



Міністерство освіти і науки України

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Будівельно-технологічний інститут

Кафедра процесів та апаратів в технології будівельних матеріалів

СИЛАБУС
освітнього компонента
Математичне планування експерименту

Освітній рівень	перший (бакалаврський)	
Програма навчання	вибіркова	
Галузь знань	19	Архітектура та будівництво
Спеціальність	192	Будівництво та цивільна інженерія
Освітня програма	ОПП «Будівництво та цивільна інженерія»	
Обсяг дисципліни	5.50 кредитів ECTS (165 академічних годин)	
Види аудиторних занять	лекції, лабораторні заняття	
Індивідуальні та (або) групові завдання	розрахунково-графічна робота, курсова робота	
Форми семестрового контролю	курслова робота, іспит, залік	

Викладачі:

Довгань Олександра Дмитрівна, к.т.н., доцент кафедри процесів та апаратів в технології будівельних матеріалів, aleks.dovhan@gmail.com (викладає Частину 1)

Савченко Світлана Валентинівна, к.т.н., доцент кафедри процесів та апаратів в технології будівельних матеріалів, koval_sv@ukr.net (викладає Частину 2)

Під час вивчення навчальної дисципліни студенти знайомляться з методами комп'ютерного матеріалознавства, зокрема з експериментально-статистичним моделюванням, та здобувають навички застосовувати його для аналізу, проектування технологічних параметрів і властивостей будівельних матеріалів (виробів), вирішення змістовно різних задач оптимізації в області будівельного матеріалознавства.

Наприклад. Вміти розраховувати двох- й трьохфакторні експериментально-статистичні моделі, будувати на їх основі діаграми, проводити аналіз впливу факторів складу на характеристики будівельного матеріалу та знаходити оптимальне рішення при розв'язанні конкретного технологічного завдання.

Передумовами для вивчення дисципліни є набуття теоретичних знань та практичних навичок за такими дисциплінами: Чисельні методи рішення інженерних задач; Будівельне матеріалознавство; Технологія полімерних композиційних матеріалів; Математичне планування експерименту 1.

Диференційовані результати навчання:

знати:

- основні поняття теорії математичного моделювання в матеріалознавстві;
- загальні положення експериментально-статистичного моделювання;
- основні правила аналізу випадкових величин;
- сутність математичного планування експерименту;
- основні поняття з методів пошуку оптимальних умов протікання процесів у технології будівельних матеріалів;
- методи розрахунку та оптимізації процесів і апаратів в технології будівельних матеріалів;

розуміти:

- якими методами необхідно вирішувати певну технологічну задачу з оптимізації властивостей та технології виробництва будівельних матеріалів;

володіти:

- методикою розрахунку статистичних оцінок за даними натурального експерименту для аналізу характеристик будівельного матеріалу;
- методикою розрахунку експериментально-статистичних моделей другого порядку та побудови діаграм на їх основі в програмі COMPEX;
- методикою оптимізації технологічних рішень з застосуванням різноманітних чисельних методів оптимізації;

вміти:

