

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

Навчально - науковий інститут автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки

Затверджено
Валерій СОРОКА
2023-02-07 10:18:00.052

04-01-92S

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

SYLLABUS

Чисельні методи математичної фізики		Numerical Methods of Mathematical Physics	
Шифр за ОП	OK27	Code in Degree Programme	
Освітній рівень: бакалаврський (перший)		Level of Education: Bachelor's (first)	
Галузь знань Математика і статистика	11	Fields of Knowledge: Mathematics and Statistics	
Спеціальність: Прикладна математика	113	Field of Study: Applied Mathematics	
Освітня програма: Прикладна математика		Degree Programme: Applied Mathematics	

Рівне – 2023

Силабус навчальної дисципліни **Чисельні методи математичної фізики** для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою **Прикладна математика** спеціальності **113 Прикладна математика**. Рівне. НУВГП. 2023. 13 стор.

ОПП на сайті університету:

http://ep3.nuwm.edu.ua/22960/1/ОПП_Прикладна%20математика_2021.pdf

Розробник силабусу: Остапчук Оксана Петрівна, к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики

Силабус схвалений на засіданні кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики

Протокол № 10 від « 25 » січня 2023 року

Завідувач кафедри: Турбал Юрій Васильович, д.т.н., професор

Керівник (гарант) освітньої програми: Прищеп Оксана Володимирівна, к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІ автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки

Протокол № 3 від « 31 » січня 2023 року

Голова науково-методичної ради з якості ННІ: Мартинюк Петро Миколайович, д.т.н., професор, директор ННІ автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки

© Остапчук О. П., 2023

© НУВГП, 2023

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ	
Ступінь вищої освіти	<i>бакалавр</i>
Освітня програма	<i>Прикладна математика</i>
Спеціальність	<i>113 Прикладна математика</i>
Рік навчання, семестр	<i>3-й рік навчання; 6-й семестр</i>
Кількість кредитів	<i>5</i>
Лекції:	<i>30 год.</i>
Лабораторні заняття:	<i>30 год.</i>
Самостійна робота:	<i>90 год.</i>
Курсова робота:	<i>-</i>
Форма навчання	<i>денна</i>
Форма підсумкового контролю	<i>екзамен</i>
Мова викладання	<i>українська</i>
ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧІВ	
ПРОФАЙЛ ЛЕКТОРА	

<p>Лектор</p> 	<p><i>Остапчук Оксана Петрівна, к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики</i></p>
<p>Вікіситет</p>	<p>http://wiki.nuwm.edu.ua/index.php/Остапчук_Оксана_Петрівна</p>
<p>ORCID</p>	<p>https://orcid.org/0000-0003-0543-2884</p>
<p>Як комунікувати</p>	<p>o.p.ostapchuk@nuwm.edu.ua</p>

Інформація про освітню компоненту
Анотація навчальної дисципліни, в т.ч. мета та цілі
<p><i>Програма нормативної навчальної дисципліни «Чисельні методи математичної фізики» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра спеціальності «Прикладна математика». Предметом вивчення навчальної дисципліни є чисельні методи розв'язання крайових задач для диференціальних рівнянь в частинних похідних.</i></p> <p><i>Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна є складовою частиною блоку фахової підготовки та відноситься до навчальних дисциплін циклу професійної підготовки студентів за спеціальністю «Прикладна математика». Вивчення курсу передбачає наявність систематичних та ґрунтовних знань із курсів – «Рівняння математичної фізики», «Програмування», «Функціональний аналіз» та є базою для вивчення таких дисциплін як «Математичне моделювання», «Математичне моделювання природних і техногенних систем».</i></p> <p><i>Розв'язування багатьох інженерно-технічних і наукових задач зводиться до розв'язування крайових задач для диференціальних рівнянь в частинних похідних, зокрема – для рівнянь математичної фізики. Тому існує необхідність у застосуванні чисельних методів розв'язання відповідних задач. Отримання навиків застосування цих методів на практиці – є ключовим завданням дисципліни "Чисельні методи математичної фізики". Під час вивчення даної дисципліни студенти здобудуть знання, які допоможуть застосовувати сучасні розробки в напрямку моделювання процесів та систем, що застосовуються в різних сферах діяльності.</i></p>

Мета: формування у студентів теоретичних і практичних навиків розв'язування крайових задач математичної фізики чисельними методами з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки.

