

# Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України

## СИЛАБУС

навчальної дисципліни

«ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ПРИКЛАДНОЇ МАТЕМАТИКИ»

<b>Галузь знань</b>	<i>11 Математика і статистика</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>113 Прикладна математика</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Механіка деформівного твердого тіла і теоретична механіка</i>
<b>Освітній рівень</b>	<i>доктор філософії</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>нормативна</i>
<b>Мова викладання</b>	<i>українська</i>
<b>Курс / семестр</b>	<i>2 курс, 3 семестр</i>
<b>Кількість кредитів ЄКТС</b>	<i>4 кредити (120 годин)</i>
<b>Розподіл за видами занять та годинами навчання</b>	<i>Лекції – 22 год.</i>
	<i>Практичні – 38 год.</i>
	<i>Самостійна робота – 60 год.</i>
<b>Форма підсумкового контролю</b>	<i>залік</i>
<b>Відділ</b>	<i>Теорії коливань</i>
<b>Викладач (-і)</b>	<i>докт. фіз.-мат. наук, проф., Янчевський Ігор Владиславович</i>
<b>Контактна інформація викладача (-ів)</b>	<i>i.yanchevskiy@gmail.com, тел. +38-044-456-12-80</i>
<b>Дні занять</b>	<i>За розкладом</i>
<b>Консультації</b>	<i>on-line (zoom: 6734423064; password: ****)</i>

### **Програма навчальної дисципліни**

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

*Навчальна дисципліна «Чисельні методи розв'язання задач прикладної математики» є важливою складовою циклу професійної підготовки фахівців третього освітньо-наукового рівня “доктор філософії” спеціальності «Прикладна математика», які навчаються за освітньо-науковими програмами «Механіка деформівного твердого тіла» та «Теоретична механіка».*

*Актуальність дисципліни обумовлена невпинним зростанням кількості розрахункових випадків, з якими стикаються інженери як на етапах проектування і виробництва різноманітних деталей машин і елементів конструкцій, так і на етапі їх експлуатації. Складність топології деталей, особливості їх матеріальних характеристик, специфіка умов навантаження та необхідність у пришвидшенні термінів отримання результатів розрахунку*

визначає важливу роль саме чисельних методів для ефективного розв'язання прикладних задач механіки і математики.

Метою навчальної дисципліни «Чисельні методи розв'язання задач прикладної математики» є ознайомлення аспірантів з теоретичними основами чисельних методів алгебри, які використовуються при розв'язанні прикладних задач механіки суцільних середовищ, і набуття вмінь застосовувати спеціалізоване прикладне програмне забезпечення, яке реалізовує ці методи.

Предметом навчальної дисципліни є ефективні комп'ютеризовані чисельні методи алгебри, які використовуються при розв'язанні крайових задач механіки деформівного твердого тіла та механіки рідин та газу.

Головними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Чисельні методи розв'язання задач прикладної математики» є формування цілісної системи знань, практичних навичок та компетентностей, потрібних для побудови наближених розв'язків широкого класу прикладних задач механіки із застосуванням сучасних систем комп'ютерної математики при проведенні самостійних кваліфікованих наукових досліджень:

- Загальні компетентності: ЗК1 – ЗК6 (відповідно до переліку загальних компетентностей ОНП).
- Спеціальні (фахові) компетентності: СК1 – СК7 (відповідно до переліку спеціальних компетентностей ОНП).
- Загальні програмні результати навчання: ПРН1 – ПРН5, ПРН8 (відповідно до переліку програмних результатів навчання ОНП).

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен знати:

- найбільш поширені чисельні методи алгебри, які використовуються при розв'язанні прикладних задач механіки деформівного тіла;
- методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь великої розмірності з розрідженими матрицями;
- наближені методи розв'язання погано обумовлених систем лінійних алгебраїчних рівнянь;
- ефективні алгоритми наближеного розв'язання інтегральних рівнянь та їх системи з похибками у вхідних даних;
- різноманітні підходи до розв'язання звичайних диференціальних рівнянь.

вміти:

- використовувати системи комп'ютерної математики для розв'язання лінійних, нелінійних рівнянь, інтегральних і диференціальних рівнянь та їх систем;
- оцінювати похибки при обчисленнях і виправляти причини їх виникнення;
- оптимізувати розрахункові алгоритми з метою скорочення часу на обчислення;
- обробляти та оформлювати отримані чисельні результати.

## **2. Пререквізити та пост реквізити (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Навчальна дисципліна орієнтована на аспірантів, які вже знайомі з дисциплінами професійної та практичної підготовки фахівців-механіків, зокрема з курсами вищої математики (диференціальний та інтегральний аналіз; лінійна алгебра), механіки суцільних середовищ, загальним курсом теорії диференціальних рівнянь, математичної фізики та обов'язкових курсів освітньо-наукової програми ОК4 і ОК5, які вивчаються у першому семестрі аспірантури.

