

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Механіко-математичний факультет

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана механіко-математичного
факультету з навчальної роботи
Харитонов О.М.
«30» березня 2020 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НЕЛІНІЙНІ ДИНАМІЧНІ СИСТЕМИ для студентів

галузь знань
спеціальність
освітній рівень
освітня програма
вид дисципліни

11 Математика та статистика
112 «Статистика»
другий (магістр)
«Прикладна та теоретична статистика»
вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2020 /2021
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	залік

Викладачі: Перестюк Микола Олексійович, д.ф.м.н., професор, завідувач кафедри інтегральних та диференціальних рівнянь, Капустян Олексій Володимирович, д.ф.м.н., професор, професор кафедри інтегральних та диференціальних рівнянь

Пролонговано: на 2021/2022 н.р. Харитонов О.М. («31»03 2021 р.
(підпис, ПІБ, дата)
на 20__/20__ н.р. _____ («__»__ 20__ р.

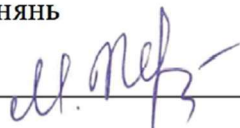
КИЇВ – 2020

Розробники:

Перестюк Микола Олексійович, д.ф.м.н., професор, завідувач кафедри інтегральних та диференціальних рівнянь, Капустян Олексій Володимирович, д.ф.м.н., професор, професор кафедри інтегральних та диференціальних рівнянь

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри інтегральних та диференціальних рівнянь




Перестюк М.О.

Протокол № 2 від 28.09.2020 р.

Схвалено науково-методичною комісією механіко–математичного факультету

Протокол від “31” серпня 2020 року № 1

Голова науково-методичної комісії  проф., д.ф.-м.н. Олійник А.С.
(підпис)

1. Мета дисципліни (до 300 символів) – ознайомлення з основними поняттями та положеннями теорії динамічних систем, класифікації динамічних систем, опанування основними методами дослідження нелінійних динамічних систем, вивчення стійкості нерухомих точок, теорії Пуанкаре-Бендіксона, теорії біфуркацій, теорії фракталів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. *Знати:* основні поняття, факти і теореми математичного аналізу, лінійної алгебри, теорії диференціальних рівнянь.

2. *Вміти:* активно використовувати та творчо застосовувати зазначені вище знання в процесі опрацювання матеріалу курсу «Нелінійні динамічні системи».

3. *Володіти елементарними навичками:* розв'язання алгебраїчних систем, інтегрування основних типів диференціальних рівнянь та систем диференціальних рівнянь.

3. Анотація навчальної дисципліни (до 700 символів):

Навчальна дисципліна «Нелінійні динамічні системи» є складовою освітньої програми підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань 11 Математика та статистика зі спеціальності 112 Статистика освітньої програми «Прикладна та теоретична статистика». Дана дисципліна є вибірковою. Дисципліна «Нелінійні динамічні системи» вивчає основні методи теорії динамічних систем, їх класифікацію, опанування основними методами дослідження нелінійних динамічних систем, систем з дискретним та неперервним часом, стійкості нерухомих точок, теорії Пуанкаре-Бендіксона, теорії біфуркацій, теорії та застосування фрактальних множин.

Викладається у 3 семестрі 2 курсу в обсязі 90 год. (3 кредити ECTS¹) зокрема: лекції – 28 год., консультацій – 2 год., самостійна робота – 60 год. У курсі передбачено 2 змістових модулі та 2 модульні контрольні роботи. Завершується дисципліна заліком.

4. Завдання (навчальні цілі): Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі статистичного аналізу та практичні проблеми в галузі дослідження процесів і систем, які мають стохастичну природу, зокрема в економіці, фінансах, страхуванні, оцінці ризиків, медицині, соціології, комп'ютерних науках, інтелектуальному аналізі даних, інформаційній безпеці, менеджменті, управлінні та контролі якості, наукових дослідженнях з фізики, хімії, біології., відповідно до освітнього рівня «Магістр». Зокрема, професійне оволодіння компетентностями:

1) Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузях, відмінних від статистики (ЗК-1);

2) Здатність використовувати у професійній діяльності знання з галузей математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук (ЗК-2);

3) Здатність вирішувати проблеми у професійній діяльності на основі абстрактного мислення, аналізу, синтезу та прогнозу (ЗК-3);

4) Здатність до пошуку, оброблення й аналізу інформації з різних джерел, необхідної для розв'язування наукових і професійних завдань (ЗК-4);

5) Здатність генерувати нові ідеї (ЗК-5);

¹ кредитів ECTS – кредит кратний 30 годинам.