Цілі: вивчити методикою і прийоми побудови різницевих схем для основних типів крайових задач математичної фізики; оволодіти методикою варіаційно-різницевих методів розв'язання крайових задач математичної фізики та методу скінчених елементів; вміти застосовувати сучасні пакети прикладних програм та системи програмування для розв'язування крайових задач математичної фізики; вміти адекватно інтерпретувати результати чисельних розв'язків крайових задач.

Посилання на розміщення освітнього компонента на навчальній платформі Moodle

<https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2867>

Компетентності

ЗК01. Здатність учитися і оволодівати сучасними знаннями.
ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК05. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
ЗК08. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК10. Навички у використанні інформаційних і комунікаційних технологій.
ФК02. Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі.
ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проєктування, керування, прогнозування, прийняття рішень.
ФК06. Здатність розв'язувати професійні задачі за допомогою комп'ютерної техніки, комп'ютерних мереж та Інтернету, в середовищі сучасних операційних систем, з використанням стандартних офісних додатків.
ФК09. Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.
ФК12. Здатність до пошуку, систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного й закордонного досвіду, пов'язаного із застосуванням математичних методів для дослідження різноманітних процесів, явищ та систем.
ФК14. Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.
ФК17. Здатність проводити дослідження процесів стосовно задач водного господарства та природокористування з використанням математичних методів, моделей, програмного забезпечення з можливістю проводити інтерпретацію отриманих результатів.

Програмні результати навчання

PH01. Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.

PH02. Володіти основними положеннями та методами математичного, комплексного та функціонального аналізу, лінійної алгебри та теорії чисел, аналітичної геометрії, теорії диференціальних рівнянь, зокрема рівнянь у частинних похідних, теорії ймовірностей, математичної статистики та випадкових процесів, чисельними методами.

PH03. Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.

PH05. Уміти розробляти та використовувати на практиці алгоритми, пов'язані з апроксимацією функціональних залежностей, чисельним диференціюванням та інтегруванням, розв'язанням систем алгебраїчних, диференціальних та інтегральних рівнянь, розв'язанням крайових задач, пошуком оптимальних рішень.

PH09. Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач.

PH13. Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної математики.

Перелік соціальних, «м'яких» навичок (soft skills)

Відкритість, взаємодія з людьми, вміння працювати в команді, здатність до навчання, здатність логічно обґрунтовувати позицію, знаходити вихід з складних ситуацій, знаходити час на відпочинок, комунікаційні якості, навички міжособистісних відносин, навички усного спілкування, саморозвиток, творчі здібності, чесність.

Форми та методи навчання

Лекції, демонстрація, навчальна дискусія, дебати, презентації, міні-лекції, ситуаційні дослідження, робота в малих групах та інше.

Структура та зміст освітньої компоненти

Лекцій 30 год

Лабор. роб. 30 год

Самост. роб. 90 год

ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

Змістовий модуль № 1. Розв'язування крайових задач для рівнянь еліптичного та параболічного типів

Вступ (2 год.)

Предмет курсу. Комп'ютерні технології. Методи розв'язування крайових задач математичної фізики. Класифікація чисельних методів.

Тема № 1. Основи методу скінченних різниць (сіток) (2 год.)

Основні поняття з теорії різницевої схеми: апроксимація, стійкість, збіжність різницевої схеми.

Тема № 2. Побудова різницевої схеми (2 год.)

Методи побудови різницевої схеми. Елементи стійкості різницевої схеми: принцип максимуму, спектральний метод, метод енергетичних нерівностей. Стійкість двох та трьохшарових різницевої схеми.

Тема № 3. Різницевий метод розв'язування крайових задач для рівняння еліптичного типу (2 год.)

Різницева схема задачі Діріхле для рівнянь Лапласа та Пуассона. Чисельні методи розв'язування різницевої схеми (Лібмана, Гауса-Зейделя, послідовної верхньої релаксації).

Тема № 4. Чисельне розв'язування змішаних крайових задач для рівнянь параболічного типу (2 год.)

Постановка задачі. Чисельне розв'язування змішаної крайової задачі для рівняння теплопровідності. Явна, неявна різницевої схеми. Стійкість різницевої схеми.

Тема № 5. Різні сімейства різницевої схеми для рівняння теплопровідності (4 год.)

Різницевої схеми для рівняння теплопровідності із змінними коефіцієнтами. Різницевої схеми для нелінійного рівняння теплопровідності.

Тема № 6. Монотонні різницевої схеми для рівнянь параболічного типу, що містять перші похідні (2 год.)

Монотонна різницева схема для звичайного диференціального рівняння другого порядку, що містить першу похідну. Монотонна різницева схема для параболічного рівняння.

