



# Обчислювальна математика

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|   |   |
|---|---|
| Рівень вищої освіти                         | <i>Перший (бакалаврський)</i>   |
| Галузь знань                                | <i>15 Автоматизація та приладобудування</i>   |
| Спеціальність                               | <i>153 Мікро- та наносистемна техніка</i>   |
| Освітня програма                            | <i>Мікро- та наноелектроніка</i>  |
| Статус дисципліни                           | <i>Нормативна</i>   |
| Форма навчання                              | <i>очна(денна)</i>  |
| Рік підготовки, семестр                     | <i>2 курс, осінній семестр</i>  |
| Обсяг дисципліни                            | <i>5 кредитів (150 годин)</i>   |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | <i>залік</i>  |
| Розклад занять                              |   |
| Мова викладання                             | <i>Українська</i>   |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: <i>д.т.н., доц., Татарчук Д.Д., <a href="mailto:dmitry.tatarchuk@gmail.com">dmitry.tatarchuk@gmail.com</a>, м. 0971521861</i><br>Комп'ютерний практикум: <i>асистент, доктор філософії, Шевлякова Г.В., <a href="mailto:g.shevliakova-me@iit.kpi.ua">g.shevliakova-me@iit.kpi.ua</a>, м. 0958563996</i> |
| Розміщення курсу                            | <a href="https://meet.google.com/iss-osea-nax?authuser=0&amp;hs=179">https://meet.google.com/iss-osea-nax?authuser=0&amp;hs=179</a>   |
| Код курсу                                   | <i>eqg642w</i>  |

### Програма навчальної дисципліни

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

*Мета курсу: вивчення методів розв'язання за допомогою ЕОМ інженерних і наукових задач професійного спрямування, здобуття практичних навичок постановки та розв'язку обчислювальних задач*

- дати студентам знання основних алгоритмів чисельних методів розв'язання інженерних задач;*
- навчити студентів правильно обирати та налаштовувати процедури чисельних методів у відповідності до професійних потреб, грамотно писати програми для вирішення інженерних і наукових задач професійного спрямування, коректно оцінювати похибку отриманих результатів;*
- сформуванню у студентів досвід практичного використання програмних засобів обчислювальної техніки для числових розрахунків.*

*Дисципліна формує:*

#### 1. Загальні компетентності:

- ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;*
- ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.*

#### 2. Фахові компетентності:

- ФК 1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки;*

- ФК 3. Здатність використовувати математичні принципи і методи для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки;
- ФК 4. Здатність застосовувати відповідні наукові та інженерні методи, сучасні інформаційні технології і комп'ютерне програмне забезпечення, комп'ютерні мережі, бази даних та Інтернет-ресурси для розв'язання професійних задач в галузі мікро- та наносистемної техніки;
- ФК 5. Здатність ідентифікувати, класифікувати, оцінювати і описувати процеси у мікро- та наносистемній техніці за допомогою побудови і аналізу їх фізичних і математичних моделей.

*В результаті успішного засвоєння дисципліни здобувачі вищої освіти досягають таких програмних результатів навчання:*

- ПРН 2. Застосовувати знання і розуміння математичних методів для розв'язання теоретичних і прикладних задач мікро- та наносистемної техніки;
- ПРН 6. Застосовувати навички планування та проведення експерименту для перевірки гіпотез та дослідження явищ мікро- та наноелектроніки, вміти використовувати стандартне обладнання, складати схеми пристроїв, аналізувати, моделювати та критично оцінювати отримані результати;
- ПРН 8. Будувати та ідентифікувати математичні моделі технологічних об'єктів, використовувати їх при розробці нової мікро- та наносистемної техніки та виборі оптимальних рішень.