Цією дисципліною забезпечуються подальша професійна підготовка фахівців освітньо-наукового рівня “доктор філософії”, зокрема при вивченні дисциплін «Аналітично-чисельне дослідження стійкості та руйнування матеріалів з тонким покриттям та армованих композитних матеріалів із застосуванням високопродуктивних обчислень», «Поширення хвиль з врахуванням структурних рівнів матеріалів та базових властивостей деформування матеріалів», «Чисельний аналіз механічної поведінки оболонкових систем», «Математичні моделі термомеханіки суцільних середовищ», тощо.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Вступ до курсу.*

*Тема 1. Наближені числа.*

*Тема 2. Методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.*

*Тема 3. Методи розв'язання систем нелінійних рівнянь.*

*Тема 4. Чисельне інтерполювання, наближення та диференціювання функцій.*

*Тема 5. Методи розв'язання інтегральних рівнянь.*

*Тема 6. Методи розв'язання диференціальних рівнянь та їх систем.*

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **4.1. Основна література**

1. Андруник В.А., Висоцька В.А. [та ін.] Чисельні методи в комп'ютерних науках. У 2-х т.: Навч. посібник. – Львів: Новий Світ – 2000. Т. 1: 2020. – 470 с. Т. 2: 2018. – 536 с. URL: [https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Andrunik\\_P1\\_2017\\_470.pdf](https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Andrunik_P1_2017_470.pdf); [https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Andrunik\\_P2\\_2018\\_536.pdf](https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Andrunik_P2_2018_536.pdf) (дата звернення: 14.06.2024).
2. Бігун Я.Й. Числові методи: Навч. посібник. – Чернівці: Вид-во ЧНУ, 2018. – 436 с. URL: [https://backend.chnu.edu.ua/media/jxsmoqgk/bihunya\\_chyslovimetody\\_2019.pdf](https://backend.chnu.edu.ua/media/jxsmoqgk/bihunya_chyslovimetody_2019.pdf) (дата звернення: 14.06.2024).
3. Гаєв Є.О., Нестеренко Б.М. Універсальний математичний пакет Matlab і типові задачі обчислювальної математики: Навч. посібник. – К.: НАУ, 2004. – 176 с. URL: [http://sula.nau.edu.ua/ukr/person/gaev/books/gayev\\_matlab\\_ukr.pdf](http://sula.nau.edu.ua/ukr/person/gaev/books/gayev_matlab_ukr.pdf) (дата звернення: 14.06.2024).
4. Дзись В.Г., Левчук О.В., Дячинська О.М. Прикладна математика на основі MathCAD : Навч. посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 378 с. URL: <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/23375.pdf> (дата звернення: 14.06.2024).

5. Доброскок В.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Сучасні комп'ютерні технології в дослідженнях». – Харків : Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2022. – 86 с.  
URL: [https://web.kpi.kharkov.ua/cutting/wp-content/uploads/sites/143/2016/12/KL\\_D2.pdf](https://web.kpi.kharkov.ua/cutting/wp-content/uploads/sites/143/2016/12/KL_D2.pdf) (дата звернення: 14.06.2024).
6. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій : Навч. посібник. – Київ : Політехніка, 2024. – 500 с.
7. Савченко Д. В. Основи обробки та візуалізації фізичних даних в програмному середовищі OriginPro : Навч. посібник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 111 с.  
URL: [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41112/1/ORIGINPRO\\_8.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41112/1/ORIGINPRO_8.pdf) (дата звернення: 14.06.2024).

