



Міністерство освіти і науки України

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Будівельно-технологічний інститут
Кафедра хімії та екології

СИЛАБУС освітнього компонента

Дослідження і оптимізація складів матеріалу для 3-D друку

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, практичні 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,
kolesnikov_himek@ogasa.org.ua

В процесі вивчення даної дисципліни студенти **ЗНАЙОМЛЯТЬСЯ З ТЕОРЕТИЧНИМИ ТА ПРАКТИЧНИМИ АСПЕКТАМИ МЕТОДУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ЗОКРЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ І ОПТИМІЗАЦІЇ СКЛАДУ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.**

Наприклад: вміння підбирати склад полімерного композиційного матеріалу (наприклад, ABS пластику) для 3D друку, який забезпечують компромісно оптимальний набір властивостей – оптимальних температур склування та текучості, мінімальної адгезії до основи 3D принтера, високої гомогенності послідовних шарів матеріалу, достатньої міцності.

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

- Математика;
- Фізика;
- Хімія;
- Будівельне матеріалознавство.

Диференційовані результати навчання

знати:

- математичні методи моделювання складних процесів та систем;
- класифікацію методів моделювання;
- математичні методи моделювання структурно-механічних процесів у матеріалах;
- методи планування експерименту та експериментально-статистичного моделювання;
- методи багатокритеріальної оптимізації;
- особливості експериментально-статистичного підходу в адитивній технології
- питання комп'ютерної реалізації відповідних методів.

володіти:

- методами формулювання вербальних (концептуальних) моделей процесів та систем;
- методами перетворення концептуальних моделей у математичні різного виду
- 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:

- 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 у числовій та графічній формі;
- прогнозувати очікувані результати експериментальних досліджень

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва тем	Кількість годин			
		лекції	практ	лаб	самост
1	Особливості композиційних матеріалів, що використовуються в адитивних технологіях. Показники якості композитів, що застосовуються у 3D-друці	2	2		4
2	Основні параметри технологічного процесу в адитивному виробництві. Тріада «склад+технологія – структура – властивості» матеріалу.	2	2		4
3	Моделювання процесів та систем адитивного виробництва. Перехід від вербальних моделей до математичних різних видів.	2			4
4	Дискретні динамічні моделі. Приклади динамічних процесів в дискретних моделях. Методи оптимізації динамічних процесів.	2	4		4
5	Безперервні динамічні моделі та методи оптимізації динамічних процесів в них.	2	2		4
6	Ймовірностне моделювання. Основні поняття теорії ймовірності та математичної статистики, застосовуваних в плануванні експерименту	2			4
7	Регресійні методи обробки експериментальних результатів. Побудова регресійних моделей та їхні характеристики.	2	2		4
8	Регресійні моделі різних видів та їхні характеристики. Побудова мультирегресійних моделей різних видів.	2	2		4
9	Дробовий факторний експеримент (дробові репліки). Визначаючий контраст та генеруюче співвідношення. Властивості планів. Ортогональність, ротабельність та d-оптимальність.	2			4
10	Побудова експериментально-статистичних моделей. Вибір значущих доданків за статистичними критеріями.	2	2		4
11	Сумішеві (симплексні) та комбіновані плани	2			4
12	Методи багатокритеріальної оптимізації. Графічна та числова оптимізація. Функція бажаності.	2			4
	Всього	24	16		80

Критерії оцінювання та засоби діагностики

Мінімальний рівень оцінювання щодо отримання «заліку» з навчальної дисципліни «Дослідження і оптимізація складів матеріалу для 3-D друку» складає 60 балів і може бути досягнений наступними засобами оцінювання:

Засоби оцінювання		Мінімальна кількість балів	Максимальна кількість балів
Вид контролю	Кількість у семестрі		
Розрахунково-графічна робота	1	20	40
Практичні роботи (виконання та захист)	8	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 «Планування експерименту та експериментально-статистичне моделювання в адитивних технологіях за допомогою програмного пакету Design Expert»

Методичні вказівки до виконання РГР наведені в [1]. Розроблено 20 варіантів завдань. При розв'язанні задач обов'язковим є представлення результатів розрахунків у символному 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. Семенова С.В., Колесников А.В., Руссий В.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, 65с.
2. Herzog M.H., Gregory F., Clarke A. Understanding Statistics And Experimental Design: How To Not Lie With Statistics, Springer, 2019, 146 p.
3. Mitchell P. J. Experimental Design and Statistical Analysis for Pharmacology and the Biomedical Sciences Paul J. Mitchell Wiley Blackwell, 2022, 1170 p.
4. Berger P. D., Maurer R. E., Celli G. B. Experimental Design with Applications in Management, Engineering and the Sciences [2nd ed.], Springer, 2018, 640 p.
5. Brook R. J. Applied Regression Analysis and Experimental Design, Routledge, 2019, 252 p.
6. Quartara A., Stanojevic D. Computational and Manufacturing Strategies: Experimental Expressions of Wood Capabilities [1st ed.], Springer, Singapore 2019, 102 p.

