



Силабус освітнього компонента  
Програма навчальної дисципліни



## Основи теорії метода скінченних елементів

### Шифр та назва спеціальності

G9 – Прикладна механіка

### Спеціалізація

–

### Освітня програма

Моделювання технічних систем

### Рівень освіти

Другий (магістерський)

### Семестр

2

### Інститут

ННІ механічної інженерії і транспорту

### Кафедра

Теорія і системи автоматизованого проектування механізмів і машин (151)

### Тип дисципліни

Вільного вибору професійної підготовки

### Форма навчання

Денна

### Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



Бондаренко Олексій Вікторович,

[Oleksii.Bondarenko@khpi.edu.ua](mailto:Oleksii.Bondarenko@khpi.edu.ua)

Кандидат технічних наук, доцент кафедри «Теорія і системи автоматизованого проектування механізмів і машин» НТУ «ХПІ». Досвід роботи – 14 років. Автор понад 100 наукових та навчально-методичних праць. Лектор з дисциплін: «Теорія машин і механізмів», «Методи оптимізації в техніці», «Геометричне моделювання механічних систем», «Сучасні технології в прикладній механіці», «Основи теорії метода скінченних елементів», «Комп'ютерні системи обґрунтування проектних рішень», «Сучасні методи математичного та комп'ютерного моделювання».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна спрямована на оволодіння теоретичними основами методу скінченних елементів, алгоритмічних засобів його реалізації в сучасних системах інженерного аналізу і проектування. Придбання студентами практичних навичок, прийомів та методів МСЕ для виконання конкретних розрахунків складних конструкцій.

### Мета та цілі дисципліни

Дисципліна направлена на оволодіння базовими знаннями з теоретичних основ методу скінченних елементів та особливостями його реалізації в сучасних комп'ютерних системах інженерного аналізу. Оволодіння студентами навичок у застосуванні прийомів та методів МСЕ шляхом виконання розрахунків конструкцій. Цілі та завдання дисципліни включають також: закріплення знань студентів в області теоретичної та аналітичної механіки, теоретичних основ моделювання фізичних процесів, напрацюванні навичок сучасним методам дослідження.

## Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – залік.

## Компетентності

ЗК2 Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК6 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ФК1 Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

ФК2 Здатність описати, класифікувати та змодельовувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

ФК5 Застосування відповідних методів і ресурсів сучасної інженерії на основі інформаційних технологій для вирішення широкого кола інженерних задач із застосуванням новітніх підходів, методів прогнозування з усвідомленням інваріантності розв'язків.

## Результати навчання

РН1 Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань.

РН5 Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення.

РН8 Оволодівати сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами, зокрема через самостійне опрацювання фахової літератури, участь у науково-технічних та освітніх заходах.

РН10 Вести пошук необхідної інформації в науково-технічній літературі, електронних базах та інших джерелах, засвоювати, оцінювати та аналізувати цю інформацію.

РН12 Вміти виконувати моделювання, статичний та динамічний аналізи конструкцій, механізмів, матеріалів та процесів на стадії проектування з використанням сучасних комп'ютерних систем.

РН13 Вміти здійснювати збір, опрацювання, аналіз, систематизацію науково-технічної інформації, уникаючи при цьому плагіату, формувати і виносити судження, розробляти презентації та публікації.

## Обсяг дисципліни

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

## Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Дисципліна базується на навчальних дисциплінах "Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка", "Вступ до спеціальності. Ознайомча практика", "Вища математика", "Фізика", "теоретична механіка", "Опір матеріалів".

## Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. Застосовуються активні форми проведення занять: лекція, лекція-діалог, лекційне опитування, практичні заняття, інженерний семінар, співбесіда, консультація. На заняттях використовується компетентністний підхід до навчання, ігрові методи, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій при вивченні електричних машин.

