



## Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



# Теорія динамічних процесів-II

**Шифр та назва спеціальності**  
113 – Прикладна математика

**Інститут**  
ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

**Освітня програма**  
Комп'ютерне та математичне моделювання,

**Кафедра**  
Математичне моделювання та інтелектуальні обчислення в інженерії (161)

**Рівень освіти**  
Бакалавр  
ї

**Тип дисципліни**  
Спеціальна (фахова), Обов'язкова

**Семестр**  
7

**Мова викладання**  
Українська

## Викладачі, розробники



### Грищенко Володимир Миколайович

Volodimir.grischenko@khpi.edu.ua

Кандидат технічних наук, доцент кафедри ММІ НТУ "ХПІ"

Автор понад 90 наукових та методичних публікацій.

Провідний лектор дисциплін: «Теорія динамічних процесів-I», «Теорія динамічних процесів-II», «Метод скінченних елементів», «Математичні методи аналізу динаміки машин», «Нелінійні процеси та моделі», «Моделювання динамічних процесів»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

При роботі машин спостерігаються коливальні явища різної природи. Небезпечні вібрації приводять до порушень їх нормального функціонування. Теорія динамічних процесів систем з скінченним числом ступенів свободи зберігає значення основного розділу загального динамічного дослідження завдяки тій ролі, яку вона відіграє в практичному моделюванні. В II частині розглядаються основи теорії динамічних процесів систем з нескінченною кількістю ступенів свободи. Це інший клас математичних моделей, який вносить якісні відмінності в їх поведінку. Дисципліна спрямована на оволодіння нових понять, положень та підходів теорії коливальних систем з неперервними параметрами під дією динамічних навантажень. Дисципліна викладається у 7-му семестрі та передбачає: 32 години лекцій, 16 годин практичних занять, 72 години самостійної роботи; . Контрольні розрахункові завдання. Колоквіум. Підсумковий контроль – іспит

### Мета та цілі дисципліни

В другій частині курсу продовжується вивчення основних закономірностей протікання коливальних процесів в фізиці, механіці, техніці та інших. Це правильна трактовка даних експерименту, прогнозування поведінки систем при дії вібрацій; це розробка аналітичних засобів

їх моделювання. Але при цьому змінюється якість систем. Тепер це моделі з нескінченною кількістю ступенів свободи. Мета полягає у формулюванні понять, термінології, фундаментальних положень та підходів теорії коливань систем з розподіленими параметрами (СРП), які дозволяють формувати постановки задач, будувати розрахункові та математичні моделі поведінки конструкцій як СРП під дією динамічних навантажень. Навчити студентів основним інженерним (розрахунковим) методам визначення динамічних навантажень в ланках машини з неперервними параметрами, які орієнтовані на використання сучасних обчислювальних засобів (ЕОМ) та здатних сформулювати рекомендації по запобіганню інтенсивних вібрацій машин та механізмів

### **Формат занять**

Лекції, практичні заняття, консультації. Обов'язкові контрольні завдання по вузловим розділам. Колоквіум. Підсумковий контроль - іспит.

### **Компетентності**

ФК01. Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем.

ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.

ФК09. Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.

ФКС1. Здатність створювати математичні моделі в контексті механіки твердого деформівного тіла.

ФКС2. Здатність створювати та аналізувати математичні моделі, що відтворюють поведінку складних динамічних систем.

### **Результати навчання**

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

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.

РНС1. Вміти створювати математичні моделі для механіки твердого деформівного тіла.

РНС2. Вміти створювати та аналізувати математичні моделі, що відтворюють поведінку складних динамічних систем, елементів конструкцій

### **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни: у 7-му семестрі 120 год, (4 кредити ECTS): 32 години лекцій, 16 годин практичних занять, 72 годин самостійної роботи; . Контрольні розрахункові завдання.

Підсумковий контроль – іспит

### **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Математичний аналіз, диференціальні рівняння, теоретична та аналітична механіка, теоретичні основи моделювання фізичних процесів, теорія динамічних процесів-І.

### **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

Теоретичний матеріал закріплюється на практичних заняттях. Студентам необхідно вести записи. Для якісного оволодіння основ теорії динамічних процесів необхідними умовами є повне та правильне виконання контрольних завдань. По результатам виконання КЗ проводиться Колоквіум з опитуванням теоретичних основ по темі. Їх результати є основою поточного та підсумкового контролю.