- 6) Здатність спілкуватися державною мовою і усно, і письмово (ЗК-8);
- 7) Здатність спілкуватися іноземною мовою (ЗК-9);
- 8) Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування (ЗК-10);
- 9) Здатність критично оцінювати та переосмислювати власний і чужий досвід, аналізувати свою професійну й соціальну діяльність (ЗК-11);
- 10) Знання на рівні новітніх досягнень, необхідні для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері статистики та її практичних застосувань (ФК-1);
- 11) Спроможність розуміти проблеми та виділяти їхні суттєві риси (ФК-4);
- 12) Спроможність розробляти математичну модель ситуації з реального світу та переносити математичні знання у нематематичні контексти (ФК-5);
- 13) Здатність доводити знання та власні висновки до фахівців та нефахівців (ФК-6);
- 14) Здатність до розвитку нових та удосконалення існуючих статистичних методів аналізу, моделювання, прогнозування, розв'язування нових проблем у нових галузях знань (ФК-8);
- 15) Здатність до самоосвіти та підвищення кваліфікації на основі інноваційних підходів у сфері статистики (ФК-10).

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (РН) (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН 1.1	Основні означення та поняття теорії динамічних систем, поняття про системи з неперервним та дискретним часом, приклади	лекції	активна робота на лекціях, модульна контрольна робота, залік	10%
РН 1.2	Нерухомі точки, стійкість, лінеаризація, метод функцій Ляпунова, градієнтні системи			10%
РН 1.3	Динамічні системи на прямій та площині, теорія Пуанкаре-Бендіксона, тривимірні системи, система Лоренца			10%
РН 1.4	Дискретні системи, біфуркації, теорема Шарковського, хаос та символічна динаміка, фрактали			20%
РН 2.1	Визначати основні типи динамічних систем, досліджувати стійкість нерухомих точок методом лінеаризації	лекції, самостійна робота,	виконання завдань самостійної роботи, модульна контрольна робота, залік	10%
РН 2.2	Вміти визначати граничні множини динамічних систем, досліджувати стійкість нерухомих точок методом функцій Ляпунова.			10%
РН 2.3	Вміти досліджувати граничну поведінку тривимірних систем, використовуючи апріорні оцінки, методи теорії стійкості, метод інваріантності Ла Салля.			10%
РН 2.4	Вміти визначати та будувати фрактальні множини, використовуючи означення, стискаючі відображення, а також комп'ютерне моделювання			10%
РН 3.1	Здатність обґрунтовувати власний погляд на задачу та формулювати робочі гіпотези, спілкуватися з колегами з питань застосування математичних методів та теорій	лекції, самостійна робота	активна робота на лекціях, виконання завдань самостійної роботи	2.5%

РН 3.2	Вироблення навиків командної роботи			2.5%
РН 4.1	Демонстрація авторитетності, інноваційність, високий ступінь самостійності, академічна та професійна доброчесність, послідовна відданість розвитку нових ідей або процесів у передових контекстах професійної та наукової діяльності.	лекції, самостійна робота	активна робота на лекціях, виконання завдань самостійної роботи	2.5%
РН 4.2	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, нести відповідальність за їх якість			2.5%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Програмні результати навчання	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	4	4

	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	2
<i>(з опису освітньої програми)</i>												
ПРН-3-1 – Знати та розуміти фундаментальні і прикладні аспекти наук у сфері статистики	+	+	+	+	+	+	+	+				
ПРН-3-2 – Відтворювати знання фундаментальних розділів статистики в обсязі, необхідному для володіння математичним та економічним апаратами відповідної галузі знань і використання статистичних методів у обраній професії	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-3-3 - Володіти основами математичних дисциплін і економічних теорій, зокрема які вивчають моделі природничих і соціальних процесів	+	+	+	+	+	+	+	+				
ПРН-У-1 – Уміти використовувати фундаментальні закономірності статистики у професійній діяльності.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
ПРН-У-2 – Читати і розуміти фундаментальні розділи математичної та економічної літератури та демонструвати майстерність їх відтворення в аргументованій усній та/або письмовій доповіді					+	+	+	+	+	+		
ПРН-У-3 – Донести професійні знання, власні обґрунтування і висновки до фахівців і широкого загалу	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-У-8 – Бути наполегливим у досягненні мети під час вирішення математичної проблеми	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		

ПРН-У-10 – Усно й письмово спілкуватися рідною та англійською мовами в науковій, виробничій та соціально-суспільній сферах діяльності із професійних питань; читати спеціальну літературу; знаходити, аналізувати та використовувати інформацію з різних довідкових джерел	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
ПРН-У-11 – Використовувати раціональні способи пошуку та використання науково-технічної інформації в галузі статистики, включаючи засоби електронних інформаційних мереж; застосовувати інформаційні ресурси, у тому числі електронні, для пошуку відповідних математичних моделей						+	+	+	+	+	+		
ПРН-У-12 – Дотримуватися норм етичної поведінки стосовно інших людей, адаптуватися та комунікувати										+	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1. Форми оцінювання студентів:

- оцінювання впродовж навчального періоду:

1. Активна робота на лекціях: РН1.1-РН1.4, РН3.1, РН3.2 – 10 балів/5 бали;
2. Виконання завдань для самостійної роботи: РН2.1 - РН2.4 – 20 балів/14 балів;
3. Контрольна робота 1: РН1.1, РН1.2, РН2.1, РН2.2 – 15 балів/8 балів;
4. Контрольна робота 2: РН1.3, РН1.4, РН2.3, РН2.4 – 15 балів/8 балів;

Разом: 60/35

- підсумкове оцінювання: залік.

