



Міністерство освіти і науки України

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Будівельно-технологічний інститут
Кафедра хімії та екології

СИЛАБУС освітньої компоненти **ВК**

Навчальна дисципліна – Дослідження і оптимізація процесів адитивного виробництва з застосуванням методів кінцевих елементів (МКЕ)

Освітній рівень	другий (магістерський)	
Програма навчання	Вибіркова	
Галузь знань	19	Архітектура та будівництво
Спеціальність	192	Будівництво та цивільна інженерія
Освітня програма	«Адитивні технології»	
Обсяг дисципліни	4 кредити ECTS (120 академічних годин)	
Види аудиторних занять	лекції, лабораторні заняття	
Індивідуальні та (або) групові завдання	розрахунково-графічна робота	
Форми семестрового контролю	Залік	

Викладачі:

Колесников Андрій Валерійович, к.т.н., доцент кафедри хімії та екології,
kolesn@stikonet.od.ua

В процесі вивчення даної дисципліни студенти **ЗНАЙОМЛЯТЬСЯ З ТЕОРЕТИЧНИМИ ТА ПРАКТИЧНИМИ АСПЕКТАМИ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ЗОКРЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ І ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА.**

Наприклад: вміння підбирати склад полімерного композиційного матеріалу (наприклад, ABS пластику) для 3D друку за допомогою комп'ютерного експерименту, який базується на методі кінцево-елементного моделювання і має ціллю забезпечити мінімальну теплопровідність, мінімальну адгезію до основи 3D принтера, високу гомогенності послідовних шарів матеріалу, достатню міцність.

Передумовами для вивчення дисципліни є набуття теоретичних знань та практичних навичок за такими дисциплінами:

- Математика;

- Фізика;
- Хімія;
- Будівельне матеріалознавство.

Диференційовані результати навчання

знати:

- методи кінцевих елементів;
- методи багатокритеріальної оптимізації;
- особливості методів математичного моделювання в адитивних технологіях;
- питання комп'ютерної реалізації відповідних методів.

володіти:

- теоретичною базою методу кінцевих елементів та знанням особливостей реалізації відповідних методів у програмах 3D-моделювання;
- методами складання планів експерименту різної форми та призначення;
- методами складання функції бажаності згідно з цільовим призначенням матеріалів та виробів;
- методами графічного відображення результатів експериментально-статистичного моделювання.

вміти:

- відображати властивості матеріалу (зокрема механічні) у формі коефіцієнтів, що закладаються у комп'ютерну реалізацію 3D-моделі зразків та виробів на його основі;
- формалізувати завдання оптимізації складів матеріалів для 3D-друку та процесів їхньої обробки;
- здійснити обґрунтований вибір критерію оптимальності на основі літературних та дослідних даних;
- проводити аналіз кількісних результатів експериментально-статистичного моделювання в сполученні з комп'ютерним експериментом у числовій та графічній формі;
- прогнозувати очікувані результати комп'ютерного та натурального експериментальних досліджень.

№ п/п	Назва тем	Кількість годин			
		лекції	практ	лаб	самост
1	Особливості процесів, що протікають в композиційних матеріалах при адитивних технологіях.	2	2		4
2	Основні параметри технологічного процесу в адитивному виробництві. Тріада «склад+технологія – структура – властивості» матеріалу.	2	2		4
3	Основні поняття про кінцево-елементну форму рівнянь математичної фізики та теорії суцільних середовищ та засобів їхнього вирішення численними методами.	4	4		8
4	Основні методи побудови кінцево-елементних моделей зразків та виробів на основі експериментальних та літературних даних щодо властивостей матеріалів.	2	2		8
5	Одержання модельних значень експлуатаційних властивостей композиційних матеріалів на основі комп'ютерних експериментів.	2	2		4
6	Особливості реалізації методів кінцево-елементного моделювання у різних програмних пакетах.	2	2		4
7	Верифікація кінцево-елементних моделей зіставленням з результатами натурного експерименту.	2	2		4
8	Побудова експериментально-статистичних моделей на основі розрахункових методів. Вибір значущих доданків за статистичними критеріями.	2	2		4
9	Діагностика побудованих експериментально-статистичних моделей	2	2		4
10	Аналіз поверхонь відгуку та відповідних діагностичних графіків.	2	2		4
12	Методи багатокритеріальної оптимізації. Графічна та числова оптимізація. Вибір функції бажаності.	2	2		4
14	Графічне відображення результатів експериментально-статистичного моделювання і їхня інтерпретація.	2	2		6
16	Методи структурної оптимізації. Структурні параметри композитів як відгуки.	2	2		6
	Всього	16	32		72

Критерії оцінювання та засоби діагностики

Мінімальний рівень оцінювання щодо отримання «заліку» за навчальною дисципліною «Дослідження і оптимізація процесів адитивного виробництва з застосуванням методів кінцевих елементів (МКЕ)» складає 60 балів і може бути досягнений наступними засобами оцінювання:

Засоби оцінювання	Мінімальна	Максимальна
--------------------------	-------------------	--------------------

Вид контролю	Кількість у семестрі	кількість балів	кількість балів
Розрахунково-графічна робота	1	20	40
Практичні роботи (виконання та захист)	16	16	32
Підсумковий (семестровий) контроль знань	1	24	28
Всього		60	100

З дисципліни передбачено виконання **розрахунково-графічної роботи**.

