

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра прикладної математики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету  
математики і інформатики

Григорій ЖОЛТКЕВИЧ

2023 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Теорія коливань**

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

галузь знань 11 -- математика та статистика  
(шифр і назва)

спеціальність 113 прикладна математика  
(шифр і назва)

освітня програма Прикладна математика  
(шифр і назва)

спеціалізація \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

вид дисципліни за вибором  
(обов'язкова / за вибором)

факультет математики і інформатики


2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету математики і інформатики  
 “29” серпня 2023 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: **Пославський Сергій Олександрович**, канд. фіз.-мат. наук, доцент  
 кафедри прикладної математики.

Програму схвалено на засіданні кафедри Прикладної математики  
 Протокол від “28” серпня 2023 року №10

Завідувач кафедри Прикладної математики

  
 (підпис) Валерій КОРОБОВ  
 (прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної  
 групи) Прикладна математика  
 назва освітньої програми


Гарант освітньо-професійної програми  
 (керівник проектної групи) Прикладна математика

  
 (підпис) Сергій ПОСЛАВСЬКИЙ  
 (прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету математики і інформатики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна  
 назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна

Протокол від “29” серпня 2023 року, протокол № 1

Голова науково-методичної комісії факультету математики і інформатики

  
 (підпис) Ольга АНОЩЕНКО  
 (прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «**Теорія коливань**» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки

бакалавр

(назва рівня вищої освіти)

спеціальності (напряму) 113 Прикладна математика

спеціалізації \_\_\_\_\_

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є надання майбутнім спеціалістам базових знань з теорії коливань механічних систем, формування у студентів практичних навичок з розв'язування типових задач.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Вивчення студентами основних положень аналітичної статички, теорії лінійних та нелінійних коливань і набуття практичних навичок розв'язання відповідних задач.

Навчання студентів вмінню використовувати знання з математичного аналізу, диференціальних рівнянь, теоретичної механіки для аналізу та розв'язання задач з практичним змістом.

1.3. Кількість кредитів – 4

1.4. Загальна кількість годин – 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	
Семестр	
7-й	
Лекції	
32 год.	.
Практичні, семінарські заняття	
22 год.	.
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
66 год.	.
Індивідуальні завдання	
	-

## 1.6. Заплановані результати навчання

**У результаті вивчення даного курсу студент повинен**

**знати :**

1. Основні методи теорії малих коливань механічних систем.
2. Основні методи дослідження стійкості рівноваги і руху.
3. Основні властивості Гамільтонових систем.
4. Основні типи біфуркацій в нелінійних динамічних системах.

**вміти:**

1. Визначати стани рівноваги механічних систем і досліджувати їхню стійкість.
2. Складати диференціальні рівняння малих коливань та визначати вільні коливання консервативної механічної системи.
3. Досліджувати стійкість руху по першому наближенню.
4. Визначати і досліджувати нерухомі точки динамічних систем, досліджувати біфуркації динамічних систем.

Результати вивчення дисципліни відповідають таким програмним результатам навчання:

РН01. Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.

РН03. Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.

РН06. Володіти основними методами розробки дискретних і неперервних математичних моделей об'єктів та процесів, аналітичного дослідження цих моделей на предмет існування та єдиності їх розв'язку.

РН12. Розв'язувати окремі інженерні задачі та/або задачі, що виникають принаймні в одній предметній галузі: в соціології, економіці, екології та медицині.

## 2. Тематичний план вибіркової навчальної дисципліни.

**Розділ 1.** Основні положення аналітичної статички і теорії малих коливань системи поблизу стану рівноваги

*Тема 1.* Основні положення аналітичної статички

Рівновага механічної системи. Еквівалентні системи сил. Умови рівноваги голономної системи, консервативної системи, твердого тіла.

*Тема 2.* Стійкість стану рівноваги

Стійкість рівноваги. Теореми про стійкість рівноваги. Ознаки нестійкості стану рівноваги. Теореми Ляпунова і Четаєва. Теорема Ірншоу. Вплив гіроскопічних і дисипативних сил на стійкість рівноваги голономних систем.

*Тема 3.* Малі коливання системи поблизу стану рівноваги

Лінеаризація рівнянь руху. Малі коливання консервативної системи. Головні координати і головні коливання. Рівняння частот. Екстремальні властивості власних частот. Теорема Релея. Вимушені коливання систем під впливом зовнішніх періодичних сил. Резонанс. Параметричний резонанс. Електромеханічна аналогія.

Тема 4. Стійкість руху

Рівняння збуреного руху. Лінійний аналіз стійкості стаціонарного руху. Функція Ляпунова. Основні теореми прямого методу Ляпунова. Теореми про нестійкість руху. Теорема Четаєва. Теореми Ляпунова. Стійкість сталих обертань твердого тіла у випадку Ейлера.

**Розділ 2.** Властивості Гамільтонових систем. Основи теорії нелінійних коливань.

Тема 5. Властивості Гамільтонових систем.

