

Київський університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та математики
Кафедра математики і фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор з науково-методичної та
навчальної роботи
Олексій ЖИЛЬЦОВ
« 01 » 08 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ДИНАМІЧНІ СИСТЕМИ

для студентів

спеціальності	<u>111 Математика</u>
освітнього рівня	<u>другого (магістерського)</u>
освітньої програми	<u>111.00.02 Математичне моделювання</u>

Київ – 2022



Розробники:

Самойленко Валерій Григорович, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій та математичних дисциплін Факультету інформаційних технологій та управління Київського університету імені Бориса Грінченка,

Самойленко Юлія Іванівна, доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри інформаційних технологій та математичних дисциплін Факультету інформаційних технологій та управління Київського університету імені Бориса Грінченка.

Викладач

Самойленко Валерій Григорович, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій та математичних дисциплін Факультету інформаційних технологій та управління Київського університету імені Бориса Грінченка.

Робочу програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри інформаційних наук і математики

Протокол від 11 вересня 2019 р. № 10

Завідувач кафедри О. С. Литвин (підпис) О. С. Литвин

Робочу програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником освітньої програми) 111.00.02 Математичне моделювання
(назва освітньої програми)

_____. 20__ р.

Керівник освітньої програми В. В. Прошкін (підпис) В. В. Прошкін

Робочу програму перевірено

_____. 20__ р.

Заступник директора/декана І. Ю. Мельник (підпис) І. Ю. Мельник

Пролонговано:

на 2020/2021 н.р. О. С. Литвин (підпис) (ПІБ), «28» 08 2020 р., протокол № 10

на 2021/2022 н.р. О. С. Литвин (підпис) (ПІБ), «26» 08 2021 р., протокол № 10

на 2022/2023 н.р. О. С. Литвин (підпис) (ПІБ), «04» 08 2022 р., протокол № 10

на 20__/20__ н.р. _____ (підпис) _____ (ПІБ), «__» __ 20__ р., протокол № __

Динамічні системи, 111 Математика

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни за формами навчання	
	денна	заочна
Вид дисципліни	обов'язкова	
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська	
Загальний обсяг кредитів / годин	5 / 150	
Курс	5	
Семестр	9	
Кількість змістових модулів з розподілом:	5	
Обсяг кредитів	5	
Обсяг годин, в тому числі:	150	
Аудиторні	40	
Модульний контроль	10	
Семестровий контроль	30	
Самостійна робота	70	
Форма семестрового контролю	екзамен	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у студентів знань, вмінь і навичок дослідження динамічних систем, які описують фізичні явища та процеси.

Завдання:

- отримання базових знань з основних понять і властивостей різних типів динамічних систем, серед яких одновимірні динамічні системи, гамільтонові динамічні системи, динамічні системи на площині, скінченно вимірні динамічні системи та нескінченно вимірні динамічні системи;
- набуття студентами практичних навичок по дослідженню загальних властивостей динамічних систем на площині та динамічних систем, які використовуються у природознавстві, техніці, біології, економіці, тощо.

Компетентності, формуванню яких сприяє навчальна дисципліна:

- ІК Здатність розв'язувати складні математичні задачі та практичні проблеми у професійній діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень;
- ЗК-1 Здатність здобувати нові знання, уміння та інтегрувати їх з уже наявними; спроможність аналізувати явище, ситуацію, проблему, враховуючи різні параметри, фактори, причини; здатність адаптувати мислення для вирішення задач у змінених умовах чи нестандартних ситуаціях
- ЗК-10 Спроможність орієнтуватися у різних поглядах на проблему та шляхи її розв'язання, формувати власну думку; уміти формулювати задачу, аргументовано обирати оптимальні шляхи розв'язання, аналізувати й осмислювати отриманий розв'язок, переконливо його представляти
- ФК-1 Спеціалізовані концептуальні знання, набуті у процесі навчання на рівні новітніх досягнень, які є основою для оригінального мислення, дослідницької та/або інноваційної діяльності; здатність використовувати набуті знання у практичній професійній діяльності.
- ФК-4 Моделювання. Спроможність переносити математичні знання у нематематичні контексти, розробляти адекватні математичні моделі реальних процесів і явищ, досліджувати їх,

обираючи відповідні методи, в тому числі комп'ютерні, та інтерпретувати результати дослідження в термінах досліджуваного процесу (явища).