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

*Дисципліна базується на курсах «Програмування та алгоритмічні мови», «Аналітична геометрія», «Математичний аналіз» і забезпечує підготовку студентів до вивчення курсу «Моделювання напівпровідникових приладів та інтегральних мікросхем», а також до виконання розрахункових, курсових та дипломних робіт.*

### **Зміст навчальної дисципліни**

*Вступ*

*Тема 1. Похибки обчислень*

*Тема 2. Числові методи лінійної алгебри:*

*Тема 3. Числові методи розв'язання нелінійних рівнянь:*

*Тема 4. Методи розв'язання систем нелінійних рівнянь:*

*Тема 5. Інтерполяція функцій:*

*Тема 6. Числове інтегрування функцій:*

*Тема 7. Числове інтегрування звичайних диференціальних рівнянь:*

*Тема 8. Крайові задачі:*

*Тема 9. Числове розв'язання задач оптимізації:*

*Тема 10. Апроксимація функцій, лінійна задача про середньоквадратичне наближення*

### **2. Навчальні матеріали та ресурси**

**Базова література:**

1. Прокопенко Ю. В., Татарчук Д. Д., Казиміренко В. А. *Обчислювальна математика: Навч. посіб.* – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 224 с.
2. *Числові методи: навч. посібник / О.І. Ярошенко, М.В. Григорків.* – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2018. – 172 с.
3. *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. ISBN 978-617-7789-18-4
4. *Основи числових методів [Текст] підручник / В.Г. Мусіяка.* —Дніпро : ЛІРА, 2017. - 256 с. ISBN 978-966-383-938-7
5. *Числові методи. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійною програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. В. Степанець. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,54 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 82 с.*

**Додаткові матеріали та ресурси:**

1. Богданова Н.В., Татарчук Д.Д. *Обчислювальна математика: Частина I: Методичні вказівки до практичних робіт для студентів напряму підготовки 6.050803 "Акустотехніка" - К.: НТУУ „КПІ”, 2010. – 94 с. Свідоцтво – НМУ № Е10/11-052.*
2. Богданова Н.В., Татарчук Д.Д. *Обчислювальна математика: Частина II: Методичні вказівки до практичних робіт для студентів напряму підготовки 6.050803 "Акустотехніка" - К.: НТУУ „КПІ”, 2010. – 83 с. Свідоцтво – НМУ № Е10/11-053.*
3. *Програмування числових методів мовою Python : підруч. / А. В. Анісімов, А. Ю. Дорошенко, С. Д. Погорілий, Я. Ю. Дорогий ; за ред. А. В. Анісімова. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2014. – 640 с. ISBN 978-966-439-693-3*

**Навчальний контент**

**3. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

**Лекційні заняття:**

*Лекція №1*

*Вступ*

*Тема 1. Похибки обчислень*

*Лекція №2*

*Тема 2. Числові методи лінійної алгебри:*

*-основні положення лінійної алгебри;*

*-основні визначення;*

*-норми векторів та матриць;*

*-ортогональність векторів та унітарність матриць;*

*-основні унітарні перетворення.*

*Лекція №3*

*Тема 2. Числові методи лінійної алгебри (продовження):*

*-методи факторизації матриць розв'язання СЛАР;*

*-похибка розв'язання СЛАР.*

*Лекція №4*

*Тема 2. Числові методи лінійної алгебри (продовження):*

*-ітераційні методи розв'язання СЛАР;*

*-зведення СЛАР з комплексними коефіцієнтами до СЛАР з дійсними коефіцієнтами.*

*Лекція №5*

*Тема 2. Числові методи лінійної алгебри (продовження):*

*-степеневий метод розв'язання проблеми власних значень;*

- метод скалярного добутку розв'язання проблеми власних значень;
- метод Віланда розв'язання проблеми власних значень.

#### Лекція №6

Тема 3. Числові методи розв'язання нелінійних рівнянь:

- метод бісекції (поділу навпіл, дихотомії);
- метод Ньютона розв'язання рівнянь з однією змінною;
- квазіньютонівські методи розв'язання рівнянь з однією змінною.

#### Лекція №7

Тема 4. Методи розв'язання систем нелінійних рівнянь:

- метод Ньютона;
- квазіньютонівські методи;
- модифікації методу Ньютона, що збігаються глобально.

#### Лекція №8 МКР1.

#### Лекція №9

Тема 5. Інтерполяція функцій:

- інтерполяційна формула Лагранжа;
- інтерполяційна формула Ньютона;
- похибка поліноміальної інтерполяції;
- інтерполяція сплайнами.

