного оцінювання – **6 балів**.

3. Модульна контрольна робота містить 30 тестових питань (вибір єдиного правильного варіанту з переліку, вибір множини правильних варіантів з переліку,

встановлення відповідності). За кожну правильну відповідь нараховується 1 бал, максимальна кількість балів - **30**. Межа позитивного оцінювання – **18 балів**.

Таблиця 8.1. Система рейтингових (вагових) балів та критеріїв оцінювання

Контрольний захід	Кількість заходів	Ваговий бал	Рейтинг
Вхідний контроль остаточних знань*	1*	5*	5*
Виконання завдань на практичних заняттях	7	10	70
Виконання модульної контрольної роботи	1	30	30
Всього:			100

* Участь у проведенні вхідного контролю не є обов'язковою. Бали, які нараховуються (до 5 балів), є заохочувальними, і додаються до загального рейтингу студента у такий спосіб, щоб загальна оцінка не перевищувала 100 балів.

Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Терміни та умови проходження календарного контролю наведено у таблиці 8.2.

Таблиця 8.2. Терміни та умови проходження календарного контролю

Критерій	Перший календарний контроль	Другий календарний контроль
Термін календарного контролю	8 Тиждень	14 Тиждень
Умови проходження календарного контролю	≥ 18 балів	≥ 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 («автоматом»). Відповідність рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою наведено у табл. 8.3

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, але виконали умови допуску до заліку, а також ті, хто хоче підвищити оцінку, виконують залікову контрольну роботу. При цьому попередній рейтинг з дисципліни скасовується і до залікової відомості заносяться бали за залікову контрольну роботу («жорстка» РСО). Ця оцінка є остаточною.

Залік оцінюється у 100 балів. Завдання залікової контрольної роботи складається з теоретичної частини (наведено питання з різних розділів робочої програми) і трьох практичних завдань. Теоретична частина і кожне практичне

завдання залікової контрольної роботи оцінюються у 25 балів. Теоретична частина залікової контрольної роботи містить 25 тестових теоретичних запитань, вага кожного запитання 1 бал.

Критерії оцінювання практичних завдань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 24-25 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 19-23 бали;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 15-18 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Після оцінювання відповідей здобувача набрані бали підсумовуються та переводяться до оцінок за університетською шкалою (Табл. 8.3).

Таблиця 8.3. Відповідність рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Загальна сума балів	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Отримання студентом сертифікатів про проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою зараховується як максимальна кількість балів за відповідною практичною/практичними роботою/роботами.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) склав:

д.т.н., професор кафедри математичних методів системного аналізу
Ольга ДМИТРИЄВА

Ухвалено на засіданні кафедри ММСА, протокол № 13 від 05.06.2024 р.
Погоджено на засіданні методичної комісії ННПСА,
протокол № 10 від 24.06.2024 р.