# Програма навчальної дисципліни

## Теми лекційних занять

1. Вступ. Предмет і задачі курсу. Значення теорії коливань. Класифікація коливальних процесів. Континуальні системи – системи з  $\infty$  ЧСС. Хвильова та коливальна трактовки динамічних явищ в системах з розподіленими параметрами
  - 1.1. Поздовжні, Крутильні коливання прямих валів та поперечних струни з розподіленими параметрами.
  - 1.2. Гіпотези технічної теорії. Хвильове рівняння. Врахування зосереджених мас, зовнішнього та внутрішнього розсіювання енергій, розподіленого та зосередженого навантажень.
  - 1.3. Диференціальні рівняння, початкові та граничні умови. Рішення для поздовжніх та крутильних коливань стержня
  - 1.4. Власні (головні) поздовжні коливання. Власні частоти та форми коливань. Властивості власних форм коливань..
  - 1.5. Операційний підхід. Власні коливання стержня з зосередженими масами .
  - 1.6. Вільні поздовжні коливання стержня з урахуванням лінійного не пружного опору.
  - 1.7. Вимушені крутильні та поздовжні коливання стержня з лінійною дисипацією. Особливості дії гармонічного навантаження. Загальний метод рішення задач динаміки систем розкладанням в ряд по власним формам коливань.
2. Поперечні (згинальні) коливання прямих стержнів з розподіленими параметрами.
  - 2.1. Основні гіпотези. Диференціальне рівняння. Класичне рівняння Кірхгофа. Врахування зовнішнього та внутрішнього тертя. Рівняння Релея та балка С.П.Тимошенко. Граничні умови.
  - 2.2. Власні (головні) згинальні коливання стержня, власні частоти та форми коливань, їх властивості. Функції А.Н.Крилова.
  - 2.3. Операційний метод. Рівняння форм коливань стержня з зосередженими масами. Розрахунок критичних швидкостей обертання прямих валів з дисками.
  - 2.4. Вплив на власні частоти коливань стержнів інерції повороту, деформації зсуву, поздовжніх сил та пружної основи.
  - 2.5. Початкові умови. Вільні та вимушені згинальні коливання стержня з лінійною дисипацією енергії. Особливості вимушених згинальних коливань при дії гармонічного навантаження.
3. Поняття про варіаційну концепцію рішення задач динаміки.
  - 3.1. Кінетична та потенціальна енергії поздовжніх, крутильних та згинальних коливань прямих стержнів з розподіленими параметрами.
  - 3.2. Поняття про принцип Гамільтона-Остроградського для консервативних систем.
  - 3.3. Метод Рітца. Функціонал. Граничні умови. Алгоритм розрахунку власних коливань консервативних систем методом Рітца.
  - 3.4. Метод Релея в розрахунках власних поздовжніх та згинальних коливань стержнів.
  - 3.5. Метод Бубнова-Гальоркіна в розрахунках власних поздовжніх та згинальних коливань стержнів. .
4. Поняття про згинальні (поперечні ) коливання пластин.
  - 4.1. Основні гіпотези та диференціальне рівняння поперечних коливань прямокутної пластинки.
  - 4.2. Диференціальне рівняння згинальних коливань пластини з зосередженими масами та впливом пружної основи. Граничні умови.
  - 4.3. Пластинка з вільно опертими краями. Власні коливання, частоти та форми коливань. Особливості власних форм коливань у пластин.
  - 4.4. Поняття про диференціальне рівняння згинальних коливань круглої пластини. Граничні умови. Власні коливання, частоти та форми коливань круглої пластинки.
  - 4.5. Поняття про енергетичні характеристики при поперечних коливаннях пластин. Кінетична, потенціальна енергії пластинки в прямокутній та полярній системах координат. Методи Рітца, Релея та Гальоркіна.

## Теми практичних занять

1. Повторення матеріалу попереднього семестру. Вільні та вимушені коливання систем з  $N$  ступенями свободи. Загальний інтеграл диференціальних рівнянь вільних лінійних коливань у вигляді розкладання в ряд по власним формам коливання.