3. Результати навчання за дисципліною

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- основні поняття сучасної теорії динамічних систем;
- класифікацію особливих точок лінійних динамічних систем на площині;
- основні методи дослідження динамічних систем;
- основні властивості одновимірних, двовимірних і багатовимірних динамічних систем.

вміти:

- знаходити особливі точки динамічних систем, визначати тип і досліджувати стійкість особливих точок;
- будувати фазові портрети скінченновимірних динамічних систем;
- знаходити перші інтеграли динамічних систем та використовувати їх при побудові фазових портретів
- знаходити гамільтонову форму запису рівнянь гармонійних коливань, математичного маятника, рівняння Дюффінга;
- досліджувати біфуркації одновимірних динамічних систем, що задана за допомогою логістичного рівняння.

та досягти наступних програмних результатів навчання:

- ПРН-3-1 Демонструвати на рівні застосування ґрунтовні знання ключових понять та фактів з теорії динамічних систем в обсязі, необхідному для володіння математичним апаратом відповідної галузі знань і використання математичних методів у обраній професії;
- ПРН-3-2 Володіти основами динамічних систем, які вивчають моделі природничих, економічних і соціальних процесів.
- ПРН-У-3 Демонструвати уміння використовувати фундаментальні математичні закономірності при розв'язуванні теоретичних та прикладних математичних задач і проблем

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	Усь ого	у тому числі			
		л.	пр.	м.к.	с.р.
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Основні поняття теорії динамічних систем					
Тема 1. Основні поняття теорії динамічних систем	20	4	4		12
Тема 2. Динамічні системи на площині	20	4	4		12
Разом за змістовим модулем 1	42	8	8	2	24
Змістовий модуль 2. Нелінійні динамічні системи на площині					
Тема 3. Дослідження нелінійних динамічних систем на площині	22	4	4		14
Разом за змістовим модулем 2	24	4	4	2	14
Змістовий модуль 3. Консервативні системи з одним ступенем вільності					
Тема 4. Інтеграл енергії, лінії рівня повної енергії	12	2	2		8
Разом за змістовим модулем 3	14	2	2	2	8
Змістовий модуль 4. Одновимірні динамічні системи					
Тема 5. Одновимірні неперервні відображення	12	2	2		8
Разом за змістовим модулем 4	14	2	2	2	8
Змістовий модуль 5. Гамільтонові динамічні системи					
Тема 6. Гамільтонові динамічні системи	24	4	4		16

Разом за змістовим модулем 5	26	4	4	2	16
Семестровий контроль	30				
Усього годин	150	20	20	10	70

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основні поняття теорії динамічних систем.

Тема 1. Основні поняття теорії динамічних систем.

Означення динамічної системи, її траєкторії, особливої точки. Приклади. Одновимірні та багатовимірні динамічні системи.

Тема 2. Лінійні динамічні системи на площині.

Поняття двовимірної лінійної динамічної системи, її фазової кривої і фазового портрету.

Класифікація особливих точок лінійних систем автономних диференціальних рівнянь.

Особливі точки типу вузол, сідло, фокус, центр. Їх стійкість. Рівняння гармонійних коливань.

Змістовий модуль 2. Нелінійні динамічні системи

Тема 3. Дослідження нелінійних динамічних систем на площині.

Лінеаризація нелінійних динамічних систем в околі особливих точок. Рівняння математичного маятника та рівняння Дюффінга. Система рівнянь Лотки-Вольтерра. Їх особливі точки, фазові портрети. Фізичний зміст стійких та нестійких особливих точок цих рівнянь.

Змістовий модуль 3. Консервативні системи з одним ступенем вільності.

Тема 4. Інтеграл енергії, лінії рівня повної енергії.

Поняття інтегралу енергії, його фізичний зміст. Лінії рівня повної енергії консервативної системи в околі її стаціонарних точок. Побудова фазового портрета консервативної системи за графіком потенціальної енергії. Приклади. Рівняння математичного маятника та рівняння Дюффінга.

Змістовий модуль 4. Одновимірні динамічні системи.

Тема 5. Одновимірні неперервні відображення.