Змістовий модуль № 2. Розв'язування багатовимірних крайових задач

Тема № 7. Інтегро-інтерполяційний метод побудови різницевої схеми (2 год.)

Методи побудови різницевої схеми. Приклади побудови різницевої схеми інтегро-інтерполяційним методом.

Тема № 8. Різницевий метод розв'язування змішаних крайових задач для рівнянь гіперболічного типу (2 год.)

Постановка задачі. Апроксимація задачі коливання. Побудова явної різницевої схеми крайової задачі для рівняння гіперболічного типу. Стійкість різницевої схеми.

Тема № 9. Різницевої методи чисельного розв'язання багатовимірних задач математичної фізики (2 год.)

Різницева апроксимація багатовимірної задачі. Різницева схема з вагами для двовимірного рівняння теплопровідності. Явна та неявна різницевої схеми, їх стійкість.

Тема № 10. Економічні методи розв'язання крайових задач математичної фізики (4 год.)

Економічні методи розв'язання першої крайової задачі для двовимірного рівняння теплопровідності. Канонічний вигляд двохшарових різницевої схеми. Повздовжньо-поперечна різницева схема. Стійкість повздовжньо-поперечної різницевої схеми. Локально-одновимірна схема О.А.Самарського. Сумарна апроксимація схеми.

Тема № 11. Основи методу скінченних елементів (4 год.)

Основна концепція методу скінченних елементів. Переваги і недоліки методу. Математичні основи методу скінченних елементів. Кусково-визначені базисні функції. Поняття скінченого елемента.

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

Змістовий модуль № 1

Чисельне розв'язання задачі Діріхле для рівняння Пуассона.

Чисельне розв'язування змішаної крайової задачі для рівняння теплопровідності. Явна різницева схема.

Чисельне розв'язування змішаної крайової задачі для рівняння теплопровідності. Неявна різницева схема.

Числовий метод розв'язання крайових задач для рівняння теплопровідності зі змінними коефіцієнтами.

Монотонна різницева схема для рівняння параболічного типу.

Модульний контроль № 1.

Змістовий модуль № 2

Інтегро-інтерполяційний метод побудови різницевих схем.

Різницевий метод розв'язування крайових задач для рівняння гіперболічного типу.

Різницевий метод розв'язування багатовимірних нестационарних задач для рівняння теплопровідності. Явна різницева схема.

Економічні методи розв'язування багатовимірних нестационарних задач математичної фізики.

Різницева схема Пісьмена-Речфорда.

Економічні методи розв'язування багатовимірних нестационарних задач математичної фізики.

Локально-одновимірні схеми Самарського.

Розв'язування задачі Діріхле для рівняння Лапласа методом скінченних елементів.

Модульний контроль № 2.

Порядок та критерії оцінювання

Оцінювання знань студентів відбувається згідно положення **Система оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти (семестровий поточний та підсумковий контроль) зі змінами та доповненнями (2021 р.)** <http://ep3.nuwm.edu.ua/21123/>, яке передбачає перевірку знань студентів під час захисту лабораторних робіт та проведення проміжного контролю у вигляді тестування у навчальній системі Moodle.

Розподіл балів:

Змістовий модуль № 1

Лабораторні роботи – 25 балів

Модульний контроль – 20 балів

Змістовий модуль № 2

Лабораторні роботи – 35 балів

Модульний контроль – 20 балів

Всього:

100 балів

Таблиця формування білету тестового завдання проміжного модульного контролю № 1

Рівень	Загальна	Кількість	Макс. оцінка

складності	к-сть завдань в базі	завдань в білеті	завдань (бали)	
			за одне	загальна
1	105	20	0,5	10
2	33	9	0,8	7,2
3	29	1	2,8	2,8
	167	30		20

Таблиця формування білету тестового завдання проміжного модульного контролю № 2

Рівень складності	Загальна к-сть завдань в базі	Кількість завдань в білеті	Макс. оцінка завдань (бали)	
			за одне	загальна
1	101	15	0,7	10,5
2	29	7	1	7
3	14	1	2,5	2,5
	144	23		20

Додаткові бали (при умові, що загальна сума поточного оцінювання не перевищує 60 балів) студенти можуть отримати за виконання спеціальних завдань, що узгоджуються з викладачем (не більше, ніж 10 балів), зокрема, за підготовку тез на наукову конференцію за тематикою навчальної дисципліни; за участь з доповіддю на конференції; за наукову статтю, за участь в олімпіадах чи конкурсах.