- сформулювати рецептурно-технологічну задачу й забезпечити складання інформаційних таблиць;
- використати елементарні правила описування статистичних даних, в тому числі з використанням узагальнюючих показників полів властивостей матеріалів;
- використовувати типові оптимальні плани експерименту при числі факторів 3;
- будувати моделі і знаходити оптимальне рішення, при розв'язанні конкретного завдання, використовуючи експериментально-статистичне моделювання.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва тем	Кількість годин на		
		лекційні заняття	лабораторні заняття	самостійну роботу
	Частина I (6-й триместр)		[3]	
1.1	Основні поняття і принципи аналізу технології, як системи	1	-	0.5
1.2	Основні поняття і принципи математичного моделювання	1	2	2.5
1.3	Експеримент в одній точці факторного простору	2	2	3
1.4	Експеримент в декількох точках факторного простору	2	2	3
1.5	Лінійні моделі	2	4	5
1.6	Нелінійні моделі. «Лінеаризація нелінійних моделей»	2	4	5
1.7	Повний і дробовий факторний експеримент	2	4	5
	Разом (частина I)	12	18	24
	Частина II (7-й семестр)			
2.1	Приклади побудови математичних моделей в технології будівельних матеріалів.	1	1	1.5
2.2	Головні методи аналізу математичних моделей властивостей та методи їх оптимізації.	1	1	1.5
2.3	Приклади математичних моделей склад – властивість. Плани, побудова і графічне відображення моделей властивостей матеріалу від його складу. Аналіз та прийняття практичних рішень і рекомендацій щодо складу і рецептури матеріалу.	1	1	1.5
2.4	Ізопараметричний аналіз регресійних моделей властивостей будівельних матеріалів. Зміст ізопараметричного аналізу багатокритеріальних задач оптимізації технології та вибору складу матеріалу	1	1	1.5
2.5	Імітаційне моделювання процесів технології будівельних матеріалів. Поняття імітаційного моделювання виробництва будівельного матеріалу.	2	2	3
2.6	Використання статистичного методу Монте-Карло в імітаційному моделюванні.	2	2	3
2.7	Пошук екстремумів багатопараметричних процесів. Метод Боксу чисельного пошуку екстремальних рішень у задачах на гіперкубі.	2	2	3
2.8	Пошук компромісних рішень в багатокритеріальних задачах оптимізації. Методи прийняття рішень у багатокритеріальних задачах.	2	2	3
	Разом (частина II)	12	12	18
	Всього	24	30	42

Критерії оцінювання та засоби діагностики

Мінімальний та максимальний рівень оцінювання курсової роботи за навчальною дисципліною «**Математичне планування експерименту 1**» складає 60 та 100 балів і може бути досягнений наступними засобами оцінювання:

Засоби оцінювання		Мінімальна кількість балів	Максимальна кількість балів
Вид контролю	Кількість у семестрі		
Розробка курсової роботи (пояснюючої записки та креслень формату А4)	1	50	70
Захист курсової роботи		10	30
Разом		60	100

Курсова робота з дисципліни «**Математичне планування експерименту 1**» призначена для навчання студентів вирішенню різного роду технологічних задач за допомогою розрахованих трьохфакторних експериментально-статистичних моделей та побудованих діаграм в програмі COMPEX.

Курсова робота (більш 10^3 варіантів) складається: з розрахунку статистичних оцінок за властивостями будівельного матеріалу; з побудови за результатами натурного експерименту трьох факторних експериментально-статистичних моделей, діаграм (одно- та трьохфакторних) та їх аналіз; з вибору економічних складів полімерного композиту в області допустимих рішень; висновків по роботі. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи [4].

Мінімальний та максимальний рівень оцінювання щодо отримання «іспиту» за навчальною дисципліною «**Математичне планування експерименту 1**» складає 60 та 100 балів і може бути досягнений наступними засобами оцінювання:

Засоби оцінювання		Мінімальна кількість балів	Максимальна кількість балів
Вид контролю	Кількість у семестрі		
Лабораторні роботи (виконання та захист)	9	10	20
Контроль знань:			
- Поточний контроль знань (стандартизовані тести), або усне опитування	2	40	60
- Підсумковий (семестровий) контроль знань	1		
Відвідування лекційних та практичних занять	20	10	20
Разом		60	100

Два рази за семестр проводиться поточний контроль знань – **стандартизовані тести** (по 20 тестових питань), наприклад:

1. Дайте визначення експериментально-статистичному моделюванню?

а) комплекс методів і дій, що спрямовані на максимальне витягнення із експериментальних даних інформації про матеріал;

б) фактичні відомості про структуру системи та явища, які в ній відбуваються, про стан і поведінку тощо (як у вигляді кількісних оцінок, так і у вигляді якісних повідомлень);

в) сукупність операцій, що здійснюються над об'єктом дослідження з метою одержання інформації про його властивості.

2. Які вимоги необхідно врахувати при виборі вхідних факторів?