Тема 6. Числове інтегрування функцій:

- загальна похибка числового інтегрування;
- формули Ньютона-Котеса;
- формули Чебишова;
- формули Гауса;
- апостеріорна оцінка похибки інтегрування.

#### Лекція №10

Тема 7. Числове інтегрування звичайних диференціальних рівнянь:

- метод Ейлера;
- методи Рунге – Кутта;
- багатоточкові методи.

#### Лекція №11

Тема 7. Числове інтегрування звичайних диференціальних рівнянь (продовження):

- апостеріорна оцінка похибки розв'язання задачі Коші. Автоматичний вибір кроку інтегрування.
- жорсткі рівняння

#### Лекція №12

Тема 8. Крайові задачі:

- зведення крайових задач до задач Коші;
- проекційні методи розв'язання крайових задач;
- метод скінченних елементів розв'язання крайових задач.

#### Лекція №13

Тема 9. Числове розв'язання задач оптимізації:

- методи одновимірного пошуку;
- методи багатовимірного пошуку.

#### Лекція №14

Тема 9. Числове розв'язання задач оптимізації (продовження):

- градієнтні методи (загальні поняття);
- метод спряжених градієнтів.

#### Лекція №15

Тема 9. Числове розв'язання задач оптимізації (продовження):

- метод Ньютона;
- методи змінної метрики (квазіньютонівські методи);
- методи розв'язання задач умовної оптимізації.

Лекція №16

Тема 10. Апроксимація функцій, лінійна задача про середньоквадратичне наближення

Лекція №17

МКР2

Лекція №18

Залік.

### **Комп'ютерний практикум:**

1. Дослідження функцій
2. Розв'язання алгебраїчних рівнянь з одним невідомим. Метод поділу навпіл (бісекції)
3. Розв'язання алгебраїчних рівнянь з одним невідомим. Метод простих ітерацій
4. Розв'язання алгебраїчних рівнянь з одним невідомим. Метод Ньютона-Рафсона (дотичних)
5. Власні вектори і власні числа матриць з елементами-дійсними числами
6. Знаходження власних векторів і власних чисел симетричних матриць. Метод обертань Якобі
7. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Метод Гауса
8. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Ітераційні методи Якобі та Гауса-Зейделя
9. Оптимізація функцій однієї змінної методом Золотого розтину
10. Інтерполяція даних
11. Апроксимація функціональних залежностей методом найменших квадратів
12. Чисельне інтегрування. Формули прямокутників, трапецій, Сімпсона
13. Звичайні диференціальні рівняння
14. Системи звичайних диференціальних рівнянь
15. Захист РГР.
16. Захист РГР.
17. Захист лабораторних робіт.
18. Захист лабораторних робіт.

### **4. Самостійна робота студента/аспіранта**

Для стимуляції самостійної роботи студентів, заохочення їх до самовдосконалення в кредитному модулі передбачено 78 годин самостійної роботи.

На самостійну роботу винесено вивчення наступного теоретичного матеріалу:

- метод простої ітерації для нелінійних рівнянь;
- збіжність методу простої ітерації для нелінійних рівнянь;
- знаходження власних векторів і власних чисел симетричних матриць. Метод обертань Якобі;
- метод Фадєєва Левер'є;
- розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь - метод Гауса;
- розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь – метод Якобі;
- метод скінченних елементів розв'язку крайових задач;
- неявний метод Ейлера інтегрування звичайних диференціальних рівнянь;
- оптимізація функцій однієї змінної методом золотого перетину;
- квазіньютонівські методи оптимізації;
- зведення задачі апроксимації до лінійної;

Виконання РГР.

Підготовка до екзамену.

## **Політика та контроль**

### **5. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Відвідування всіх видів занять є обов'язковим.

Виконання всіх завдань є обов'язковою умовою допуску до заліку.

Перед комп'ютерним практикумом необхідно попередньо ознайомитись з завданням на дане заняття. Завдання повинне бути виконане і показане викладачеві.

