

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА**

Факультет/інститут математики та інформатики

Кафедра диференціальних рівнянь і прикладної математики

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Моделювання нелінійних і динамічних систем

Освітня програма Прикладна математика

Спеціальність F1 Прикладна математика

Галузь знань F Інформаційні технології

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від 26 серпня 2025 р.

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. Рекомендована література

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Моделювання нелінійних і динамічних систем
Викладач (-і)	д. ф.-м. н., професор Дмитришин М.І.
Контактний телефон викладача	(0342)596027
E-mail викладача	marian.dmytryshyn@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	Очний
Обсяг дисципліни	3 кредити ECTS
Посилання на сайт дистанційного навчання	d-learn.pnu.edu.ua
Консультації	Очні консультації: згідно з розкладом консультацій
2. Анотація до курсу	
<p>Курс «Моделювання нелінійних і динамічних систем» присвячений вивченню теоретичних та практичних аспектів моделювання нелінійних і динамічних систем. Матеріал курсу включає використання методів якісної теорії дослідження розв'язків диференціальних рівнянь, елементи теорії стійкості, методологію дослідження нелінійних динамічних систем, теорію біфуркацій, теорію фракталів та її застосування до дослідження динаміки систем. Розглядаються математичні моделі аналітичної механіки, механіки рідини й газу, динаміки популяцій. Особлива увага приділяється інформаційним технологіям в нелінійному аналізі складних систем, що передбачає використання нейронних мереж, генетичних алгоритмів.</p>	
3. Мета та цілі курсу	
<p>Метою вивчення дисципліни є ознайомлення та оволодіння основними теоретичними положеннями і методами моделювання нелінійних і динамічних систем, уміння створювати, досліджувати й використовувати на практиці математичні моделі динамічних процесів з використанням сучасних методів нелінійної динаміки, враховуючи специфіку систем, оволодіння методологією і технологією математичного комп'ютерного моделювання в процесі дослідження нелінійних і динамічних систем.</p>	
4. Результати навчання (компетентності)	
<p>Результати навчання:</p> <p>РН-5. Уміти розробляти математичні моделі об'єктів і процесів, які досліджуються, використовуючи процедури формального уявлення про систему та результати дослідження реальних природничих та соціально-економічних процесів.</p> <p>РН-7. Володіти методами розробки оптимальних рішень за методами, що використовуються, алгоритмами їх реалізації, обраним інструментальним програмним забезпеченням.</p> <p>Компетентності:</p> <p>ФК-8. Володіння поняттями та методами аналізу випадкових функцій і уміння з їх допомогою створювати, програмно реалізовувати і досліджувати імітаційні моделі природничих та соціально-економічних явищ і систем.</p> <p>ФК-9. Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання, реалізовувати алгоритми моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити експерименти за програмою моделювання з обробкою й аналізом результатів.</p> <p>ФК-10. Здатність опанувати сучасні технології математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти обчислювальні моделі та алгоритми чисельного розв'язання задач математичного моделювання з урахуванням похибок наближеного розв'язування професійних задач.</p> <p>ФК-12 Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або прикладні проекти у сфері інформаційних технологій і прикладної математики.</p>	
5. Організація навчання курсу	
Обсяг курсу - 90 год.	
Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	10
практичні	20
самостійна робота	60

Ознаки курсу					
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий		
1	F1 Прикладна математика	1	Дисципліни вільного вибору студента		
Тематика курсу					
Тема, план	Форма заняття	Літерату ра	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
Тема 1. Загальні положення та визначення. Поняття системи. Поняття моделі. Співвідношення між системою та моделлю. Класифікація моделей. Вимоги до моделей. Основні види моделювання. Декомпозиція систем і простір станів. Формальні методи побудови моделей: кібернетичний підхід, системна динаміка, теоретико-множинний підхід. Принципи побудови моделей. Технологія моделювання.	Лекція, практичне заняття	[1,2,9,11]	Опрацювати лекційний матеріал, підготуватися до практичного заняття	0,1	До наступного заняття за розкладом
Тема 2. Методи аналізу нелінійних систем. Означення та класифікація динамічних систем. Особливі точки динамічних систем. Перший метод Ляпунова. Дослідження стійкості лінійних нестационарних систем. Другий метод Ляпунова. Методи конструювання функцій Ляпунова. Граничні множини динамічних систем.	Лекція, практичне заняття	[1,2,8,9]	Опрацювати лекційний матеріал, підготуватися до практичного заняття	0,1	До наступного заняття за розкладом
Тема 3. Ймовірнісне моделювання. Метод статистичних випробувань. Генератори випадкових чисел. Перевірка послідовностей випадкових чисел. Моделювання випадкових подій та дискретних величин: незалежні випадкові події, група несумісних подій, умовна подія, випадкова дискретна величина, геометричний розподіл, біноміальний розподіл, розподіл Пуассона. Моделювання неперервних випадкових величин: метод оберненої функції, рівномірний розподіл, експоненційний розподіл, пуассонівський потік, нормальний розподіл, логарифмічно-нормальний розподіл, розподіл та потоки	Лекція, практичне заняття	[3,11]	Опрацювати лекційний матеріал, підготуватися до практичного заняття, розв'язати задачі	0,1	До наступного заняття за розкладом

