

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра прикладної математики

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Декан факультету  
математики і інформатики

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ

“ 29 ” серпня 2024 р.



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Сучасні методи і підходи прикладної математики**

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ третій (освітньо-науковий) рівень \_\_\_\_\_

галузь знань \_\_\_\_\_ 11 – Математика та статистика \_\_\_\_\_

спеціальність \_\_\_\_\_ 113 Прикладна математика \_\_\_\_\_

освітня програма \_\_\_\_\_ Прикладна математика \_\_\_\_\_

спеціалізація \_\_\_\_\_

вид дисципліни \_\_\_\_\_ обов'язкова \_\_\_\_\_

факультет \_\_\_\_\_ математики і інформатики \_\_\_\_\_

2024 / 2025 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету математики і інформатики

“27” серпня 2024 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: **Кізілова Наталія Миколаївна**, доктор фіз.-мат. наук, професор, професор закладу вищої освіти кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної математики  
Протокол від “26” серпня 2024 року № 8

Завідувач кафедри прикладної математики



Валерій КОРОБОВ

Програму погоджено з гарантом  
освітньо-наукової програми «Прикладна математика»

Гарант освітньо-наукової програми «Прикладна математика»

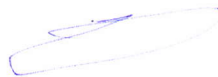


Наталія КІЗІЛОВА

Програму погоджено науково-методичною комісією  
факультету математики і інформатики

Протокол від “27” серпня 2024 року № 1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики



Євген МЕНЯЙЛОВ

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Сучасні методи і підходи прикладної математики» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії спеціальності 113 - Прикладна математика спеціалізації \_\_\_\_\_

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни «Сучасні методи і підходи прикладної математики» є надання теоретичних знань і практичних навичок у формулюванні і розв'язанні різних типів прикладних задач, які виникають у різноманітних галузях виробництва, науки і сучасних технологіях.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни «Сучасні методи і підходи прикладної математики» є вивчення аспірантами основних типів прикладних задач і граничних умов, математичних формулювань задач в операторному вигляді, напіваналітичних і чисельних методів розв'язання прикладних, методів аналізу і візуалізації результатів аналітичних і чисельних розв'язків для подальшого практичного використання у відповідних галузях науки, виробництва, сільського господарства і сучасних технологіях і біотехнологіях.

1.2.1. Формування наступних інтегральної та загальних компетентностей:

ІК1. Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності у сфері прикладної математики, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, володіння системним науковим світоглядом, професійною етикою та загальним культурним кругозором.

ЗК4. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

1.2.2. Формування наступних фахових компетентностей:

ФК1. Знання та розуміння фундаментальних математичних теорій та здатність використовувати їх у теоретичних дослідженнях та при розв'язанні прикладних задач.

ФК2. Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у галузі прикладної математики.

ФК3. Здатність формулювати та доводити нові теоретичні твердження та досліджувати можливості їх застосування для розв'язання теоретичних та прикладних задач.

ФК4. Здатність створювати нові математичні моделі систем і процесів, удосконалювати і узагальнювати їх на основі аналізу відповідних даних.

ФК6. Здатність орієнтуватися в нових наукових напрямках в галузі прикладної математики, новітніх розробках і досягненнях.

1.3. Кількість кредитів 6

1.4. Загальна кількість годин 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	

Семестр	
2-й	
Лекції	
32 год.	
Практичні, семінарські заняття	
16 год.	
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
132 год.	
у тому числі індивідуальні завдання	

### 1.6. Заплановані результати навчання

Аспіранти повинні досягти таких результатів навчання:

**Знати:**

- основні типи задач прикладної математики і математичних методів їх розв'язання;
- принципи математичного моделювання фізичних систем;
- чисельні методи, алгоритми і програмний код для комп'ютерного моделювання динамічних систем;
- моделі і методи статистичного аналізу даних;
- сучасні комп'ютерні методи візуалізації і презентації результатів.

**Вміти:**

- формулювати і перевіряти гіпотези на основі результатів застосування класичних і сучасних методів статистичного аналізу;
- зводити прикладну задачу до відповідної системи диференціальних рівнянь і знаходити розв'язок системи напіваналітичними або чисельними методами;
- проводити моделювання методом динаміки частинок;
- використати сучасні пакети програм для візуалізації і наочного представлення результаті моделювання;
- проводити наукові дослідження прикладних проблем з різних галузей.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі освіти мають досягти таких *програмних результатів навчання*:

РН1. Демонструвати системність наукового світогляду та загального культурного кругозору, дотримуватись професійної етики.

РН3. Знати та критично оцінювати теорії, положення та концептуальні підходи до вирішення комплексних наукових і практичних завдань.