## Програма навчальної дисципліни

### Навчальні заняття

#### Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Вступ. Значення і задачі курсу. Области застосування МСЕ. X-ка основних СЕ для рішення задач механіки суцільного середовища. Приклади в техніці. Основні положення методу. Типи скінченних елементів. Глобальна і локальна нумерації вузлових параметрів.	4
Тема 2. Прямий МСЕ як чисельна реалізація методу переміщень механіки стержневих систем. Поздовжня деформація стержневої системи при дії зовнішнього вузлового навантаження. Глобальна і локальна нумерації вузлових параметрів.	4
Тема 3. Приведення довільних навантажень на елемент до еквівалентних вузлових. Деформація стержневої системи при дії поза вузлового навантаження.	4
Тема 4. Згинальна деформація стержневої системи при дії зовнішнього вузлового навантаження. Обчислення матриці жорсткості згинального стержневого СЕ. Обчислення векторів приведенного навантаження для характерних типів зусиль: розподіленого, зосередженого, кусково неперервного.	4
Тема 5. Автоматизація побудови розрахункових рівнянь методу. Матриця індексів і вантажна матриця.	4
Тема 6. . Перетворення матриці жорсткості та вектору приведених поза вузлових навантажень при повороті координатних осей. Матриця повороту. Згинально-поздовжня деформація плоскої стержневої системи.	4
Тема 7. Поняття про варіаційну трактовку МСЕ. Суть варіаційного підходу рішення задач механіки. Квадратичний функціонал енергії в гільбертовому просторі для рішення рівнянь математичної фізики в частинних похідних . Поняття про основний алгоритм варіаційного МСЕ. Побудова функції переміщень в МСЕ.	4
Тема 8. Поняття функцій форми елемента. Функції форми для апроксимації переміщень стержневих, пластинчатих і об'ємних симплекс елементів. Функції форми згинального стержневого елемента. Загальне поняття про формулювання МСЕ 3-х вимірних задач теорії пружності на основі мінімуму повної потенціальної енергії. Принцип і алгоритм обчислення матриці жорсткості елемента при рішенні задач теорії пружності. Приведення довільного навантаження на елемент до еквівалентного вузлового.	4
<b>Загальна кількість годин</b>	<b>32</b>

### Практичні заняття

Теми практичних/семінарських занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти а
Тема 1. Прямий МСЕ як чисельна реалізація методу переміщень механіки стержневих систем.	2	-
Тема 2. Поздовжня деформація стержневої системи при дії зовнішнього вузлового навантаження.	2	-
Тема 3. Алгоритм обчислення розрахункових рівнянь методу на основі умов сумісності переміщень і рівноваги сил у вузлах.	2	-
Тема 4. Матриця індексів для рівнянь згинальної деформація стержневої системи.	2	-



<b>Тема 2.</b> Основні положення опору матеріалів при позовжньому та згинальному деформуванні стержневої системи	6
<b>Тема 3.</b> Імпульсивні функції для врахування дії зосереджених сил.	6
<b>Тема 4.</b> Матриця індексів при автоматизації побудови розрахункових рівнянь конструкції.	6
<b>Тема 5.</b> Суть варіаційних методів рішення задач механіки. Метод Рітца.	6
<b>Тема 6.</b> Метод суперелементів.	6
<b>Загальна кількість годин</b>	<b>36</b>

### Тематика індивідуальних завдань

**Тема 1.** Розрахунок статично-визначуваної ферми - дослідження впливу особливостей розрахункової схеми на внутрішні зусилля (зміст: розрахункові схеми і дискретні моделі ферми, результати розрахунку за різними розрахунковими схемами, перевірка визначення зусиль і перевірка зусиль методами статички).

**Тема 2.** Розрахунок статично-невизначуваної ферми - дослідження впливу жорсткості стержнів, температурних навантажень на внутрішні зусилля і переміщення (зміст: розрахункова схема і дискретна модель ферми, результати розрахунку з різними жорсткостями стержнів при дії силового навантаження та при дії температурних навантажень, перевірка зусиль і переміщень аналітичними методами)

**Тема 3.** Розрахунок плоскої статично-невизначуваної рами (зміст: розрахункова схема і дискретна модель рами, результати розрахунку методом переміщень - 1й семестр, і МСЕ (епюри внутрішніх зусиль), визначення переміщень і перевірка умови жорсткості рами).

