



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

# «Моделювання фізичних процесів»



Шифр та назва спеціальності  
122 – Комп'ютерні науки

Інститут  
ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма  
Комп'ютерні науки. Моделювання, проектування та комп'ютерна графіка

Кафедра  
Математичне моделювання та інтелектуальні обчислення в інженерії (161)

Рівень освіти  
Бакалавр

Тип дисципліни  
Профільований пакет 2, Вибіркова

Семестр  
5

Мова викладання  
Українська

## Викладачі, розробники



**Львов Геннадій Іванович**

[Gennadiy.Lvovl@khi.edu.ua](mailto:Gennadiy.Lvovl@khi.edu.ua)

Доктор технічних наук, професор

Сфера наукових інтересів:

- дослідження нелінійних задач динаміки і міцності структур;
- чисельні методи розв'язання задач теорії пружності, пластичності і вібрації;
- чисельні методи гомогенізації композитів.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна "Моделювання фізичних процесів" вивчає основні принципи та методи математичного моделювання різноманітних фізичних явищ і процесів з метою їх аналізу, передбачення та оптимізації. Студенти отримують поглиблені знання у сферах чисельних методів, фізики, теорії систем та використовують їх для створення комп'ютерних моделей складних фізичних систем.

### Мета та цілі дисципліни

Метою програми є оволодіння студентами здатністю розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що передбачає застосування математичних теорій, методів, алгоритмів, інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення.

### Формат занять

Навчання включає лекції, лабораторні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

## Компетентності

ЗК1: Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК6: Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями

СК1: Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування.

СК4: Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного

моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач

СК7: Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів .

## Результати навчання

ПР2: Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації .

ПР6: Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів

ПР7: Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно- та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування .

## Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 72 год.

## Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Дисципліна базується на знаннях та компетенціях, що набуває здобувач вищої освіти під час вивчення дисциплін: Математичний аналіз, Лінійна алгебра, Спеціальні глави вищої математики, Алгоритмізація та програмування.

## Особливості дисципліни, методи та технології навчання

При викладанні лекційного курсу використовуються методи проблемного навчання шляхом застосування таких форм навчання, як тематичні та проблемні лекції. Метою таких лекцій є розвиток у студентів логічного та самостійного розуміння матеріалу.

Самостійна робота студентів включає: підготовку до практичних занять, вивчення рекомендованої наукової літератури, написання звітів з лабораторних робіт. Завдання самостійної роботи студентів вважаються виконаними, якщо вони: подані в установлений термін і повністю виконані та не мають логічних і розрахункових помилок.

## Програма навчальної дисципліни

### Теми лекційних занять

#### Вступ

Предмет теорії пружності.

Місце серед дисциплін механіки деформуючого тіла.

Практичне значення методів теорії пружності. Коротка історична довідка.

Основні гіпотези і принципи теорії пружності. Модель ідеально пружного тіла.

#### Тема 1. Теорія напруженого стану.

- 1.1. Зовнішні об'ємні і поверхневі сили.
- 1.2. Внутрішні напруження. Метод перетинів. Повне, нормальне і дотичне напруження на довільній площадці.
- 1.3. Координатні напруження. Зв'язок напружень на похилих площадках з координатними напруженнями.
- 1.4. Диференціальні рівняння рівноваги. Закон парності дотичних напружень. Статичні крайові умови.

#### Тема 2. Дослідження напруженого стану в точці.

- 2.1. Еліпсоїд Ляме. Поверхня напружень Коші. Головні площадки і головні напруження.
- 2.2. Визначення положення головних площадок і величин головних напружень. Інваріанти напруженого стану.
- 2.3. Формули перетворення координатних напружень при повороті системи координат.
- 2.4. Визначення максимальних дотичних напружень.

#### Тема 3. Геометрична теорія деформацій.

- 3.1. Лагранжевий і Ейлеровий опис суцільного середовища. Матеріальні координати.
- 3.2. Вектор переміщення і його проєкції. Компоненти малої деформації.
- 3.3. Тензор відносного переміщення і тензор деформації. Головні напрямки тензора деформації.
- 3.4. Зв'язок переміщень з деформаціями. Формули Коші.
- 3.5. Об'ємна деформація. Вектор повороту.
- 3.6. Умови спільності деформацій.

#### Тема 4. Фізичні співвідношення теорії пружності.

- 4.1. Термодинаміка пружного деформування. Формули Гріна.
- 4.2. Узагальнений закон Гука. Види симетрії пружних властивостей. Закон Гука для ортотропного тіла.
- 4.3. Закон Гука для ізотропного тіла в прямій і зворотній формі.
- 4.4. Пружні постійні. Обмеження на чисельні значення пружних постійних.

