Національна академія наук України

Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Заступник директора
з наукової роботи

“23” 2025 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Моделі та методи механіки композитних конструкцій

(назва навчальної дисципліни)

Підготовки докторів філософії

зі спеціальності 113 Прикладна математика

2024 / 2025 навчальний рік

Робочу програму навчальної дисципліни «Моделі та методи механіки композитних конструкцій» складено відповідно до освітньо-наукової програми «Математичне моделювання та оптимізація теплових, механічних процесів і складних геометричних структур» підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 113 Прикладна математика.

Розробники: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Сметанкіна Наталя Володимирівна, д-р техн. наук, професор, завідувач відділу вібраційних і термоміцнісних досліджень

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою інституту 23 квітня 2025 року, протокол № 4

Програму схвалено на розширеному засіданні відділу нелінійної механіки та математичного моделювання.

Протокол № 1 від 21.04.2025 р.

Завідувач відділу

_____ Аврамов К. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-технічною проблемною радою «Математичне моделювання. Механіка деформованого твердого тіла. Динаміка і міцність машин. Магнетизм технічних об'єктів».

Протокол № 7 від 22.04.2025 р.

Заступник голови НТПР _____

_____ Максименко-Шейко К. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Моделі та методи механіки композитних конструкцій» є вивчення нових математичних підходів та методів у моделюванні й дослідженні поведінки композиційних матеріалів з метою їх практичного застосування в науково-дослідній і виробничо-професійній діяльності фахівця.

Перелік компетентностей та програмних результатів навчання, що забезпечує дисципліна

Компетентності

ЗК8 Здатність виявляти, ставити і вирішувати проблеми.

ЗК10 Знання і розуміння предметної області та розуміння професії.

ЗК11 Здатність до абстрактного та аналітичного мислення й генерування ідей.

ФК1 Здатність виявляти актуальні прикладні математичні проблеми і застосовувати поглиблені знання з прикладної математики.

ФК2 Здатність розробляти математичні моделі, що адекватно описують геометрію досліджуваних об’єктів і систем та фізичні процеси в них.

ФК3 Здатність застосовувати сучасні методи математичного моделювання і оптимізації для розв’язання задач прикладної математики.

ФК4 Здатність розробляти і вдосконалювати методи моделювання теплових та механічних процесів і оптимального проектування.

ФК5 Здатність на основі сучасних методів моделювання і оптимізації розробляти алгоритми розрахунку.

ФК6 Здатність використовувати сучасні програмні засоби для розв’язання задач прикладної математики.

ФК7 Здатність проводити обчислювальні експерименти з обробкою розрахункових даних і їх аналізом.

ФК8 Здатність аналізувати та інтерпретувати результати розв’язання задач прикладної математики.

Програмні результати навчання

ПРН1 Знати та критично оцінювати теорії, положення та концептуальні підходи до вирішення комплексних наукових і практичних завдань в галузі прикладної математики.

ПРН3 Знати і розуміти принципи побудови математичних моделей фізичних процесів.

ПРН4 Знати сучасні методи моделювання і оптимального проектування і уміти вдосконалювати їх.

ПРН5 Вміти розробляти і вдосконалювати алгоритми моделювання фізичних процесів і оптимального проектування, реалізовувати їх за допомогою відповідного програмного забезпечення.

ПРН6 Вміти використовувати сучасне програмне забезпечення для розв’язання задач прикладної математики з розподіленими параметрами.

ПРН7 Вміти проводити розрахункові дослідження та аналізувати отримані чисельні результати.

Характеристика навчальної дисципліни

Вибіркова освітня компонента	
Кількість кредитів	3
Рік підготовки	2-й
Семестр	3-й
Загальна кількість годин	90
Лекції	24 год.
Практичні заняття	6 год.
Індивідуальні заняття	__ год.
Самостійна робота	60 год.
Вид підсумкового контролю	залік

2. Зв'язок з іншими освітніми компонентами

Освітні компоненти, що передують вивченню:
ОК5 Сучасні методи обчислювальної математики
ОК7 Моделі та методи нелінійної динаміки
Освітні компоненти, які розвивають результати навчання за цією дисципліною:
немає

3. Заплановані результати навчання

Після вивчення курсу аспіранти повинні:

Знати: основні властивості, положення і методи механіки композитних матеріалів; методологію розрахунків конструкцій з композитних матеріалів; визначальні співвідношення процесу деформування різних композиційних матеріалів і критерії їх руйнування;; сучасні програмні засоби для реалізації методів розрахунку багатошарових армованих конструкцій на міцність;

Вміти: розробляти математичні моделі конструкцій з композитних матеріалів; формулювати постановки задач розрахунку на міцність; застосовувати сучасне програмне забезпечення для розрахунку елементів конструкцій з композитних матеріалів з використанням сучасних математичних моделей і методів та аналізувати отримані результати, використовувати отримані знання для розв'язання прикладних задач за спеціальністю.

Розуміти: будову композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей.

4. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні положення механіки композитних конструкцій.