**Тема 4.** Розрахунок просторової статично-невизначуваної рами (розрахункова схема, результати розрахунку МСЕ при дії просторових навантажень, перевірка зусиль аналітичними методами).

<b>Загальна кількість годин</b>	<b>36</b>
---------------------------------	-----------

### Неформальна освіта

Здобувач має можливість перезарахувати окремі теми або курс шляхом: проходження професійних курсів чи тренінгів, онлайн-освіти, професійних стажувань, у сфері, що відповідає навчальним цілям дисципліни.

Для зарахування необхідно надати: сертифікат (електронний або друкований) про проходження курсу/стажування, опис програми тренінгу із зазначенням змісту тем, обсягу та тривалості.

### Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

#### Основна література

1. Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О.В. Основи методу скінченних елементів: навч. посіб. Чернівці: ЧДТУ, 2007. 288с.
2. Tirupathi R.Chandrupatla, Ashok D.Belegundu. Introduction to Finite Elements in Engineering :fourth edition, Pearson Education, 2012. 663p.

3. Mary Kathryn Thompson, John M. Thompson. ANSYS Mechanical APDL for Finite Element Analysis. Elsevier Science, 2017, 466p.
4. Xiaolin Chen, Yijun Lin. Finite Element Modeling and Simulation with ANSYS Workbench. CRC Press, 2018. 471p.
5. Ramana M Ridaparti. Engineering Finite Element Analysis. Morgan & Claypool, 2017.
6. P. Seshu. Text Book of Finite Element Analysis. Philearning Private Limited, New Delhi, 2012.
7. Zienkiewicz O C. The Finite Element Method. McGraw-Hill (UK), London, 1977.
8. Баженов В.А., Перельмутер А.В., Шишов О.В. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології і моделювання [Електронний ресурс] : Підручник для студентів вищих навчальних закладів // Електронні текстові дані (1 файл: 34,7 Мбайт) Київ, 2018 р. – 896 с.
9. Баженов В.А., Іванченко Г.М., Шишов О.В., Пискунов С.О. Будівельна механіка. Розрахункові вправи. Задачі. Комп'ютерне тестування: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів - Київ, Каравела, 2010 р. – 420 с.
10. Легостаєв А.Д. Метод скінченних елементів. Конспект лекцій. – Київ, КНУБА, 2004 р. - 112 с.

## Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо відповідно до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх видів навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників  $k$ :

Поточний контроль (лабораторні роботи), $k_1$	Контрольні роботи (за наявності), $k_2$	Індивідуальне завдання (за наявності), $k_3$	Підсумковий контроль (для ОК з іспитом), $k_4$
0,2	0,4	0,3	0,1

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю:  $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$ . Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.

Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = P \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + Pk \cdot k_4,$$

де:  $P$  – середньозважена середня оцінка за поточний контроль,  
 $I$  – оцінка за виконання індивідуального завдання,  
 $K$  – середньозважена оцінка за контрольні роботи,  
 $Pk$  – оцінка за підсумковий контроль.

$$P = \frac{P_1 \cdot a_1 + P_2 \cdot a_2 + \dots + P_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i},$$

де:  $a_i$  - ваговий коефіцієнт за лабораторне заняття.

$$K = \frac{K_1 \cdot b_1}{\sum_{i=1}^n b_i},$$

де:  $b_i$  - ваговий коефіцієнт за контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову ( $P, K, I, \dots$ ) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з [положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХП»](#).

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої  $O$  з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

## 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	F

(потрібне повторне  
вивчення)

## Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти 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

30.08.2025

**Завідувач кафедри**

Олександр УСТИНЕНКО

30.08.2025

**Гарант ОП**

Анатолій ГАЙДАМАКА