#### 4.2. Додаткова література

8. Бабенко А.Є., Боронко О.О., Лавренко Я.І., Трубачев С.І. Коливання стержнів, пластин та оболонок : Підручник. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 252 с.  
URL: <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48522/1/Kolyvannia.pdf> (дата звернення: 14.06.2024).
9. Григоренко Я. М., Мольченко Л.В. Основи теорії пластин та оболонок з елементами магнітопружності : Підруч. для студ. вищ. навч. закл. – К. : Київський університет, 2010. – 403 с. URL: [https://www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/03/Igrigorenko\\_ya\\_m\\_mol\\_chenko\\_lv\\_osnovi\\_teoriyi\\_plastin\\_ta\\_obo.pdf](https://www.mechmat.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/03/Igrigorenko_ya_m_mol_chenko_lv_osnovi_teoriyi_plastin_ta_obo.pdf) (дата звернення: 14.06.2024).
10. Чисельні методи розв'язання прикладних задач : навч. посіб. / О. А. Гончаров, Л. В. Васильєва, А. М. Юнда. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 142 с.  
URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/0f8e860a-c101-4db8-9e54-c823abb78b76/content> (дата звернення: 14.06.2024).
11. Кундрат А.М., Кундрат М.М. Науково-технічні обчислення засобами MathCAD та MS Excel : Навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2014. – 252 с.  
URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/1760/1/734733%20zah.pdf> (дата звернення: 14.06.2024).
12. Лазарєв Ю. Ф. Моделювання динамічних систем у Matlab : Електр. навч. посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011. – 421 с. URL: [https://elprivod.nmu.org.ua/files/mathapps/mds\\_matlab.pdf](https://elprivod.nmu.org.ua/files/mathapps/mds_matlab.pdf) (дата звернення: 14.06.2024).
13. Мусіяка В.Г. Основи числових методів : Підручник. – Дніпро : ЛІРА, 2017. – 256 с.  
URL: [https://ecat.ust.edu.ua/ft/Musijaka\\_Osnovy\\_chyslovych\\_metodiv.pdf](https://ecat.ust.edu.ua/ft/Musijaka_Osnovy_chyslovych_metodiv.pdf) (дата звернення: 14.06.2024).
14. Янчевський І. В. Нестационарні коливання біморфних електропружних тіл. – Київ: Політехніка, 2023. – 448 с.
15. Prudnikov A.P., Brychkov Yu.A., Marichev O. I. Integrals and Series. Vol. 5: Inverse Laplace Transform. – New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1992. – 595 p.  
URL: <https://doi.org/10.1201/9780203750643> (дата звернення: 14.06.2024).

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<b>Вступ до курсу.</b> Математичне моделювання. Чисельні методи та використання ЕОМ для розв'язування прикладних задач. Основні системи комп'ютерної математики.
2	<b>Тема 1. Наближені числа.</b> Наближені числа. Джерела та класифікація похибок. Оцінки похибок.
3	<b>Тема 2. Методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.</b> Характеристики матриць. Упорядковування великих «розріджених» матриць. Обчислення власних значень.
4	Метод регуляризації. Псевдорозв'язок СЛАР.
5	<b>Тема 3. Методи розв'язання нелінійних рівнянь та їх систем.</b> Загальні зауваження. Методи розв'язання систем нелінійних рівнянь. Метод Ньютонна. Метод простої ітерації. Метод найменших квадратів.
6	<b>Тема 4. Чисельне інтерполювання, наближення та диференціювання функцій.</b> Загальні зауваження. Інтерполяційні формули.
7	Найкраще наближення. Наближене диференціювання функцій.
8	<b>Тема 5. Методи розв'язання інтегральних рівнянь.</b> Загальні положення. Інтерполяційні квадратурні формули.
9	Розв'язання інтегральних рівнянь Фредгольма та Вольтерри.
10	<b>Тема 6. Методи розв'язання диференціальних рівнянь та їх систем.</b> Загальні положення. Метод Ейлера, метод Рунге-Кутта.
11	Метод Адамса, багатокрокові методи.

#### Практичні заняття

№	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	<b>Вступ до курсу.</b> Програмний комплекс MathCAD. Основи та особливості програмування.
2	Програмний комплекс MatLab. Основи та особливості програмування.
3	Розробка програми для розв'язання задачі про згин шарнірно опертої прямокутної пластини. Метод Фур'є. Аналіз збіжності ряду
4	Розробка програми для розв'язання задачі про осесиметричні коливання кругової мембрани. Метод інтегрального перетворення Лапласа.
5	Розробка програми для розв'язання задачі про поздовжні коливання стержня постійного перерізу. Метод біжучих хвиль.
6	Оформлення числових результатів. Пакет Origin.
7	<b>Тема 1. Наближені числа.</b> Оцінки похибок при обчисленнях на ЕОМ.
8, 9	<b>Тема 2. Методи розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.</b> Операції з матрицями. Реалізація різних методів розв'язання СЛАР.
10	<b>Тема 4. Чисельне інтерполювання, наближення та диференціювання функцій.</b> Підбір параметрів емпіричних залежностей методом найменших квадратів.
11	Апроксимація та регресія вбудованими функціями MathCAD.