Загальна оцінка курсу розраховується як арифметична сума набраних балів (не більше, ніж 100) за всі види навчальних та додаткових завдань.

Шкала загальної оцінки курсу

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою для екзамену
90–100	відмінно
82–89	добре
74–81	
64–73	задовільно
60–63	
0–59	незадовільно

Поєднання навчання та досліджень

Студенти можуть додатково виконувати індивідуальні завдання у вигляді досліджень; бути долученими до написання та опублікування наукових статей; приймати участь у науково-практичних конференціях, наукових конкурсах.

Здобувачі вищої освіти можуть долучатися до виконання кафедральних науково-дослідних тем, а також тем, що фінансуються з державного бюджету.

Інформаційні ресурси

1. Godunov S.K., Ryabenkii V.S. *Difference Schemes: An Introduction to the Underlying Theory*. Elsevier Science, Amsterdam, 1987.
2. Lyashko I.I., Makarov V.L., Skorobogatko A.A. *The method of calculations*. Kyiv, 1977. 408 p.
3. Samarskii Alexander A. *The Theory of Difference Schemes*. Marcel Dekker, 2001. 761 p.
4. Samarskii, A. A. and Vabishchevich, Petr N.. *Numerical Methods for Solving Inverse Problems of Mathematical Physics*, Berlin, New York: De Gruyter, 2007.
5. Гаврилук І.П., Макаров В.Л. *Методи обчислень*. Київ: Вища школа, 1995, ч.1, ч.2 .
6. Григоренко Я. М., Панкратова Н. Д. *Обчислювальні методи в задачах прикладної математики: навч. посібник*. Київ: «Либідь», 1995. 280 с.
7. Данилович В., Кутнів М. *Чисельні методи*. Львів: Кальварія, 1998.
8. Савула Я. Г. *Числовий аналіз задач математичної фізики варіаційними методами*. Львів: ЛНУ ім. І.Франка, 2004. 221 с.
9. Фельдман. Л. П., Петренко А. І., Дмитрієва О. А. *Чисельні методи в інформатиці*. Київ, 2006. 480 с.
10. Шахно С. М., Дудикевич А. Т., Левицька С. М. *Практикум з чисельних методів: навч. посібник*. Л.: ЛНУ ім. І. Франка, 2013. 431 с.
11. Національна бібліотека ім. В. І. Вернадського. Електронний ресурс: <http://www.nbuv.gov.ua/>
12. Обласна наукова бібліотека (м. Рівне, майдан Короленка, 6). Електронний ресурс]: <http://www.lib.rv.ua/>
13. Наукова бібліотека НУВГП (м. Рівне, вул. Олекси Новака, 75) / Електронний ресурс: <https://lib.nuwm.edu.ua/>

Дедлайни та перескладання

Ліквідація академічної заборгованості здійснюється згідно «Порядку ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП», <http://ep3.nuwm.edu.ua/4273/>. Згідно цього документу і реалізується право студента на повторне вивчення дисципліни чи повторне навчання на курсі.

Дедлайни лабораторних робіт визначені у Moodle із врахуванням розкладу проведення пар. Оцінювання результатів виконаних завдань відбувається наприкінці заняття. У випадку відсутності студента з поважних причин завдання студент виконує самостійно або на консультації.

Дата проведення модульних контролів відображається у календарі сторінки дисципліни на платформі Moodle. Перездача модульних контролів, пропущених з поважних причин, здійснюється згідно графіку, розміщеному навчально-науковим центром незалежного оцінювання (ННЦНО) на головній сторінці системи Moodle.

Підсумковий модульний контроль проводиться ННЦНО згідно розкладу екзаменів.

Неформальна та інформальна освіта

Студенти мають можливість визнання (перезарахування) результатів навчання, набутих у неформальній та інформальній освіті згідно «Положення про неформальну та інформальну освіту НУВГП» <http://ep3.nuwm.edu.ua/18660/>. Також студенти можуть самостійно опановувати матеріал на платформах Prometheus, Coursera та інших для перезарахування результатів навчання. При цьому важливо, щоб знання та навички, що формуються під час проходження певного онлайн-курсу чи його частин, мали зв'язок з очікуваними навчальними результатами даної освітньої компоненти та перевірялись в підсумковому оцінюванні.

Практики, працівники бізнесу, залучені до викладання

-

Правила академічної доброчесності

Студенти повинні самостійно виконувати завдання лабораторних робіт. Кожен студент несе індивідуальну відповідальність за виконання поставлених перед ним завдань.