Тема 1. Визначення композиційного матеріалу з позиції механіки суцільних середовищ.

Конструкційні властивості композиційних матеріалів. Класифікація композиційних матеріалів. Властивості композитів. Наноструктури та наноматеріали. Галузі застосування композитів.

Тема 2. Волокнисті композиційні матеріали.

Компоненти волокнистих композитів. Армуючі волокна. Матричні матеріали. Схеми армування композитів. Узагальнений закон Гука для анізотропного тіла. Ефективні модулі пружності односпрямованого матеріалу.

Тема 3. Пружні характеристики шаруватих композитів.

Перетворення пружних характеристик односпрямованого матеріалу при повороті системи координат. Пружні характеристики шаруватих композитів при плоскому напруженому стані. Згин шаруватих композитів.

Розділ 2. Розрахунок на міцність та проектування конструкцій з композиційних матеріалів.

Тема 4. Критерії міцності та аналіз руйнування конструкцій з композиційних матеріалів.

Структурний та феноменологічний підходи. Критерії руйнування односпрямованого композиційного матеріалу.

Тема 5. Розрахунок шаруватих композитних конструкцій

Стержні з композиційних матеріалів. Композитні пластини. Моделі деформування тришарових конструкцій. Математичні моделі клейових з'єднань. Дослідження осесиметричного напруженого стану пластин з круговими вирізами та концентричними накладками Методики розрахунку на міцність тришарових конструкцій з урахуванням міжшарових дефектів структури матеріалу.

5. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин						
	усього	у тому числі					
		лекції	практ.	лаб.	сем.	інд.	с.р.
Розділ 1. Основні положення механіки композитних конструкцій							
Тема 1. ***Визначення композиційного матеріалу з позиції механіки суцільних середовищ***	8	4					4
Тема 2. ***Волокнисті композиційні матеріали***	20	8					12
Тема 3. ***Пружні характеристики шаруватих композитів***	20	8					12
Разом за розділом 1	48	20					28
Розділ 2. Розрахунок на міцність та проектування конструкцій з композиційних матеріалів							
Тема 4. ***Критерії міцності та аналіз руйнування конструкцій з композиційних матеріалів***	16	2	2				12
Тема 5. ***Розрахунок шаруватих композитних конструкцій***	26	2	4				20
Разом за розділом 2	42	4	6				32
Усього годин	90	24	6				60

6. Самостійна робота

Метою самостійної роботи є навчитися користуватися навчально-методичними матеріалами, бібліотечними фондами, базами даних наукової літератури і інформаційними джерелами і іншими інформаційними джерелами, складати конспекти, аналізувати матеріал, порівнювати різні наукові концепції та робити висновки. Види самостійної роботи студента: опрацювання лекційного матеріалу; опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення; виконання завдань для самостійної роботи, відвідування консультацій; підготовка до підсумкового контролю.

Теми для самостійного вивчення

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Застосування композиційних матеріалів в техніці.	4
2	Теоретичні основи зміцнення матеріалів волокнами.	8
3	Основні промислові способи виготовлення композиційних	6

	матеріалів	
4	Тензори пружності для можливих видів макроскопічної симетрії	6
5	Методи розрахунку й оцінки ефективних властивостей композиційних матеріалів.	8
6	Мікромодель односпрямованого композита, яка враховує форму волокон	6
7	Лінійні та нелінійні теорії шаруватих пластин та оболонок	8
8	Концентратори та дефекти у композитах	4
9	Методи розрахунку шаруватих конструкцій на міцність	10
	Разом	60

***Завдання для самостійної роботи*[*)]**

1. Розробити алгоритм визначення фізико-механічних властивостей односпрямованих шарів композиційного матеріалу .
2. Розробити алгоритм визначення питомих показників односпрямованих композиційних матеріалів
3. Розробити алгоритм визначення коефіцієнтів матриці жорсткості і пружних констант шаруватого композиційного матеріалу
4. Розробити алгоритм визначення деформацій і напружень у шарах композиційного матеріалу у зв'язаній системі координат
5. Розробити алгоритми оцінки міцності шаруватих композитів.
6. Розробити алгоритми раціонального проектування пакета композиційного матеріалу з заданими властивостями на основі методів нелінійного програмування..

[*)] за бажанням здобувача він може сам скласти перелік завдань для самостійної роботи, адаптувавши їх під своє наукове дослідження, за умови узгодження переліку і змісту завдань з викладачем і науковим керівником

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання. Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, практичних занять, самостійної роботи, консультацій, практичні – при здійсненні студентами самостійної роботи. Під час проведення лекцій та практичних занять використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення окремих теоретичних положень навчальної дисципліни. До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація, робота із програмними продуктами для розв’язання задач механіки композитних конструкцій.

8. Методи контролю

Поточний контроль теоретичних знань, що отримані здобувачем вищої освіти ступеня доктора філософії, здійснюється шляхом опитування та перевірки виконання завдань для самостійної роботи.