РН4. Вміти здійснювати науково-технічний пошук у сучасних джерелах інформації, аналізувати і співвідносити результати з різних джерел, орієнтуватися у новітніх наукових напрямках і їх застосуваннях.

РН5. Володіти основними положеннями та методами фундаментальних математичних теорій та вміти застосовувати їх для розв'язання теоретичних і прикладних задач.

РН6. Вміти розробляти і вдосконалювати алгоритми, реалізовувати їх за допомогою відповідного програмного забезпечення і аналізувати отримані результати.

РН7. Вміти ставити нові проблеми, формулювати та доводити нові теоретичні твердження та досліджувати можливості їх застосування для розв'язання теоретичних та прикладних задач.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

## **Розділ 1. Математичні основи моделювання фізичних систем.**

**Тема 1.** Типи задач прикладної математики і відповідні математичні моделі. Задачі індустріальної і фінансової математики. Логістика. Задачі фізики, біофізики і фізичної хімії. Класи задач, системи рівнянь і крайові умови.

**Тема 2.** Основні математичні методи розв'язання задач і аналізу їх властивостей. Аналітичні, напіваналітичні, асимптотичні методи. Чисельні методи. Методи прямого моделювання.

**Тема 3.** Статистичний аналіз даних і формулювання гіпотез.

Аналіз загальної статистики. Дискримінантний, кореляційний, кластерний аналіз. Методи розпізнавання і класифікації. Спектральний, фрактальний і вейвлет-аналіз.

**Тема 4.** Методи молекулярної динаміки і молекулярних ґраток.

Теорія, алгоритми, програмний код і приклади використання методу динаміки частинок (молекулярної динаміки) для розв'язання різних типів прикладних задач.

## **Розділ 2. Прикладні задачі в сучасних технологіях.**

**Тема 5.** Індустріальна математика і задачі оптимізації.

Основні визначення, статистичні дані, аналіз закономірностей, математичні моделі, задачі оптимізації на мережах.

**Тема 6.** Математичні моделі в біології і медицині.

Моделі біологічних структур як динамічних систем. Моделі оптимального керування процесом лікування захворювання. Обробка даних. Часові ряди. Медичні зображення. Цифрові близнюки і штучний інтелект в біології і медицині.

**Тема 7.** Математична епідеміологія

Історія та еволюція математичних методів і моделей. Пандемія covid-19. Аналіз часових рядів. Кореляційний і кластерний аналіз. Детерміністичні і ймовірнісні моделі.

**Тема 8.** Математичні моделі в геофізиці і екології.

Аналіз геофізичної і екологічної інформації. Математичні моделі перенесення забруднень в повітрі, поверхневих і підземних водах, і в ґрунтах. Моделі теорії ігор. Штучний інтелект.

**Тема 9.** Математичні моделі і цифрові технології в сучасних прикладних дослідженнях.

Моделі мікро- і нанофлюїдики. Лабораторії на чипі. Цифрові близнюки/цифрові тіні. Глибоке машинне навчання в сучасних прикладних науках.

## **3. Структура навчальної дисципліни**

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
л		п	л а б.	інд.	с. р.	л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1. Математичні основи моделювання фізичних систем</b>												
Тема 1. Типи задач прикладної математики і відповідні математичні моделі	19	4	1			14						
Тема 2. Основні математичні	20	4	2			14						

методи розв'язання задач і аналізу їх властивостей													
Тема 3. Статистичний аналіз даних і формулювання гіпотез	19	4	2			13							
Тема 4. Стохастичні моделі у моделюванні	18	4	1			13							
Тема 5. Методи оптимізації	19	4	2			13							
Разом за розділом 1	95	20	8			67							
<b>Розділ 2. Моделювання у різних галузях наук і технологіях</b>													
Тема 6. Індустріальна математика і задачі оптимізації	20	3	2			15							
Тема 7. Математична епідеміологія	22	3	2			17							
Тема 8. Математичні моделі в геофізиці і екології	21	3	2			16							
Тема 9. Математичні моделі і цифрові технології в сучасних прикладних дослідженнях	22	3	2			17							
Разом за розділом 2	85	12	8			65							
<b>Усього годин</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	<b>16</b>			<b>132</b>							