- а) фактор повинен бути регульованим; точність вимірювання та управління фактору повинна бути відома і достатньо висока; зв'язок між факторами повинен бути малий або зовсім відсутній;
- б) фактор не повинен бути регульованим; точність вимірювання та управління фактору повинна бути відома і достатньо висока; зв'язок між факторами не повинен бути малий або зовсім відсутній;
- в) фактор повинен бути регульованим; точність вимірювання та управління фактору повинна бути відома і достатньо висока; зв'язок між факторами повинен бути тісний.

Підсумковий (семестровий) контроль знань проводиться для студентів, що не змогли з будь яких причин набрати мінімальну кількість балів та/або для студентів, які бажають збільшити вже набрану кількість балів. Підсумковий (семестровий) контроль знань може здійснюватися у вигляді написання **стандартизованих тестів** (по 40 тестових питань) або задачі усного іспиту викладачеві.

Перелік питань до усного іспиту з навчальної дисципліни «Математичне планування експерименту 1» (6-й триместр):

1. Основні поняття теорії математичного моделювання в матеріалознавстві: що представляє та що включає в себе експериментально-статистичне моделювання; охарактеризуйте технологічну систему та її зв'язок із зовнішнім середовищем; при виконанні робіт, в яких напрямках ефективно експериментально-статистичне моделювання.
2. Елементи технологічної системи: що представляють собою вхідні фактори та якими вони можуть бути; охарактеризуйте взаємозв'язок підсистем вхідних факторів; що представляють собою обурюючі впливи середовища; перерахуйте основні причини неконтрольованості незалежних перемінних.
3. Елементи технологічної системи: що представляють собою вихідні параметри технологічної системи; як зв'язані групи відгуків системи; які вимоги враховуються на стадії підготовки до проведення експерименту: при виборі вхідних факторів, вихідних параметрів та при одночасному виборі вхідних факторів і вихідних параметрів.
4. Основні поняття та факторні простори елементів системи: що розуміють під: експериментом, інформацією та факторним простором; охарактеризуйте факторний простір в натуральних та нормалізованих перемінних; що називають функцією відгуку та як вона відображається в факторному просторі; опишіть управляючі впливи системи.
5. Основні поняття і принципи математичного моделювання: що представляє собою математична модель та яким двом вимогам вона повинна відповідати, щоб моделювання мало сенс; концепція математичної моделі; графічне відображення одно- і двох факторних математичних моделей.
6. Дайте характеристику статистичним оцінкам – дисперсії, частоті, розмаху, середньоквадратичному відхиленню, коефіцієнту варіації, коефіцієнту кореляції, медіані; оцінкам параметрів форм кривої – коефіцієнту асиметрії розподілу та ексцесу (графічно зобразіть).
7. Експериментально-статистична модель: опишіть два терміни математичної моделі класу M_3 ; що відображає експериментально-статистична модель; які

- елементи, на даний час, невідомі на вихідному етапі побудови математичної моделі; запишіть два види поліноміальної експериментально-статистичної моделі (з натурними та нормалізованими рівнями вхідних факторів), що використовуються для розрахунку значень вихідної властивості бетону; запишіть формулу, яка зв'язує коефіцієнти моделей; дайте характеристику коефіцієнтам моделі.
8. Інформаційна таблиця, як основа експериментально-статистичної моделі: опишіть елементи (характеристики системи) з яких складається інформаційна таблиця; що називають матрицею плану експерименту та вектором результатів експерименту.
 9. Експериментально-статистична модель: охарактеризуйте коефіцієнт b_i – лінійний ефект фактору x_i та опишіть послідовність побудови одно факторної лінійної моделі; охарактеризуйте коефіцієнт b_{ii} – квадратичний ефект фактору x_i та опишіть послідовність побудови одно факторної квадратичної моделі; охарактеризуйте групу елементів b_{ij} – ефект взаємодії факторів x_i та x_j та опишіть послідовність побудови двохфакторної моделі без квадратичних ефектів.
 10. Повний і дробовий факторний експеримент: основні принципи і критерії оптимального планування експерименту; повний та дробовий факторний експеримент.
 11. Лінійні моделі: основні принципи опису лінійних залежностей; метод найменших квадратів; основні етапи регресивного аналізу.
 12. Експеримент в одній точці факторного простору: точкові статистичні оцінки; рішення інженерних задач на основі законів розподілу; перевірка статистичних гіпотез; інтервальні статистичні оцінки.
 13. Експеримент в декількох точках факторного простору: проблеми порівняння статистичних сукупностей; аналіз зв'язку двох випадкових величин.

