



# Динамічні системи

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

<b>Рівень вищої освіти</b>	<i>Перший (бакалаврський)</i>					
<b>Галузь знань</b>	11 Математика та статистика					
<b>Спеціальність</b>	111 Математика					
<b>Освітня програма</b>	Страхова та фінансова математика					
<b>Статус дисципліни</b>	За вибором студентів					
<b>Форма навчання</b>	очна(денна)					
<b>Рік підготовки, семестр</b>	4 курс, осінній семестр					
<b>Обсяг дисципліни</b>	120/ 4 кредитів					
		Лекції	Практич. занят. (семінари)	Лабор. заняття (комп'ют. практ.)	Індив. заняття	СРС
	<b>Години</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	Екзаме н	Залік	МКР (вказати кількість)	РГР, РР, ГР (вказати кількість)	ДКР (вказати кількість)	Реферат (вказати кількість)
	+	-	1	0	1	0
<b>Розклад занять</b>	На сайті університету					
<b>Мова викладання</b>	Українська					
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	Лектор: Швець Олександр Юрійович, професор кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, доктор фіз.-мат. наук <a href="mailto:aleksandrshvetskpi@gmail.com">aleksandrshvetskpi@gmail.com</a> <a href="http://chaos.kpi.ua">chaos.kpi.ua</a> Практичні: Швець Олександр Юрійович, професор кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь ФМФ, доктор фіз.-мат. наук <a href="mailto:aleksandrshvetskpi@gmail.com">aleksandrshvetskpi@gmail.com</a> <a href="http://chaos.kpi.ua">chaos.kpi.ua</a>					
<b>Розміщення курсу</b>	chaos.kpi.ua, інформаційні ресурси в бібліотеці					

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів інтегральної компетентності — здатності до логічного мислення, формування особистості студентів; розвиток їх інтелекту і здібностей; здатності вирішувати складні спеціалізовані задачі в галузі математики, механіки, фізики, економіки тощо

Програмні компетентності:

### **Загальні компетентності (ЗК)**

ЗК1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК2 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3 Знання й розуміння предметної області та професійної діяльності.

ЗК9 Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК11 Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня.

ЗК12 Здатність працювати автономно.

### **Програмні результати навчання**

РН8 Здійснювати професійну письмову й усну комунікацію українською мовою та однією з іноземних мов.

РН24 Застосовувати отримані знання з математичних дисциплін, у яких вивчаються моделі природничих процесів; математичні методи аналізу та прогнозування; математичні способи інтерпретації числових даних; принципи функціонування природничих процесів, математичні моделі оцінки ризиків в тих предметних областях, де проводяться дослідження.

РН25 Доносити професійні знання, власні обґрунтування і висновки до фахівців і широкого загалу, організувати та керувати професійним розвитком інших осіб.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

**Пререквізити:** Кредитний модуль «Динамічні системи» викладається в сьомому семестрі на базі диференціальних рівнянь, математичного аналізу, лінійної алгебри та інших базових математичних дисциплін.

**Постреквізити:** Кредитний модуль «Динамічні системи» входить до циклу професійної підготовки та має важливе значення у підготовці фахівця. Отримані знання використовуються у подальшому під час вивчення навчальної дисципліни «Аналітичні та комп'ютерні методи дослідження динамічних систем з запізнюванням»

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

1. *Теорія стійкості за Ляпуновим.*
2. *Теорія Флоке.*
3. *Граничні множини динамічних систем.*
4. *Біфуркації динамічних систем.*

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Основна література**

1. Швець О.Ю. Динамічні системи, [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 111 "Страхова та фінансова математика"/ О.Ю.Швець ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл: 36,3 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 345 с. (доступ <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42838>)
2. Краснопольська Т.С., Швець А.Ю. Регулярна і хаотична динаміка систем з обмеженим збуренням, М-Иж: РХД, 2008. - 280 с.
3. Швець О.Ю. диференціальні та інтегральні рівняння. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. - 189 с. (доступ <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48178>)
4. Arrowsmith D.K, Place C.M. An Introduction to Dynamical Systems. Cambridge University Press. – 2001.
5. Гащук, П. М. Лінійні динамічні системи і звичайні диференціальні рівняння. — Львів : Українські технології, 2002. — 607 с.

### **Додаткова література**

6. Трохимчук, П. П. Нелінійні динамічні системи. — Луцьк : Вежа-Друк, 2015. — 275 с.
7. Irwin M.C. Smooth dynamical systems. — Singapore – New Jersey – London – Hong Kong: World Scientific, 2001. — 260 с.