<p>Ерланга, гамма- та бета-розподіли, розподіл Вейбулла, гіпер- та гіпоекспоненціальні розподіли. Моделювання випадкових векторів та випадкових процесів. Статистична обробка результатів моделювання: оцінювання ймовірності, розподілу випадкової величини, математичного сподівання, дисперсії, кореляційного моменту. Визначення кількості реалізацій під час моделювання випадкових величин, оцінювання ймовірності та середнього значення.</p>					
<p>Тема 4. Елементи теорії хаосу і хаотичної динаміки. Теорія динамічного хаосу та її застосування. Дивний атрактор і його властивості. Методи управління хаосом у динамічних системах. Метод Отта-Гребоджі-Йорке. Метод Пірагаса. Метод Магницького. Реконструкція динамічної системи за траєкторією нерегулярного атрактора. Сценарій переходу складних систем до хаосу.</p>	<p>Лекція, практичне заняття</p>	<p>[1,7,8,12]</p>	<p>Опрацювати лекційний матеріал, підготуватися до практичного заняття, розв'язати задачі</p>	<p>0,1</p>	<p>До наступного заняття за розкладом</p>
<p>Тема 5. Фрактали і фрактальний аналіз складних процесів Регулярні фрактали. Мультифрактали. Фрактальна розмірність. Спектральна функція мультифракталу. Спектр фрактальних розмірностей. Перетворення Лежандра. Фрактальний аналіз на основі статистики Херста.</p>	<p>Лекція, практичне заняття</p>	<p>[1,7,8,12]</p>	<p>Опрацювати лекційний матеріал, Пройти тестування до теми Контрольна робота</p>	<p>0,1</p>	<p>До наступного заняття за розкладом</p>
<p>Тема 6. Комплексна динаміка і фрактали. Множина Жюліа. Орбіти у множинах Жюліа. Множина Мандельброта. Хаос і множина Жюліа. Проблема Келі. Теорія ренормалізації та фрактали Пуанкаре.</p>	<p>Лекція, практичне заняття</p>	<p>[7,8,11, 12]</p>	<p>Опрацювати лекційний матеріал, підготуватися до практичного заняття</p>	<p>0,1</p>	<p>До наступного заняття за розкладом</p>
<p>Тема 7. Математичні моделі динаміки систем з розподіленими параметрами. Рівняння нерозривності суцільного середовища. Рівняння динаміки ідеальної рідини.</p>	<p>Лекція, практичне заняття</p>	<p>[7,8,11, 12]</p>	<p>Опрацювати лекційний матеріал, підготуватися до</p>	<p>0,1</p>	<p>До наступного заняття за розкладом</p>

Плоскі течії. Обтікання кругового циліндра. Рівняння газової динаміки. Закон збереження енергії в газах .			практичного заняття		
Тема 8. Математичні моделі в динаміці популяцій. Основні положення моделювання динаміки популяцій. Найпростіші моделі динаміки популяцій. Дискретні моделі популяції. Двовимірні моделі. Модель популяції Леслі. Обчислення та дослідження точок спокою.	Лекція, практичне заняття	[7,8,11, 12]	Опрацювати лекційний матеріал, підготуватися до практичного заняття	0,1	До наступного заняття за розкладом
Тема 9. Математичне моделювання в хімічній кінетиці. Математичні принципи складання моделей. Проста реакція першого порядку. Проста реакція другого порядку. Дві паралельні реакції першого порядку. Дві паралельні реакції першого порядку із загальним продуктом. Послідовність двох реакцій першого порядку. Послідовність трьох реакцій першого порядку. Обернена реакція першого порядку. Обернена реакція другого порядку.	Лекція, практичне заняття	[7,8,11, 12]	Опрацювати лекційний матеріал, підготуватися до практичного заняття	0,1	До наступного заняття за розкладом
Тема 10. Інформаційні технології в нелінійному аналізі складних систем. Технології аналізу інформації, синтезу і прийняття рішень у складних системах. Нечітка логіка і нечітке моделювання. Моделювання і прогнозування на основі штучних нейронних мереж. Генетичні алгоритми. Нейронечіткі системи. Об'єктно-орієнтовані технології.	Лекція, практичне заняття	[4-6,8,10]	Опрацювати лекційний матеріал, підготуватися до практичного заняття Контрольна робота	0,1	Згідно розкладу