- 1.1. Використання інструментів комп'ютерних технологій в обчисленнях вібраційних процесів. Приклади аналізу динамічних процесів засобами системи символічної математики Octave .
2. Поздовжні та Крутильні коливання прямих стержнів з розподіленими параметрами. Граничні умови. Власні коливання стержня. Вільні коливання стержня. Форми коливань.
3. Вільні та вимушені крутильні та поздовжні коливання стержня з лінійною дисипацією при дії розподіленого та зосередженого навантаження. Особливості дії гармонічного навантаження.
4. Поперечні (згинальні) коливання прямих стержнів з неперервними параметрами. Власні (головні) згинальні коливання стержня, власні частоти та форми коливань.
5. Властивості власних форм коливань. Функції Крилова. Рішення задачі про власні коливання в функціях Крилова. Використання Операційного обчислення.
6. Поняття про варіаційні підходи розрахунків коливань систем з розподіленими параметрами. Розрахунок власних поздовжніх та згинальних коливань прямих стержнів методом Рітца та Релея..
7. Поняття про енергетичні характеристики поперечних коливань пластин. Кінетична, потенціальна енергії пластинки. Методи Рітца, Релея та Гальоркіна. Власні коливання, частоти. Граничні умови. Особливості власних форм коливань пластин.

## Теми лабораторних робіт

### Самостійна робота

1. Опрацювання лекційного матеріалу та підготовка до практичних занять.
2. Для закріплення матеріалу курсу обов'язковим є виконання КЗ:
  - Кз1. "Вільні поздовжні коливання прямого стержня з розподіленими параметрами".
  - Кз2. "Вимушені згинальні коливання стержня з розподіленими параметрами".
3. Підготовка до Колоквіуму. По результатам виконання КЗ проводиться Колоквіум з опитуванням теоретичних основ по темі.
4. Для поглибленого знайомства з проблемами вібрації систем з розподіленими параметрами можна розглядати теми:
  - Хвильова та коливальна трактовки динамічних явищ в системах з розподіленими параметрами.
  - Диференціальне рівняння згинальних коливань прямих стержнів з урахуванням інерції повороту та деформації зсуву. ( Рівняння Релея та балка С.П.Тимошенко).
  - Оцінка якості диференціальних рівнянь згинальних коливань стержня з урахуванням поправок Релея та С.П.Тимошенко (визначення швидкості руху збудження).
  - Вплив на власні частоти коливань стержнів інерції повороту, деформації зсуву, поздовжніх сил та пружної основи
  - Використання платформи Octave в обчисленнях вібрації систем.
  - Імпульсивні функції першого та другого роду.
  - Принцип Гамільтона-Остроградського в задачах динаміки систем.

## Література та навчальні матеріали

1. Василенко М.В.,Алексеичук О.М. Теорія коливань і стійкість руху.К.:Вища школа,2004.
2. S.P.Timoshenko,D.H.Joung,W.Weaver,Jr.Vibration Problems in Engineering. (4-th ed.), Wiley,New York. 1974.
3. Кожушко А.П.Коливання механічних систем в автомобіле-та тракторобудуванні:навч.посіб. Харків:ФОП ПановАМ,2018.
4. S.S.Rao. Mechanical Vibrations. (5-th ed.),Pearson Education,2010.
5. Грищенко В М. Коливання систем зі скінченним числом ступенів свободи: Метод вказівки для студентів спеціальностей 113-Прикладна математика, 122 -Комп'ютерні науки / Уклад. В.М. Грищенко - Х.: НТУ «ХПІ», 2023. 31 с.
6. Поточні методичні матеріали.

### Додаткова література

1. W.Thomson,M.D.Dahleh. Theory of Vibration with Applications.Pearson,2013. 544p.

2. J.O.Den Hartog.Mechanical Vibrations,Dover Publications,NewYork,1985.

3. При вивченні дисципліни можуть використовуватись фізичні лабораторні установки, РС.

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів здачі Колоквіума по виконанню Кз (60%) , результатів активності студента на лк/пз (10%) та оцінювання на Іспиті (30%).

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис

Завідувач кафедри  
Олексій Водка

29 серпня 2023 р

Дата погодження, підпис

Гарант ОП  
Геннадій ЛЬВОВ