8. Robert L. Devaney. An Introduction to Chaotic Dynamical Systems. — 2 (Studies in Nonlinearity). — Westview Press, 2003. — 350 с.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента) (очна/дистанційна форма)

Лекції з навчальної дисципліни та деякі практичні заняття проводяться з використанням сучасних інформаційних технологій та технічних засобів (ноутбук з відповідним пакетом оригінального програмного забезпечення, комп'ютерний проектор, тощо). При проведенні лекційних та практичних занять у очній формі повинен бути забезпечений вільний доступ до мережі Internet. При дистанційній формі навчання використовуються платформи Zoom та Webex.

#### Перелік лекцій

##### *Лекції 1-4. Динамічна система й її математична модель. Стійкість за Ляпуновим.*

Теореми існування та єдності розв'язку нормальної системи диференціальних рівнянь. Продовження розв'язку системи на скінченний та нескінченний інтервал. Кінематична інтерпретація нормальної системи диференціальних рівнянь. Різні означення динамічної системи. Поняття про потоки та каскади. Типи траєкторій динамічної системи. Класифікація динамічних систем. Консервативність та дисипативність динамічної системи. Автоколивальні системи. Означення стійкості за Ляпуновим. Рівняння збуреного руху. Класифікація положень рівноваги дво й тривимірних лінійних динамічних систем. Сигма-дельта діаграма стійкості

##### *Лекції 5-7. Основні теореми про стійкість.*

Функції Ляпунова та їх властивості. Теореми Ляпунова про стійкість та асимптотичну стійкість. Теореми Четаєва та Ляпунова про нестійкість. Стійкість лінійної автономної системи.

##### *Лекції 8-9. Стійкість за першим наближенням.*

Основні теореми про стійкість за першим наближенням. Критерій Гурвіца. Достатні умови стійкості за першим наближенням Нелінійні динамічні системи на площині. Грубі та складні положення рівноваги.

##### *Лекції 10-11. Основи теорії Флоке.*

Орбітальна (орбітна) стійкість граничних циклів. Системи рівнянь з періодичними коефіцієнтами. Матриця монодромії та нормальні розв'язки. Метод практичного обчислення мультиплікаторів. Застосування мультиплікаторів для дослідження орбітальної стійкості граничних циклів.

##### *Лекції 12-15. Атрактори динамічних систем.*

Означення й властивості грубих динамічних систем. Означення інваріантної множини. Означення й приклади атрактора, репелера та сідлової множини. Перехідні та усталени розв'язки динамічних систем. Гомоклінічні та гетероклінічні траєкторії. Рівняння Балтазара ван дер Поля. Поняття про інваріантні тори динамічних систем. Система Ресслера. Одновимірні дискретні відображення («зуб» пили, логістичне, тент).

##### *Лекції 16-18. Елементи теорії біфуркацій динамічних систем.*

Означення біфуркації. Жорсткі та м'які біфуркації. Концепція грубості (структурної стійкості) та поняття біфуркації. Основні біфуркації положень рівноваги динамічних систем (транскритична біфуркація, сідло-вузлова біфуркація, біфуркація ластівчин хвіст). Біфуркація Андронова – Хопфа. Каскади біфуркацій подвоєння періоду граничного циклу.

#### Перелік (орієнтовно) практичних занять

*Практичні заняття 1. Класифікація положень рівноваги двовимірних лінійних систем.*

Практичні заняття 2. Класифікація положень рівноваги тривимірних лінійних систем.

Практичне заняття 3. Дослідження стійкості незбуреного руху за допомогою функцій

Ляпунова

Практичне заняття 4. Дослідження стійкості нелінійних систем за першим наближенням.

Практичне заняття 5. Маятник з віброючим підвісом .

Практичне заняття 6. Дослідження стійкості граничних циклів.

Практичне заняття 7. Рівняння Балтазара ван дер Поля.

Практичне заняття 8. Система Ресслера.

Практичне заняття 9. МКР

5.2. **Технічне забезпечення:** Повинен бути гаджет (ноутбук, планшет, смартфон) у кожного здобувача вищої освіти.

## 6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи – опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до аудиторних занять, розв’язок задач, виконання ДКР.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Дотримання положень «Кодексу честі КПП ім. Ігоря Сікорського» (розділи 2 та 3)

Співпраця студентів у розв’язанні проблемних завдань дозволена, але відповіді кожний студент захищає самостійно. Взаємодія студентів під час іспиту категорично забороняється і будь-яка така діяльність буде вважатися порушенням академічної доброчесності згідно принципів університету щодо академічної доброчесності.

### 6. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO) (очна/дистанційна форма)

**Поточний контроль:** експрес-опитування, опитування за темою заняття, написання МКР, захист ДКР.

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

**Семестровий контроль:** екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено** професором кафедри МФ та ДР, доктором фіз.-мат. наук, Швецем Олександром Юрійовичем

**Ухвалено** кафедрою МФ та ДР (протокол № 11 від 22.06.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ФМФ (протокол № 10 від 27.06.2023 р.)