12	<i>Інтерполювання, наближення і диференціювання функцій у системі MatLab.</i>
13, 14	<b>Тема 5. Методи розв'язання інтегральних рівнянь.</b> <i>Інтерполяційні квадратурні формули. Квадратурні формули Гауса.</i>
15	<i>Зведення інтегральних рівнянь до СЛАР</i>
16	<i>Наближене обчислення інтегралів та розв'язання інтегральних рівнянь Фредгольма та Вольтерри.</i>
17	<i>Розв'язування диференціальних рівнянь та їх систем в MathCAD.</i>
18	<i>Семестровий контроль</i>
19	<i>Залік</i>

## 6. Самостійна робота аспіранта

№	<i>Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу</i>	<i>Кількість годин</i>
1	<i>Опрацювання матеріалу лекції 1, 2.</i>	2
2	<i>Основи роботи в системі Maple. Обчислення в MS Excel. Пакет Visio. Товщинні коливання двошарового п'єзокерамічного пакету</i>	4
	<i>Оцінки похибок при наближених обчисленнях</i>	3
3	<i>Опрацювання матеріалу лекцій 3, 4.</i>	2
4	<i>Метод прогонки. Ітераційні методи. Обумовленість СЛАР. Нормування СЛАР.</i>	3
5	<i>Опрацювання матеріалу лекції 5.</i>	2
6	<i>Наближене розв'язування трансцендентних рівнянь. Гібридні методи. Градієнтні методи. Метод випадкових збурень.</i>	3
7	<i>Опрацювання матеріалу лекцій 6, 7.</i>	2
8	<i>Найкраще наближення. Альтернативні варіанти інтерполювання та наближення.</i>	3
9	<i>Опрацювання матеріалу лекції 8, 9.</i>	2
10	<i>Поліноміальне інтегрування. Програмування формул прямокутників та трапецій.</i>	3
11	<i>Опрацювання матеріалу лекцій 10, 11.</i>	2
12	<i>Метод Годунова. Розв'язування диференціальних рівнянь та їх систем в MatLab.</i>	3
13	<i>Підготовка до контрольної роботи</i>	8
14	<i>Виконання індивідуального завдання</i>	18

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Очікується, що аспіранти вже знайомі з основними принципами академічної доброчесності, самостійно виконують усі навчальні завдання, коректно посилаються на використані джерела інформації при написанні власного наукового дослідження або навчальної роботи, тощо. Неприпустимим є списування при написанні контрольної роботи та при складанні заліку (у тому числі з використанням мобільних пристроїв). У разі виявлення ознак академічної недоброчесності робота аспіранта не зараховується.

*За погодженням з керівником курсу та керівником аспірантури навчання може відбуватись в дистанційному форматі. При цьому для ефективної дистанційної роботи підключення має здійснюватися з ЕОМ з мікрофоном та веб-камерою. Рекомендовано також мати два монітори для більш зручної роботи.*

*Відвідування лекційних занять є рекомендованим, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, які необхідні для виконання індивідуального завдання і при роботі на практичних заняттях.*

*Відвідування практичних занять є обов'язковим. На цих заняттях аспіранти опановують методики розрахунків з використанням відповідних чисельних методів. У разі відсутності аспіранта на практикумі, у тому числі за станом здоров'я, йому необхідно пропущене заняття відпрацювати. На одній консультації (2 акад. год.) можна відпрацювати лише один пропущений комп'ютерний практикум. Час проведення консультацій узгоджується з викладачем курсу.*

*На початку курсу також обговорюється тема індивідуального домашнього завдання, яка безпосередньо пов'язана з науковими дослідженнями аспіранта. Звіт з виконаним домашнім індивідуальним завданням захищається на останньому занятті до початку залікового тижня.*

*Написання модульної контрольної роботи є обов'язковим. Якщо аспірант пропустив МКР з поважної причини, наприклад, за станом здоров'я, то за наявності підтверджуючого документа (довідки) він може впродовж тижня написати пропущену контрольну роботу. В іншому випадку МКР не оцінюється. Перескладання контрольної роботи на вищу оцінку є неможливим.*

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

*Поточний контроль: 4 експрес-опитування на лекційних заняттях (до 5 балів максимально).*

*Календарний контроль – модульна контрольна робота, яка проводиться на 10му тижні семестру як моніторинг поточного стану виконання вимог Силабусу (20 балів максимально).*

*Семестровий контроль: залік, на який виносяться одне теоретичне запитання і одна задача, які оцінюються за бальною системою (20 балів максимально).*

*Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за індивідуальне домашнє завдання (24 бали із 40ка максимальних) та зарахування календарного контролю.*

**Відповідність системи оцінювання Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України  
шкалі оцінювання ЄКТС та національній системі оцінювання**

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		для екзамену / заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно
82 – 89	<b>B</b>	добре
74 – 81	<b>C</b>	
64 – 73	<b>D</b>	задовільно
60 – 63	<b>E</b>	
35 – 59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання
0 – 34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

*Більш детальну інформацію щодо компетентностей, результатів навчання, методів навчання, форм оцінювання, самостійної роботи наведено у робочій програмі навчальної дисципліни, див. сайт Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України.*

*Силабус ухвалено на засіданні Науково -методичної ради Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України « 9 » липня 2024 р., протокол № 6*

*Силабус затверджено на засіданні Вченої ради Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України « 16 » липня 2024 р., протокол № 8*