- максимальна кількість балів, які можуть бути отримані: 40 балів;
- результати навчання, які будуть оцінюватись: РН1.1-РН1.4, РН2.1-РН2.4
- форма проведення і види завдань: письмова робота.

7.2. Організація оцінювання:

Активна робота на лекціях передбачає усні відповіді на запитання лектора щодо раніше розглянутого теоретичного матеріалу.

Самостійна робота передбачає опрацювання певного обсягу теоретичного та практичного матеріалу за запропонованими джерелами.

Модульна контрольна робота проводиться письмово і складається з теоретичних завдань та типових задач за пройденим матеріалом.

Критично-розрахунковий мінімум балів за навчання впродовж семестру становить **20** балів, рекомендований мінімум, розрахований з урахуванням специфіки дисципліни становить **35** балів. Студенти, які протягом семестру набрали сумарно меншу кількість балів ніж рекомендований мінімум **35** балів для підвищення балів отримують можливість написати додаткову контрольну роботу та доскласти самостійні роботи. Студенти, які набрали впродовж семестру та за рахунок додаткових етапів оцінювання сумарно меншу кількість балів ніж критично-розрахунковий мінімум – **20** балів, до складання заліку не допускаються.

Форма заліку – письмово-усна. Завдання заліку складається із 4 завдань, перші два з яких є теоретичними, два інших – задачі. Кожне завдання оцінюється від 0 до 8 балів. Додатково від

0 до 8 балів студент отримує за усне опитування. Всього за залік можна отримати від 0 до 40 балів. Мінімальна кількість балів, які додаються до семестрових – 25 балів.

Терміни проведення форм оцінювання:

1. Модульна контрольна робота №1: на 6-му тижні 3 семестру.
2. Модульна контрольна робота №2: на 12-му тижні 3 семестру.
3. Оцінювання завдань самостійної роботи за РН2.1-РН2.2 на 7-му тижні, за РН2.3-РН2.4 - на 13 тижні 3 семестру.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі форм контролю здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка” (2018), <http://www.univ.kiev.ua/pdfs/official/Organization-of-the-educational-process.pdf>.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

теми	Назва теми	Кількість годин			
		Лекції	Самост. робота	Консультації	Інше
Змістовий модуль 1 «Граничні множини динамічних систем»					
1	Основні поняття теорії динамічних систем	4	8		
2	Стійкість нерухомих точок динамічних систем	4	8		
3	Граничні множини динамічних систем	4	8	1	
Змістовий модуль 2 «Біфуркації, хаос, фрактали»					
4	Стійкість періодичних орбіт, біфуркації	6	12		
5	Теорема Шарковського, хаос та символічна динаміка	6	14		
6	Фрактали	4	10	1	
Всього годин		28	60	2	

**Загальний обсяг 90 годин, у тому числі:
лекції – 28 годин,
консультації – 2 години,
самостійна робота – 60 годин.**

9. Рекомендовані джерела

Основні:

1. Шарковский А.Н. Аттракторы траекторий и их бассейны – Киев: Наукова Думка, 2013.
2. Шарковский А.Н., Коляда С.Ф., Сивак А.Г., Федоренко В.В. Динамика одномерных отображений – Киев: Наукова думка, 1989.
3. Самойленко А.М., Перестюк М.О., Парасюк І.О. Диференціальні рівняння. Підручник. 2-е видання – Київ: Либідь, 2003.
4. Парасюк І.О. Вступ до якісної теорії теорії диференціальних рівнянь. Навч. посібн. – К.: ВПЦ "Київський університет", 2005.
5. Перестюк М.О., Капустян О.В., Фекета П.В., Касімова Н.В. Асимптотичні властивості розв'язків диференціальних рівнянь. Навч. посібн. – К.: ВПЦ Київський університет, 2015.
6. Алексеев В.М., Символическая динамика. – К.: Ин-т математики НАНУ, 1976.
7. Шарковский А.Н., Майстренко Ю.Л., Романенко Е.Ю., Разностные уравнения и их приложения. – К.: Наукова думка, 1986.
8. Данилов Ю.А. Введение в нелинейную динамику. – М.: Комкника, 2006
9. Хусаінов Д. Я., Шатирко А. В. К Основи нелінійної динаміки: Посібник для студентів спеціальності "Прикладна математика". – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2017.
10. Лазарев Ю. Ф. Л17 Моделювання динамічних систем у Matlab. Електронний навчальний посібник. – Київ: НТУУ "КПІ", 2011.

Додаткові:

11. Каток А Б, Хассельблат Б., Введение в теорию динамических систем с обзором последних достижений – М.: МЦНМО, 2005.
12. Палис Ж., ди Мелу В., Геометрическая теория динамических систем – М.: Мир, 1986.
13. Сибирский К.С., Введение в топологическую динамику. – Кишинёв: АН МССР, 1970.
14. Шустер Г., Детерминированный хаос: Введение. – М.: Мир, 1988.
15. Анищенко В.С. Знакомство с нелинейной динамикой. – Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002.