Допоміжна література

1. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии. М. : Высшая школа, 1985. 327 с.
2. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. Серия: химическая кибернетика. М.: Химия, 1968г. 496 с.
3. Ляшенко, Т. В., Вознесенский В.А. Методология рецептурно-технологических полей в компьютерном строительном материаловедении. Одесса: Астропринт, 2017. 168с.
4. Адлер Ю.П., Маркова, Е.В., Грановский, Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий, М., «Наука», 1976, 280 с.
5. Шкуро А.Е., Кривоногов П.С., Технологии и материалы 3D-печати: учеб. пособие., Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. 278 с.
6. Андрощук Г.О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку (II частина). Наука, технології, інновації. 2017. № 2 (2). С. 29-36.
7. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок : монографія, под ред. В. Я. Панченко. Лазерные технологии быстрого прототипирования и прямой фабрикации трёхмерных объектов. М. : Физматлит, 2009. 664 с.
8. З. Слюсар В. И. Фаббер-технологии. Новое средство трёхмерного моделирования Электроника: наука, технология, бизнес. 2003. № 5. С. 54–60

9. Максимов Н.М. Аддитивные технологии в строительстве: оборудование и материалы. Журнал аддитивные технологии: Москва. 2018. С. 54–68.
10. Емельянов Р.Т., Клиндух Н.Ю., Якшина А.А., Берсенева М.Л. Эффективность 3D печати в строительстве. Экономика и предпринимательство, 2019.
11. Wi K., Suresh V., Wang K., Li B., Qin H. Quantifying quality of 3-D printed clay objects using a 3D structured lights curing system Additive Manufacturing, 2020, 32 100987.
12. 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.
13. Ketel S., Falzone G., Wang B., Washburn N., Sant G. 2019 A printability index for linking slurry rheology to the geometrical attributes of 3D-printed components Cement and Concrete Composites 101. P. 32–43.
14. Vozisova O., Bliznyuk D., Egorov A., Eroshenko S., Snegirev D. 2016 The laser scanning application for power systems equipment engineering reverse 57th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University. 7763075.
15. Lim S., Buswell R.A., Valentine P.J., Piker D., Austin S.A., De Kestelier X. 2016 Modelling curved-layered printing paths for fabricating large-scale construction components Additive Manufacturing 12. P. 216–230.
16. Wallevik J.E. 2020 Measuring Thixotropic Properties in a Truck Mixer – Analysis by Numerical Simulation Using the PFI Material Model Rheology and Processing of Construction Materials. Pp. 644–651.
17. Hirayama Y., Zhang J., Kawahara Y. 2019 A method to evaluate the formability and fluidity of concrete based materials for 3D printing SCF '19: Proceedings of the ACM Symposium on Computational Fabrication. P. 1–10.
18. Liu Z., Li M., Wong T.N., Tan M.J. 2018 Towards additive manufacturing: Pumping flow rate with time-dependent material rheology in 3D cementitious material printing 10th International Conference on Processing and Manufacturing of Advanced Materials 941. P. 2131–2136. Amit Bandyopadhyay, Susmita Bose, «Additive Manufacturing» / CRC Press, 2015
19. Srivatsan T.S., Sudarshan T.S., «Additive Manufacturing: Innovations, Advances, and Applications» / CRC Press, 2016
20. Chee Kai Chua, Kah Fai Leong, 3D Printing and Additive Manufacturing: Principles and Applications (пятое издание, 2016) // World Scientific Publishing Company Pte Limited Lydia Cline, 3D Printing with Autodesk 123D, Tinkercad, and MakerBot, (2015) // McGraw-Hill Education
21. М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш, Аддитивные технологии в машиностроении (2015) // М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» Chee Kai Chua and Wai Yee Yeong, Bioprinting: Principles and Applications (2014) // World Scientific Publishing Company Pte Limited
22. Chee Kai Chua, Murukeshan Vadakke Matham, Young-Jin Kim, Lasers in 3D Printing and Manufacturing (2016) // World Scientific Publishing Company Pte Limited