Розрахунково-графічна робота з курсу складається з практичних завдань та задач за темами «Дослідження і оптимізація процесів адитивного виробництва з застосуванням методів кінцевих елементів (МКЕ) за допомогою програмних пакетів Solid works та Design Expert»

Методичні вказівки до виконання РГР [6]. Розроблено 20 варіантів завдань. При розв'язанні задач обов'язковим є представлення результатів розрахунків у символічному та графічному виді та відповідних висновків.

Підсумковий контроль знань проводиться для студентів, що не змогли з будь яких причин набрати необхідну кількість балів, або для студентів, що бажають збільшити вже набрану кількість балів. Підсумковий контроль знань здійснюється у вигляді усної бесіди з викладачем (комісією викладачів) по тематиці навчальної дисципліни.

Інформаційне забезпечення

Основна література

1. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1984
2. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. — М.: Мир, 1986
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов — М.: Мир, 1979. — 392 С.
4. P. Austrell, O. Dahlblom, J. Lindemann, A. Olsson, K.-G. Olsson, K. Persson, H. Pettersson, M. Ristinmaa, G. Sandberg, and P.-A. Wernberg. CALFEM: A Finite Element Toolbox : Version 3.4. Structural Mechanics, LTH, 2004. isbn: 91-8855823-1
5. Васильева В.Н. Введение в теорию метода конечных элементов. - Иркутск, 1986.
6. Семенова С.В., Колесников А.В. Методичні рекомендації з навчальної дисципліни «Дослідження і оптимізація складів матеріалів для 3D друку з використанням експериментально-статистичного моделювання» до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів освітньо-професійної програми Адитивні технології за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, освітній рівень – другий (магістерський). Одеса: ОДАБА, 2022, 52с.
7. Деклу Ж. (J. Descloux) Метод конечных элементов. - М.: Мир, 1976.
8. Зенкевич О. (O.C. Zienkiewicz), Морган К. (K. Morgan) Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. - М.: Мир, 1986.
9. Галлагер Р. (Richard H. Gallagher) Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. - М.: Мир, 1984.
10. Норри Д. (D.H. Norrie), Ж. де Фриз (G. de Vries) Введение в метод конечных элементов. - М.: Мир, 1981.
11. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. — М. : Высшая школа, 1985. — 327 с.
12. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. Серия: химическая кибернетика. М.: Химия, 1968г. 496 с.

13. Ляшенко, Т. В. Методология рецептурно-технологических полей в компьютерном строительном материаловедении /Т.В.Ляшенко, В.А.Вознесенский - Одесса : Астропринт, 2017. 168с.
14. Адлер, Ю.П.; Маркова, Е.В.; Грановский, Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий, М., «Наука», 1976, 280 с.
15. А.Е. Шкуро, П.С. Кривоногов, «Технологии и материалы 3D-печати», учеб. пособие / Урал. гос. лесотехн. ун-т, Екатеринбург. 2017, 278 с.
16. Семенова С.В., Колесников А.В. Методичні рекомендації з навчальної дисципліни «Дослідження і оптимізація складів матеріалів для 3D друку з використанням експериментально-статистичного моделювання» до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів освітньо-професійної програми Адитивні технології за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, освітній рівень – другий (магістерський). Одеса: ОДАБА, 2022, 52с.
17. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (II частина) / Г.О. Андрощук // Наука, технології, інновації. — 2017. — № 2 (2). — С. 29-36.
18. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок : монография / под ред. В. Я. Панченко // Лазерные технологии быстрого прототипирования и прямой фабрикации трёхмерных объектов. – М. : Физматлит, 2009. – 664 с.
19. З. Слюсар В. И. Фаббер-технологии. Новое средство трёхмерного моделирования / В. И. Слюсар // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2003. – № 5. – С. 54–60

Допоміжна література

20. Марчук Г.И., Агошков В.И. Введение в проекционно-сеточные методы. - М: Наука. - 1981. – 415с.
21. Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов //М: Мир. - 1981.
22. Розин Л.А. Стержневые системы как системы конечных элементов. – Л.:Изд-во ЛГУ. – 1976. – 232с.
23. Стренг Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. М.:Мир. – 1977. – 349с.
24. Сьерле Ф. Метод конечных элементов для эллиптических задач. - М: Мир. - 1980.
25. Geramy A., Kizilova N., Terekhov L. Finite element method (FEM) analysis of the force systems produced by asymmetric inner headgear bows // Australian Orthodontic journal. – 2011. – v.27,N2. – P.125-131.
26. Bathe K.-J., Finite Element Procedures. — Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1996. —1037 p.
27. S.Yu. Fialko, Application of rigid links in structural design models, International Journal for Computational Civil and Structural Engineering , 2017, 13 (3), 119-137.
28. Максимов Н.М. Аддитивные технологии в строительстве: оборудование и материалы. Журнал аддитивные технологии: Москва. 2018. С. 54–68.
29. Емельянов Р.Т., Клиндух Н.Ю., Якшина А.А., Берсенева М.Л. Эффективность 3D печати в строительстве. Экономика и предпринимательство, 2019.
30. Wi K., Suresh V., Wang K., Li B., Qin H. Quantifying quality of 3-D printed clay objects using a 3D structured lights canning system Additive Manufacturing, 2020, 32 100987.
31. Wolfs R., Salet T. An Optimization Strategy for 3D Concrete Printing. EG-ICE, 2015 –22nd Workshop of the European Group of Intelligent Computing in Engineering. 2015. Code 114260.