Студентам рекомендується вивчати довідкову літературу та мережу Інтернет. Студенти, які порушують Кодекс честі студентів, не отримують бали за це завдання, а в разі грубих порушень, курс не буде їм зараховано, студенти будуть направлені на повторне вивчення.

Студент зобов'язаний дотримуватися Кодексу честі студентів <http://ep3.nuwm.edu.ua/4917>, у свою чергу, викладач – Кодексу честі наукових, науково-педагогічних і педагогічних працівників НУВГП <http://ep3.nuwm.edu.ua/4916/>.

Дотримання академічної доброчесності регламентується Положенням про виявлення та запобігання академічного плагіату в Національному університеті водного господарства та природокористування (нова редакція) <http://ep3.nuwm.edu.ua/10325/>.

Додаткова інформація розміщена на головній сторінці НУВГП за посиланням Якість освіти ⇒ Академічна доброчесність <http://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-dobrochesnistj>.

У разі виявлення академічної недоброчесності зі сторони студента під час виконання лабораторних робіт, бали не зараховуються, а студенту видається нове завдання.

За списування під час проведення модульного контролю чи підсумкового контролю, студент позбавляється подальшого права здавати тестування і отримує академічну заборгованість.

Вимоги до відвідування

Студент зобов'язаний відвідувати лекції і лабораторні роботи (під час карантину заняття проводяться онлайн з використанням додатку Google Meet згідно розкладу).

У разі пропуску занять з поважних причин (лікарняні, мобільність, т.ін.) студент самостійно опрацьовує матеріал

лекцій, розміщений у навчальній системі Moodle, і виконує лабораторні роботи. При потребі студент може звернутися за консультацією до викладача відповідно до графіку консультацій або за допомогою корпоративної електронної пошти. У разі пропуску занять з поважних причин бали за виконання лабораторних робіт не знижуються.

Студент має право оформити індивідуальний графік навчання згідно Положення про індивідуальний графік навчання студентів денної форми навчання Національного університету водного господарства та природокористування <http://ep3.nuwm.edu.ua/6226/>

Оновлення

Оновлення дисципліни відбувається кожного року з урахуванням побажання студентів, рекомендації науковців та зміни нормативно-правової бази і положень НУВГП. Також до уваги береться інформація, отримана шляхом анонімного анкетування студентів, що проводить ННЦНО НУВГП.

Академічна мобільність. Інтернаціоналізація

Процедура визнання результатів навчання (зарахування результатів навчання, виведення академічної різниці тощо) проходить в деканаті. Питання визнання результатів навчання, отриманих в інших ЗВО, регулюється для всіх здобувачів вищої освіти НУВГП, в т.ч. іноземних, «Положенням про організацію освітнього процесу в НУВГП» (<http://nuwm.edu.ua/osvita/normativni-dokumenti>) <http://ep3.nuwm.edu.ua/4088/>), «Положенням про академічну мобільність учасників освітнього процесу в НУВГП» (<http://ep3.nuwm.edu.ua/4398/>) та «Положенням про порядок перезахування результатів навчання у НУВГП» <http://ep3.nuwm.edu.ua/19458/>. Порядок ліквідації академічної різниці під час участі в програмах академічної мобільності та виконання індивідуального навчального плану регулюється «Порядком ліквідації академічних заборгованостей у НУВГП» <http://ep3.nuwm.edu.ua/4273/>

Студенти можуть отримати доступ до наступних міжнародних навчальних платформ:

- Coursera <https://www.coursera.org/>
- EdX-платформа <https://www.edx.org/>

Електронні бібліотеки:

<http://lib.nuwm.edu.ua/index.php/korisni-posilannya/elektronni-biblioteki>

Електронний каталог:

<http://nuwm.edu.ua/MySql/>

Доступ до електронних ресурсів та сервісів:

<http://lib.nuwm.edu.ua/index.php/biblioteka/novini/item/516-mozhlyvosti-dostupu-do-resursiv-i-servisiv>

Лектор
Петрівна, к.т.н., доцент

Останчук Оксана

Автор
Доцент

Оксана ОСТАПЧУК



документ підписаний КЕП
Номер документа СИЛ №53 від 2023-02-07 10:18:00.052
Підписувач Сорока Валерій Степанович
Підписувач (дані КЕП): СОРОКА ВАЛЕРІЙ СТЕПАНОВИЧ
Сертифікат 2B6C7DF9A3891DA1040000003947CE001A498F03
Дійсний з 05.08.2022 15:21 до 05.08.2023 23:59