Підсумковий контроль проводиться у вигляді заліку.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота							Екзамен	Сума
Розділ 1			Розділ 2			Разом		
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5		100	–	100
20	20	20	20	20				

Т1, Т2 ... – теми розділів. Бали за оцінювання кожного з 5 індивідуальних завдань входять до загальної кількості балів за поточне тестування за відповідною темою Т1, Т2…

Критерії оцінювання

Бали поточного контролю за кожною темою складаються з оцінювання відповідей під час усного опитування щодо засвоєння лекційного матеріалу (1 – розуміння окремих положень механіки композитних конструкцій, 2 – вміння визначати механічні характеристики композиційних матеріалів в залежності від властивостей компонентів, 3 – знання рівнянь механіки композитних конструкцій та їх застосування для розв'язання комплексних задач деформування та руйнування композитних конструкцій, 4 – застосування теорій, принципів, методів до розв'язання задач раціонального проектування шаруватих конструкцій за різними критеріями), оцінювання ступені опрацювання матеріалу тем для самостійного вивчення (1 – часткове розуміння матеріалу, 2 – досконале розуміння матеріалу) та оцінювання виконання завдання для самостійної роботи (1 – вміння визначити клас композиційного матеріалу, 2 – вміння оцінювати ефективні властивостей композиційних матеріалів, 3 – вміння формулювати гіпотези та обирати метод для розв'язання поставленої задачі, 4 – вміння застосовувати критерії міцності для аналізу руйнування конструкцій з композиційних матеріалів, 5 – вирішення поставленої задачі в цілому, 6 – повне вирішення поставленої задачі з творчим аналізом отриманих результатів).

За кожне індивідуальне завдання здобувач може отримати максимум 10 балів за такими критеріями: Відсутність помилок в теоретичній частині – 3 бали; Коректність викладок – 3 бали; Послідовність викладок – 2 бали; Логічність викладок – 2 бали.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка для заліку
50 – 100	зараховано
0 – 49	не зараховано

10. Рекомендоване методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «Моделі та методи механіки композитних конструкцій» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 113 Прикладна математика галузі знань 11 Математика та статистика (освітньо-наукова програма «Математичне моделювання та оптимізація теплових, механічних процесів і складних геометричних структур») [Електронне видання] / Упоряд. Н. В. Сметанкіна. Харків: ІЕМС НАН України, 2024. 111 с.

2. Методичні вказівки до виконання індивідуальних практичних завдань з дисципліни «Моделі та методи механіки композитних конструкцій» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 113 Прикладна математика галузі знань 11 Математика та статистика (освітньо-наукова програма «Математичне моделювання та оптимізація теплових, механічних процесів і складних геометричних структур») [Електронне видання] / Упоряд. Н. В. Сметанкіна. Харків: ІЕМС НАН України, 2024. 12 с.

3. Методичні вказівки та перелік завдань для самостійної роботи з дисципліни «Моделі та методи механіки композитних конструкцій» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 113 Прикладна математика галузі знань 11 Математика та статистика (освітньо-наукова програма «Математичне

моделювання та оптимізація теплових, механічних процесів і складних геометричних структур») [Електронне видання] / Упоряд. Н. В. Сметанкіна. Харків: ІЕМС НАН України, 2024. 7 с.

Основна література

1. Балдук П.Г., Лазарєва Д.В., Сур'янінов М.Г. Моделювання композиційних конструкцій. Одеса: ОДАБА, 2017. 120 с.
2. Технологія композиційних матеріалів: Навчальний посібник /Гончаренко В.В., Коваленко І.В. К.: 2007. 131 с.
3. Копань В. С. Композиційні матеріали [Текст] : навч. посіб. – К.: Пульсари, 2004. – 196 с.
4. Верещака С. М. Механіка композиційних матеріалів: навчальний посібник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 160 с.
5. Mechanics of Composite Structural Elements. 2nd edition / H. Altenbach, J. Altenbach, W. Kissing. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd, 2018. 503 p.
6. Полімерні композиційні матеріали в ракетнокосмічній техніці: Підручник / Джур Є.О., Кучма Л.Д., Манько Т.А.,Ситало В.І. К.: "Вища освіта", 2003. 399 с.

Допоміжна література

7. Composite materials for aircraft structures / Alan Baker, Stuart, Dutton, and Donald Kelly-- 2nd ed. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004. 602 p.
8. Reddy J.N. Mechanics of laminated composite plates: theory and analysis. 2nd Edition. Boca Raton: CRC Press, 2003. 858 p.
9. Mukhopadhyay M. Mechanics of composite materials and structures. Hyderabad: Universities Press, 2005. 371 p.
10. Barbero E.J. Finite element analysis of composite materials (composite materials: design and analysis). Boca Raton: CRC Press, 2007. 371 p.
11. Low I. M., Dong Y. Composite Materials: Manufacturing, Properties and Applications. Elsevier Science, 2021. 688 p.

Інформаційні ресурси

1. Навчально-методичний комплекс навчальної дисципліни на сайті ipmach.kharkov.ua
2. Мережа Internet.
3. Бібліотека ІЕМС НАН України.