Мінімальний та максимальний рівень оцінювання щодо отримання «заліку» за навчальною дисципліною «**Математичне планування експерименту 2**» складає 60 та 100 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	15	40
Лабораторні роботи (виконання та захист)	4	15	20
Контроль знань:			
- Поточний контроль знань (стандартизовані тести), або усне опитування	2	30	40
- Підсумковий (семестровий) контроль знань	1		
Разом		60	100

Розрахунково-графічну роботу з дисципліни «**Математичне планування експерименту 2**» передбачено за темою «Оптимізація властивостей розчину та бетону з добавками мікрокремнезему та суперпластифікатора С-3 та прийняття оптимальних технологічних рішень» [6-7].

Робота складається з двох частин: розрахункової та графічної та виконується у вигляді пояснювальної записки, що включає графічну частину (формат А-4). Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи [8].

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Основна література

1. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. Численные методы решения строительного-технологических задач на ЭВМ. К.: Вища школа, 1989.
2. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. ЭС-модели в компьютерном строительном материаловедении. *Материалы к 45-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов*. Одесса: «Астропринт», 2006. 116с.
3. Довгань О.Д., Острижнюк М.В. Методичні вказівки до **лабораторних занять** з дисципліни «Основи математичного моделювання в матеріалознавстві та оптимізація будівельних матеріалів 1» для студентів першого (бакалаврського) рівня спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» (2-е видання, перероблене та доповнене). Одеса: ОДАБА, 2022. 28с.
4. Довгань О.Д., Ляшенко Т.В. Методичні вказівки до виконання **курсової роботи** з дисципліни «Основи математичного моделювання в матеріалознавстві та оптимізація будівельних матеріалів 1» для студентів першого (бакалаврського) рівня спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» (2-е видання, перероблене та доповнене). Одеса: Друкарня ОДАБА, 2017. 39с.
5. Ляшенко Т.В., Вознесенский В.А. Методология рецептурно-технологических полей в компьютерном строительном материаловедении. Одесса: «Астропринт», 2017. 168 с.
6. Коваль С.В. Моделирование и оптимизация состава и свойств модифицированных бетонов. Одесса: «Астропринт», 2012. 424 с.
7. Коваль С.В. Эффективные бетоны для монолитного домостроения. Одесса: Астропринт, 2015. 156 с.
8. Вознесенський В.А., Довгань О.Д., Огарков Б.Л. Методичні вказівки для виконання **розрахунково-графічної роботи** з курсу «Математичне моделювання і оптимізація будівельних матеріалів» для студентів напряму 6.060101 «Будівництво» спеціального виду діяльності «Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» для денної та заочної форми навчання. Одеса: Друкарня ОДАБА, 2012. 52с.

Допоміжні джерела інформації

9. Вознесенский В.А., Выровой В.Н., Керш В.Я., Ляшенко Т.В. и др. Современные методы оптимизации композиционных материалов. К.: Будивельный, 1983. 144с.

10. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Иванов Я.П., Николов И.И. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов. К.: Будивэльнык, 1989. 240с.
11. Методические рекомендации по применению экспериментально-статистических моделей для анализа и оптимизации состава, технологии и свойств композиционных материалов на основе щелочных вяжущих систем / Науч. ред. В.А. Вознесенский, П.В. Кривенко. ОГАСА, НИИВМ им. В.Д. Глуховского. Киев, 1996. 105с.
12. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. Экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация в материаловедении. К.: О-во «Знание» Украины, 1993. 16с.