6. Система оцінювання курсу

Загальна система оцінювання курсу	<p>100 бальна – 100 балів протягом семестру;</p> <p>“відмінно” – студент демонструє повні і глибокі знання навчального матеріалу, достовірний рівень розвитку умінь та навичок, правильне й обґрунтоване формулювання практичних висновків, наводить повний обґрунтований розв’язок прикладів та задач, аналізує причинно-наслідкові зв’язки; вільно володіє науковими термінами;</p> <p>“добре” – студент демонструє повні знання навчального матеріалу, але допускає незначні пропуски фактичного матеріалу, вміє застосувати його до розв’язання конкретних прикладів та задач, у деяких випадках нечітко формулює загалом правильні відповіді, допускає окремі несуттєві помилки та неточності в</p>
-----------------------------------	---

	розв'язках; “задовільно” – студент володіє більшою частиною фактичного матеріалу, але викладає його не досить послідовно і логічно, допускає істотні пропуски у відповідях, не завжди вміє правильно застосувати набуті знання до розв'язання конкретних прикладів та задач, нечітко, а інколи й невірно формулює основні твердження та причинно-наслідкові зв'язки; “незадовільно” – студент не володіє достатнім рівнем необхідних знань, умінь, навичок, науковими термінами.
Вимоги до письмової роботи	Відповідно до навчального плану, студент виконує одну контрольну роботу. Головна її мета – перевірка самостійної роботи студентів в процесі навчання, виявлення ступеня засвоєння ними теоретичних положень курсу. При розв'язанні задач студент має детально вказувати, яким саме був хід його роздумів, якими формулами він користувався.
Практичні заняття	Практичне заняття проводиться з метою формування у студентів умінь і навичок з предмету, вирішення сформульованих завдань, їх перевірка та оцінювання. За метою і структурою практичні заняття є ланцюжком, який пов'язує теоретичне навчання і навчальну практику з дисципліни, а також передбачає попередній контроль знань студентів. Оцінка за практичне заняття враховується при виставленні підсумкової оцінки з дисципліни – заліку.
Умови допуску до підсумкового контролю	<ul style="list-style-type: none"> – оцінка за поточне тестування (20 балів); – оцінка за відповіді на всі основні та додаткові запитання під час аудиторних занять (30 балів); – оцінка за контрольну роботу (30 балів); – оцінка за самостійну роботу (20 балів).
7. Політика навчальної дисципліни	
<p>Письмові роботи: самостійне виконання лабораторних робіт, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);</p> <p>Академічна доброчесність: посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.</p> <p>Відвідування занять: засвоєння пропущеної теми лекції з поважної причини перевіряється під час складання підсумкового контролю. Пропуск лекції з неповажної причини відпрацьовується студентом відповідно до вимог кафедри, що встановлені на засіданні кафедри (співбесіда, реферат тощо). Пропущені лабораторні заняття, незалежно від причини пропуску, студент відпрацьовує згідно з графіком консультацій.</p> <p>Неформальна освіта: можливість зарахування результатів неформальної освіти регламентується «Положенням про визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної освіти в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника», ознайомитися з яким можна за посиланням: https://efund.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/172/2023/05/02-07.33_2022-polozhennia-pro-vyznannia-rezultativ-navchannia-zdobutykh-shliakhom-neformalnoi-osvity-v-prykarpatskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-vasyliia-stefanyka.pdf</p>	
8. Рекомендована література	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Дудар З.В. Моделювання систем: Навчальний посібник. – Харків: ХНУРК, 2004. – 112 с. 2. Дудник І.М. Вступ до загальної теорії систем: Навчальний посібник/ І. М. Дудник. - К.: Кондор, 2009. - 205 с. 3. Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування: Навчальний посібник. – К.: КНЕУ, 2001. – 170 с. 4. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем. – К.: Видавничий дім «Слово», 2004. – 352 с. 5. Кононюк А.Ю. Нейроні мережі і генетичні алгоритми – К.:«Корнійчук», . 2008. – 446 с. 	

6. Новотарський М.А., Нестеренко Б.Б. Штучні нейронні мережі: обчислення // Праці Інституту математики НАН України. –Київ: Ін-т математики НАН України, 2004. – 408 с.
7. Пічкур В. В., Капустян О. В., Собчук В. В. Теорія динамічних систем : навч. посіб. – Луцьк : Вежа-Друк, 2020. – 348 с.
8. Рогоза М. Є. Нелінійні моделі та аналіз складних систем: навчальний посібник: в 2 ч. / М. Є. Рогоза, С. К. Рамазанов, Е. К. Мусаєва. – Полтава : РВВ ПУЕТ, 2011.
9. Старіш О.Г. Системологія: Підручник/ О.Г. Старіш. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 232 с.
10. Субботін С.О. Нейронні мережі: навч. посібник / С.О. Субботін, А.О. Олійник; за ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. – 132 с.
11. Томашевський В.М. Моделювання систем: Підручник/ В.М. Томашевський. - К.: Видавнича група ВНУ, 2005. - 352 с.
12. Хусаїнов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В. Введення в моделювання динамічних систем: Навч. посібник. Київ : КНУ, 2010. – 130 с.

Викладач _____

Дмитришин М.І.