#### 4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Задачі прикладної математики і відповідні математичні моделі	2
2	Використання аналітичних перетворень і чисельних методів розв'язання систем алгебраїчних і диференціальних рівнянь	2
3	Використання класичних і сучасних методів статистичного аналізу даних	2
4	Метод динаміки частинок і його програмні реалізації.	2
5	Візуалізація динамічних процесів в фізичних системах	2
6	Задачі математичної епідеміології	2
7	Моделювання динаміки складних біофізичних систем	2
8	Організація наукових досліджень в міждисциплінарних науках	2
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
Опанування літератури і виконання завдань з таких тем:		
1	Задачі багатокритеріальної оптимізації динамічних систем	27
2	Моделювання динаміки пандемії covid-19	27
3	Статистичний аналіз даних і моделювання біологічних систем	26
4	Статистичний аналіз даних і моделювання екологічних систем	26
5	Статистичний аналіз даних і моделювання нанорозмірних систем	26
	Разом	132

## 6. Індивідуальні завдання (не передбачені навчальним планом)

### 7. Методи навчання

Використовуються пояснювально-ілюстративний, частково-пошуковий і дослідницький методи роботи методи. Аспіранти опановують значну частину теоретичного матеріалу шляхом самостійного розв'язання прикладних задач з різних галузей сучасної науки. Протягом семестру виконується індивідуальний заліковий проект, тема якого близька до теми дисертації, а результати якого підсумовують усі теми курсу.

Перед початком першої лекції викладач знайомить здобувачів вищої освіти третього рівня з методами, критеріями оцінювання і правилами визнання результатів навчання, а також розповідає про засоби постійної підтримки прозористі оцінювання. Викладач також інформує аспірантів з механізмами онлайн подання скарг і пропозицій здобувачами, а також попереджає про проведення регулярних опитувань здобувачів (раз на семестр) щодо якості освіти та пропозицій внесення змін у освітню програму та/або робочі програми навчальних дисциплін з метою удосконалення і підвищення якості отримання теоретичних знань та практичних навичок у відповідності із сучасними тенденціями розвитку прикладної математики.

### 8. Методи контролю

Викладач стежить за тим, щоб кожен здобувач здобув необхідні компетентності в галузях, що входять до тем занять. Засвоєння теми (поточний контроль) контролюється на практичному занятті відповідно до конкретної теми з переліку.

Конкретні методи контролю:

1. Онлайн дискусія за матеріалами кожної лекції (в обсязі 25-30% від часу лекції), список питань для обговорення надається наприкінці кожної лекції.
2. Стисле опитування за матеріалами попередньої лекції.
3. Перевірка виконання домашніх завдань.
4. Виконання практичних завдань на відкритих онлайн-дошках.
5. Проведення іспиту.

Протягом вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти мають неухильно дотримуватися вимог академічної доброчесності. Екзаменаційну роботу здобувачі освіти виконують індивідуально. Під час виконання завдань самостійної роботи вони можуть консультуватися з викладачами та з іншими аспірантами, але, як правило, повинні виконувати завдання самостійно, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела, якими здобувач користується при виконанні завдань, повинні бути чітко визначені та оформлені згідно з існуючими правилами і стандартами. У разі спільної роботи з іншими здобувачами освіти над виконанням завдань аспірант повинен зазначати ступінь їх залученості до роботи.

## 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Іспит	Сума
Розділ 1 Т1-Т5	Розділ 2 Т6-Т9	Завдання семестрового проєкту	Разом		
15	15	30	60	40	100

Для допуску до складання підсумкового контролю (екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 10 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю і самостійної роботи.

### Критерії оцінювання навчальних досягнень

Поточний контроль відбувається шляхом стислого опитування студентів і виконання практичних завдань, за що нараховуються бали, максимальна кількість яких складає 30.

Практичні завдання, які надаються студентам, у сукупності складають семестровий проєкт. Студентам надається прикладна задача з обраної галузі, яка входить до тем лекцій. Протягом семестру необхідно запропонувати математичну модель, сформулювати і розв'язати відповідну систему рівнянь або задачу оптимізації.

За семестровий проєкт можна отримати до 30 балів за такими критеріями:

0-7 балів – Було проведено аналіз завдання та запропоновано математичну модель прикладної задачі, однак практичної реалізації результату отримано не було.

8-15 балів – Було проведено аналіз завдання та запропоновано математичну модель прикладної задачі. Був використаний метод розв'язання задачі (напіваналітичний або чисельний).

16-24 балів – Було проведено аналіз завдання, статистичний аналіз даних для прикладної задачі, на базі чого була запропонована математична модель задачі і був розроблений програмний код для проведення розрахунків. Код був протестований на спрощеній постановці задачі.

25-30 балів – Було проведено аналіз завдання, статистичний аналіз даних для прикладної задачі, на базі чого були запропоновані кілька (2-3) математичних моделей задачі і був розроблений програмний код для проведення розрахунків. Код був протестований на спрощеній постановці задачі і використаний для розв'язання прикладної задачі з різними параметрами.