Канонічні рівняння Гамільтона. Варіаційний принцип Гамільтона-Остроградського. Дужки Пуассона. Теорема Якобі-Пуассона. Рівняння Гамільтона-Якобі. Канонічні перетворення. Теорема Ліувілля про збереження фазового об'єму та її наслідки. Теорема Пуанкаре про повернення.

Тема 6. Основи теорії нелінійних коливань.

Фазовий портрет динамічної системи. Стійкість нерухомих точок. Консервативні і дисипативні системи. Періодичні рухи. Граничні цикли. Орбітальна стійкість. Біфуркації в нелінійних системах. Біфуркація Хопфа. Автоколивання.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Розділ 1.</b> Основні положення аналітичної статистики і теорії малих коливань системи поблизу стану рівноваги												
Тема 1. Основні положення аналітичної статистики	15	4	4			7						
Тема 2. Стійкість стану рівноваги	15	4	2			7						
Тема 3. Малі коливання системи поблизу стану рівноваги	36	10	6			18						
Тема 4. Стійкість руху	8	2	2			4						
<i>Контрольна робота</i>	2		2									
Разом за розділом 1	76	20	16			36						
<b>Розділ 2.</b> Властивості Гамільтонових систем. Основи теорії нелінійних коливань												
Тема 5. Властивості Гамільтонових систем	22	6	2			10						
Тема 6. Основи теорії нелінійних коливань	22	6	4			20						
Разом за розділом 2	44	12	6			30						
<b>Всього годин</b>	<b>120</b>	<b>32</b>	<b>22</b>			<b>66</b>						

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

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні положення аналітичної статистики	4
2	Стійкість рівноваги	2
3	Малі коливання системи поблизу стану рівноваги	6
4	Стійкість руху.	2
5	Властивості Гамільтонових систем	2
6	Основи теорії нелінійних коливань	4
7	<i>Контрольна робота</i>	2
	<b>Разом</b>	<b>22</b>

#### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Виконання домашніх завдань за розділом «Основні положення аналітичної статистики і теорії малих коливань системи поблизу стану рівноваги»	36
2	Виконання домашніх завдань за розділом «Властивості Гамільтонових систем. Основи теорії нелінійних коливань»	30
	<b>Разом</b>	<b>66</b>

#### 6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним планом.

#### 7. Методи навчання

Використовуються пояснювально-ілюстративний (лекції і практичні заняття), репродуктивний (виконання домашніх завдань) і частково-пошуковий (контрольна робота) методи.

#### 8. Методи контролю

Опитування студентів на практичних заняттях, перевірка виконання домашніх завдань. Проведення і перевірка контрольної роботи. Підсумковий контроль у формі письмового заліку.

#### 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Залікова робота	Сума
Розділ1	Розділ2	Контрольна робота	Розрахунково-графічна робота	Разом		
T1–T3	T4–T6	T2–T4				
15	15	30	---	60	40	100

T1 – T6 – теми розділів.

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

### Критерії оцінювання:

**Поточний контроль:** бали нараховуються за виконання домашніх завдань і активність під час практичних занять.

**Контрольна робота** оцінюється у 20 балів.

**Залікова робота** складається з трьох завдань і передбачає письмову відповідь на два питання зі списку, який надається студентам заздалегідь, а також розв'язання задачі.

Кожне теоретичне завдання оцінюється максимально 10 балами, задача – 20 балами.

По кожному завданню нараховується:

- максимальний бал у разі правильно обґрунтованої відповіді;
- за незначні та за арифметичні помилки оцінка зменшується від 10 до 30 відсотків;
- за значні логічні помилки оцінка зменшується до 50 відсотків, якщо хід розв'язання в цілому правильний,
- у разі частково вірних міркувань за відсутності обґрунтованої відповіді виставляється до 30 відсотків від максимальної кількості балів
- розв'язання не відповідає жодному з критеріїв, які сформульовані вище – виставляється 0 б

### Шкала оцінювання (дворівнева)

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
50-100	зараховано
1-49	не зараховано

## 10.Рекомендована література

### Основна література

1. Іро Г. Класична механіка / Пер. з нім. Гайда Р., Головач Ю. — Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 1999. — 464 с.
2. Павловський М. А. Теоретична механіка: Підручник для студентів вищих навчальних закладів – К.: Техніка, 2002.
3. Хусаїнов Д. Я., Шатирко А. В. Основи нелінійної динаміки: Посібник для студентів спеціальності "Прикладна математика" – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2017. – 159 с.
4. Теоретична механіка: Збірник задач / Апостолюк О.С., Воробйов В.М., Ільчишина Д.І. та ін. За ред. М.А. Павловського.- К: Техніка, 2007.- 400 с.

### Допоміжна література

1. Daniel Arovas. Lecture Notes on Nonlinear Dynamics. – University of California, San Diego

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

[www-library.univer.kharkov.ua](http://www-library.univer.kharkov.ua)

[https://chtyvo.org.ua/authors/Iro\\_Harald/Klasychna\\_mekhanika/](https://chtyvo.org.ua/authors/Iro_Harald/Klasychna_mekhanika/)