#### Тема 5. Повна система рівнянь теорії пружності; крайові умови.

- 5.2. Основні задачі теорії пружності. Прямий і зворотний методи рішення. Напівзворотний метод Сен-Венана.
- 5.3. Рішення задач теорії пружності в переміщеннях і напругах. Рівняння Ляме і Бельтрамі-Мітчелла.
- 5.4. Загальні властивості рішень задач теорії пружності при відсутності об'ємних сил.
- 5.5. Теорема про одиничність рішення задачі теорії пружності. Плоска задача теорії пружності.

#### Тема 6. Плоска задача теорії пружності. 6.1. Плоска деформація і плоский напружений стан.

##### Функція напруг Ері. Основне бігармонічне рівняння плоскої задачі.

- 6.2. Рішення плоскої задачі в алгебраїчних поліномах. Рішення плоскої задачі у формі Риб"єра і Файлона.
- 6.3. Плоска задача теорії пружності в полярних координатах.
- 6.3. Осеесиметричні плоскі задачі. Задача Ламе. Циліндри під тиском.
- 6.4. Розрахунок обернених дисків
- 6.4 Концентрація напруг у пластині з малим отвором при однобічному розтяганні (задача Кірша).

#### Тема 7. Варіаційні постановки і методи рішення задач теорії пружності.

- 7.1. Варіаційні принципи і функціонали. Варіаційний принцип Лагранжа. Принцип мінімум додаткової роботи, функціонал Кастильяно.
- 7.2. Прямі варіаційні методи. Методи Рітца, Бубнова-Гальоркіна

#### Тема 8. Моделювання теплопровідності

- 8.1. Рівняння нестационарної теплопровідності.
- 8.2. Початкові та крайові умови
- 8.3. Стационарні задачі в циліндричній системі координат

### Теми практичних занять

Не передбачено навчальним планом.

### Теми лабораторних робіт

**Тема 1.** Зв'язок напружень на похилих площадках з координатними напруженнями

**Тема 2.** Статичні крайові умови необхідності рівноваги.

**Тема 3.** Визначення положення головних площадок і величин головних напружень.

**Тема 4.** Прямий і зворотний методи рішення задач теорії пружності.

**Тема 5.** Задача Ламе. Циліндри під тиском.

**Тема 6.** Розрахунок обернених дисків

**Тема 7.** Розрахунок складених дисків

### **Самостійна робота**

Виконання самостійних робіт, поточних контрольних та модульних робіт. Виконання індивідуального завдання.

## **Література та навчальні матеріали**

### **Основна література**

1. Механіка матеріалів: навчальний посібник / Чаусов М. Г., Пилипенко А. П., Куценко А. Г., Бондар М. М. – Ніжин : ТОВ «Видавництво «АспектПоліграф»», 2018. – 560 с.
2. J.R. BARBER. Elasticity. Kluwer Academic Publishers. 2002.
3. Дудик М.В., Діхтяренко Ю.В. Сучасні методи теорії пружності (курс лекцій): навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів фізико-математичних спеціальностей. – Умань: ПП «Жовтий», 2015. – 108 с.
4. А. Є. Бабенко, М. І. Бобир, С. Л. Бойко [та ін.]. Теорія пружності. – Київ : Основа, 2009. – 244с.  
<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15853/1/N-book.pdf>
5. Д.В. Риндюк. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ ТА ПРОМИСЛОВОСТІ. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 69 с.  
([https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41557/1/Mat-model-tepl-protsesiv-v-enerhetyysi-ta-promyslovosti\\_KonspLek-Ch1.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41557/1/Mat-model-tepl-protsesiv-v-enerhetyysi-ta-promyslovosti_KonspLek-Ch1.pdf))

### **Додаткова література**

1. Г. І. Львов. АНАЛІЗ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ У ТОЧЦІ НАВАНТАЖЕНОГО ТІЛА. Методичні вказівки до індивідуальних домашніх завдань з курсу « Теоретичні основи структурного аналізу» Харків. НТУ «ХПІ» 2022
2. G. I. Lvov. NUMERICAL HOMOGENIZATION OF THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF FIBROUS COMPOSITES. Mechanics of Composite Materials, Vol. 58, No. 5, November, 2022 DOI: 10.1007/s11029-022-10054-x
3. S.S. Bhavikatti. MECHANICS OF SOLIDS. New Age International.2010.-373p  
(<https://cybertycoons.files.wordpress.com/2014/04/mechanics-of-solids.pdf>)

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Для оцінювання успішності студента використовується система накопичення балів.

Максимальна кількість балів за:

- Самостійна робота 5 балів,
- Поточна контрольна робота 10 балів.
- Модульна контрольна робота 15 балів
- ІДЗ 20 балів

В якості альтернативи системі накопичувальних балів можна скласти усний іспит

### 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

28.08.2023

Завідувач кафедри  
Олексій Водка

28.08.2023

Гарант ОП  
Оксана ТАТАРІНОВА