Іспит передбачає письмову відповідь на два теоретичних питання зі списку, який надається здобувачам освіти заздалегідь. Зміст питань білетів затверджується на засіданні кафедри.

Кожне теоретичне завдання оцінюється максимально 20 балами за такими критеріями:

- максимальний бал у разі правильно обґрунтованої відповіді;
- за незначні помилки оцінка зменшується на 10-30 відсотків;
- за значні логічні помилки оцінка зменшується до 40-60 відсотків, якщо хід міркувань в цілому правильний;
- за суттєві помилки оцінка зменшується до 70-90 відсотків,
- якщо відповідь не відповідає жодному з критеріїв – виставляється 0 балів.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної	Оцінка
-----------------------------------	--------



діяльності протягом семестру	
90 – 100	відмінно
70-89	добре
50-69	задовільно
1-49	незадовільно

## 10. Рекомендована література

### Основна література

1. Кізілова Н.М. Метод динаміки частинок в математичному моделюванні динамічних систем. Методичні рекомендації для студентів другого курсу другого (магістерського) рівню вищої освіти зі спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н.Каразіна. - 2023. - 108с.
2. Кізілова Н.М. Метод скінченних елементів в розв’язанні прикладних задач механіки рідини з AnSys Rluent 2021R1. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. 2021. – 80 с.
3. Kizilova N.N. “Applied problems of microfluidics and nanofluidics.” Методичні рекомендації до практичних занять з курсу «Наномеханіка та сучасні нанотехнології» для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. - 2020. - 36с.
4. Кізілова Н.М. «Прикладні задачі сучасної мікрофлюїдики і нанофлюїдики.» Методичні рекомендації до практичних занять з курсу «Наномеханіка та сучасні нанотехнології» для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. - 2020. - 36с.
5. Kizilova N.N., Solovjova H.N. “Rheology of materials.” Методичні рекомендації до практичних занять з курсу «Основи реології» для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. - 2020. - 52с.
6. Кізілова Н.М. «Метод скінченних елементів у розв’язанні задач механіки рідини і газу.» Методичні рекомендації до практичних занять та самостійної роботи з курсу «Чисельні методи механіки суцільних середовищ» для студентів спеціальності «Прикладна математика». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. - 2020. - 64с.
7. Кізілова Н.М., Ромашов Ю.В. Розв’язання внутрішніх та зовнішніх задач обтікання. Методичні рекомендації. – Харків. – 2017. – 48 с.
8. Zhang Y. Digital Twin: Architectures, Networks, and Applications. Springer. 2024. Open access <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-51819-5>

### Допоміжна література

1. Meyer E., Overney R.M., Dransfeld K., Gyalog T. Nanoscience. World Scientific Publ., 1998. – 373p.
2. Karniadakis G.E.M., Beskok A. Microflows. Springer Verlag.- 2002. – 340p.
3. Kizilova N. Biomimetic composites reinforced by branched nanofibers. Nanoplasmonics, Nano-Optics, Nanocomposites, and Surface Studies. Springer Proceedings in Physics, Vol.167. O. Fesenko and L. Yatsenko, (Eds.). – 2015. – P. 7–23.
4. Cherevko V., Kizilova N. Complex flows of immiscible microfluids and nanofluids with velocity slip boundary conditions. Nanophysics, Nanomaterials, Interface Studies, and Applications, Springer Proceedings in Physics , vol. 183, O. Fesenko, L. Yatsenko (eds.). – 2017. – P. 207–230.
5. Logan J.D. Applied Mathematics. John Wiley & Sons, Inc. 2013.  
<https://eduguidehome.files.wordpress.com/2019/03/applied-mathematics-by-david-logan-4th-edition.pdf>
6. Mauch S. Introduction to Methods of Applied Mathematics or Advanced Mathematical

Methods for Scientists and Engineers. 2004.

7. [http://www.wright.edu/~chaocheng.huang/lecture/mth4820/text/Caltech\\_applied\\_math.pdf](http://www.wright.edu/~chaocheng.huang/lecture/mth4820/text/Caltech_applied_math.pdf)

### **11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. Examples for Applied Mathematics

<https://www.wolframalpha.com/examples/mathematics/applied-mathematics>

2. WOLFRAM Demonstrations Project in Applied Mathematics

<https://demonstrations.wolfram.com/>

3. PhNET interactive simulations project. University of Colorado <https://phet.colorado.edu/>

4. Virtual Lab project <https://thevirtulab.com/>

5. Applied Mathematics Problems and Solutions

<https://www.mccormick.northwestern.edu/applied-math/research/areas/>