Приклади одновимірних неперервних відображень одиничного відрізка в себе. Поняття одновимірної динамічної системи, нерухомої точки, періодичної точки, траєкторії динамічної системи, циклу. Логістичне рівняння. Поняття біфуркації і подвоєння періоду. Співіснування періодичних траєкторій (циклів). Теорема Шарковського. Періодичні кусково-сталі розв'язки нелінійних крайових задач для лінійних диференціальних рівнянь з частинними похідними першого порядку.

Змістовий модуль 5. Гамільтонові динамічні системи.

Тема 6. Гамільтонові динамічні системи.

Поняття гамільтонових динамічних систем. Дужка Пуассона. Скінченновимірні і нескінченновимірні гамільтонові системи. Гамільтонова форма запису рівнянь гармонійних коливань, математичного маятника, Дюффінга. Рівняння Кортевега-де Фріза як нескінченновимірна гамільтонова динамічна система. Поняття про зображення Лакса і L - A пари для інтегрованих рівнянь (на прикладі рівняння Кортевега-де Фріза). Загальна схема методу оберненої задачі теорії розсіювання і побудови точних розв'язків (на прикладі рівняння Кортевега-де Фріза).

6 Контроль навчальних досягнень

6.1 Система оцінювання навчальних досягнень студентів

№ з/п	Вид діяльності студента	Макс. кількість балів за одиницю	Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3		Модуль 4		Модуль 5	
			Кільк. одиниць до розрахунку	Макс. кількість балів за вид	Кільк. одиниць до розрахунку	Макс. кількість балів за вид	Кільк. одиниць до розрахунку	Макс. кількість балів за вид	Кільк. одиниць до розрахунку	Макс. кількість балів за вид	Кільк. одиниць до розрахунку	Макс. кількість балів за вид
1	Відвідування лекцій	1	4	4	2	2	1	1	1	1	2	2
2	Відвідування практичних занять	1	4	4	2	2	1	1	1	1	2	2
3	Виконання завдань для самостійної роботи	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5
4	Робота на практичних (семінарських) заняттях	10	4	40	2	20	1	10	1	10	2	20
5	Виконання модульної контрольної роботи	25	1	25	1	25	1	25	1	25	1	25
	Макс. кількість балів за видами поточного контролю (МВ)	-	-	78	-	54	-	42	-	42	-	54

Розрахунок рейтингових балів

№ з/п	Оцінка студента	Макс. оцінка	Модуль 1	Модуль 2	Модуль 3	Модуль 4	Модуль 5
1	Максимальна підсумкова семестрова модульна оцінка (МС)	60	-	-	-	-	-
2	Максимальні підсумкові оцінки за змістовими модулями (ММ)		18	12	9	9	12
3	Фактична кількість балів, отриманих студентом за видами поточного контролю (приклад) (ФБ)		62	32	30	25	40
4	Підсумкові фактичні оцінки студента за змістовими модулями $M = \text{ФБ} / \text{МВ} * \text{ММ}$		14	7	6	5	9
5	Підсумкова семестрова модульна оцінка студента $C = M_1 + M_2 + M_3$		41				
6	Екзаменаційна рейтингова оцінка студента (Е)	40	37				
7	Підсумкова семестрова рейтингова оцінка студента $P = C + E$		78 / С				

6.3 Форми проведення модульного контролю та критерії оцінювання.

Три питання (7, 8, 10 балів). Усього магістрант зможе отримати 25 балів, в залежності від повноти розкриття навчального матеріалу.

6.4 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Бали
Змістовий модуль 1. Основні поняття теорії динамічних систем		24	5
1	Основні поняття теорії динамічних систем	12	2
2	Динамічні системи на площині	12	3
Змістовий модуль 2. Нелінійні динамічні системи на площині		14	5
3	Дослідження нелінійних динамічних систем на площині	14	5
Змістовий модуль 3. Консервативні системи з одним ступенем вільності		8	5

4	Інтеграл енергії, лінії рівня повної енергії	8	5
Змістовий модуль 4. Одновимірні неперервні відображення		8	5
5	Одновимірні неперервні відображення	8	5
Змістовий модуль 5. Гамільтонові динамічні системи		16	5
6	Гамільтонові динамічні системи	16	5
Разом		70	25

6.5 Форми проведення семестрового контролю та критерії оцінювання.

Письмовий екзамен. Пропонується чотири питання, кожне по 10 балів, усього – 40 балів.