Захист практичних робіт може здійснюватися на протязі всього семестру. На захист практичної роботи повинен бути оформлений протокол виконаної роботи. Протокол оформлюється за загальними правилами університету і повинен містити титульний аркуш, завдання і код програми. Процедура захисту складається з відповідей на запитання викладача за темою роботи. За неправильні відповіді або неправильне оформлення протоколу оцінка знижується згідно вимог РСО. За умови неправильної відповіді більш ніж на третину запитань захист не зараховується.

Розрахункова робота також повинна бути захищена. На захист повинна бути пред'явлена виконана робота в електронному та друкованому варіантах. Друкований варіант повинен бути оформлений згідно вимог університету і повинен містити титульний аркуш, завдання, програмний код, опис всіх змінних, функцій і об'єктів, які використано у коді. Процедура захисту складається з відповідей на запитання викладача за темою роботи. За неправильні відповіді або неправильне оформлення роботи оцінка знижується згідно вимог РСО. За умови неправильної відповіді більш ніж на третину запитань захист не зараховується.

## **6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)**

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для успішного проходження першого календарного контролю: студент повинен набрати не менше 20% балів від максимального сумарного рейтингу протягом семестру. Для успішного проходження другого календарного контролю студент повинен набрати не менше 40% балів від максимального рейтингу.

**Семестровий контроль** здійснюється у вигляді заліку.

Студенти, які набрали протягом семестру необхідну для позитивної оцінки кількість балів мають можливість:

- не складати залік, а отримати оцінку „ автоматом ” відповідно до набраного рейтингу з дисципліни;

- складати залік з метою підвищення оцінки.

У разі отримання на заліку оцінки нижчої , ніж за рейтингом, за студентом не зберігається оцінка отримана „ автоматом ”.

Студенти, семестровий рейтинг яких відповідає оцінці „ незадовільно ”, зобов'язані складати залік.

Студенти, які за семестровим рейтингом не допущені до заліку з цієї дисципліни, зобов'язані підвищити його до рівня не менше 60%.

Оцінка визначається за сумою набраних рейтингових балів відповідно до системи розрахунку шкали рейтингу.

Рейтинговий бал студента нараховується за наступними правилами;

1. Виконання робіт комп'ютерного практикуму

Ваговий бал 1. Максимальна кількість балів  $14 \times 1 = 14$ . Бали нараховуються в разі правильного виконання завдань передбачених роботами.

2. Захист робіт комп'ютерного практикуму

Ваговий бал 2. Максимальна кількість балів  $14 \times 2 = 28$ . Бали нараховуються за результатами захисту робіт. Захист полягає у відповіді на 2-запитання викладача. За правильну відповідь на запитання нараховується 1 бал. За неправильну відповідь бали не нараховуються. Якщо не зараховано обидва запитання захист не зараховується В цьому випадку студент повинен підготуватися і прийти на повторний захист.

3. Модульна контрольна робота 1 – максимальний бал 15.

4. Модульна контрольна робота 2 – максимальний бал 15.

5. РГР максимальний бал 28.

### Система рейтингових (вагових) балів

| № п/п | Заняття, що підлягають рейтинговій оцінці      | Загальна кількість | Макс. бал | Число балів на відмінно |
|-------|--|--------------------|-----------|-------------------------|
| 1.    | Комп'ютерний практикум:<br>виконання<br>захист | 14                 | 1         | 14                      |
|       |  | 14                 | 2         | 28                      |
| 2.    | Модульна контрольна робота 1                   | 1                  | 15        | 15                      |
| 3.    | Модульна контрольна робота 2                   | 1                  | 15        | 15                      |
| 4.    | РГР  | 1                  | 28        | 28                      |
|       | Рейтинг за курс, R                             |                    |           | 100                     |

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  |

### 7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

*За наявності сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можливе зарахування курсу повністю або частково за результатами співбесіди викладача зі студентом за темою курсу.*

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри мікроелектроніки, д.т.н., доц., Татарчуком Д.Д.

Ухвалено кафедрою мікроелектроніки (протокол № 22 від 23.06.2023)

Погоджено Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № 06/23 від 29.06.2023)

<sup>1</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.