6.6 Шкала відповідності оцінок

Рейтингова оцінка	Сума балів за всі види навчальної діяльності	Значення оцінки
A	90-100	Відмінно – відмінний рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу з, можливими, незначними недоліками
B	82-89	Дуже добре – достатньо високий рівень знань (умінь) в межах обов'язкового матеріалу без суттєвих (грубих) помилок
C	75-81	Добре – в цілому добрий рівень знань (умінь) з незначною кількістю помилок
D	69-74	Задовільно – посередній рівень знань (умінь) із значною кількістю недоліків, достатній для подальшого навчання або професійної діяльності
E	60-68	Достатньо – мінімально можливий допустимий рівень знань (умінь)
FX	35-59	Незадовільно з можливістю повторного складання - незадовільний рівень знань, з можливістю повторного перескладання за умови належного самостійного доопрацювання
F	1-34	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням курсу – досить низький рівень знань (умінь), що вимагає повторного вивчення дисципліни

7. Навчально-методична карта дисципліни

Разом: 150 год., із них: лекції – 20 год., практичні заняття – 20 год., модульний контроль – 10 год., самостійна робота – 70 год.

Модулі (назви, бали)	1. Загальні відомості про динамічні системи (78 балів)		2. Нелінійні динамічні системи на площині (54 бали)	3. Консервативні системи з одним ступенем вільності (42 бали)	4. Одновимірні неперервні відображення (42 бали)	5. Гамільтонові динамічні системи (54 бали)
Теми	1		2	3	4	
Лекції (теми, бали)	Основні поняття теорії динамічних систем (2 бали)	Динамічні системи на площині (2 бали)	Дослідження нелінійних динамічних систем на площині (2 бали)	Інтеграл енергії, лінії рівня повної енергії (1 бал)	Одновимірні неперервні відображення (1 бал)	Гамільтонові динамічні системи (2 бали)
Практичні заняття (теми, бали)	Основи класичної теорії динамічних систем (22 бали)	Двовимірні динамічні системи. Особливі точки. Класифікація особливих точок автономних динамічних систем. Побудова фазових портретів динамічних систем (22 бали)	Дослідження нелінійних динамічних систем за допомогою методу лінеаризації таких систем в околі особливих точок (22 бали)	Побудова фазових портретів складних динамічних систем другого порядку за функцією, що характеризує потенціальну енергію системи (11 балів)	Дослідження неперервних відображень першого порядку (11 балів)	Основні поняття теорії гамільтонових систем. Дужка Пуассона і гамільтонова форма запису рівнянь гармонійних коливань, математичного маятника, Дюффінга. Використання функції Гамільтона для побудови фазового портрета (22 бали)
Самостійна робота	Самостійна робота (5 балів)		Самостійна робота (5 балів)	Самостійна робота (5 балів)	Самостійна робота (5 балів)	Самостійна робота (5 балів)

Поточний контроль (вид, бали)	Модульна контрольна робота 1 (25 балів)	Модульна контрольна робота 2 (25 балів)	Модульна контрольна робота 3 (25 балів)	Модульна контрольна робота 4 (25 балів)	Модульна контрольна робота 5 (25 балів)
Підсумковий контроль (вид, бали)	Екзамен (40 балів)				

8. Рекомендована література

Базова

1. Самойленко А.М., Перестюк М.О., Парасюк І.О. Диференціальні рівняння. – К.: Либідь, 2003. – 600 с.
2. Андронов А.А., Леонтович Е.А. та ін. Якісна теорія динамічних систем. – К.: Наукова думка, 1966. – 568 с.
3. Шарковский А.Н., Коляда С.Ф., Сивак А.Г., Федоренко В.В. Динаміка одновимірних відображень. – К.: Наукова думка, 1989. – 216 с.
4. Самойленко А.М., Кривошея С.А., Перестюк М.О. Диференціальні рівняння. Приклади і задачі. Київ : Наукова думка, 2004. 504 с.
5. Хусаїнов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В., Введення в моделювання динамічних систем: Навч. посібник. К.: ВПЦ “Київський університет”, 2010. 130 с.

Допоміжна

1. Jordon D.W., Smith P. Nonlinear Ordinary Differential Equations. – Oxford: Oxford Applied Mathematics and Computing Science Series, 1995. – 382 с.
2. Самойленко А.М., Борисенко С.Д., Матараццо Дж. та ін. Диференціальні моделі. Стійкість. К., 2000.