



Основи наукових досліджень та технічної творчості

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна), змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>IV курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS (120 годин): (36 год. – лекції, 36 год. – практичні, СРС – 48 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР, РГР</i>
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: ст.. викл. Козирев Олексій Сергійович, kozyriev.oleksii@lll.kpi.ua Практичн: ст.. викл. Козирев Олексій Сергійович, kozyriev.oleksii@lll.kpi.ua</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/u/1/c/MTY3MjY4NjMxNjY1

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Лазерні технології, як і значна частина інших сучасних складних технологій, являють собою складні багатофакторні процеси. Від кількісного опису таких процесів в першу чергу очікується здатність прогнозувати результати обробки. Така здатність може бути забезпечена одним із двох шляхів: або фізичне моделювання технологічних процесів, або експериментальний емпіричний метод дослідження і моделювання процесів. Враховуючи складність, неповну вивченість а іноді і неможливість описувати лазерні технологічні процеси методом фізичного моделювання, емпіричний метод залишається основним методом їх проектування та оптимізації. Саме останнє і складає основний зміст курсу. Через те, що методи побудови математичних статистичних моделей базуються в тому числі і на методах теорії ймовірності та математичної статистики, цим двом розділам також присвячено певний час в матеріалах курсу. Крім того слід зазначити, що методи, які вивчаються в даному курсі мають певний ступінь універсальності і можуть застосовуватися не тільки для лазерних і не тільки для технологій: будь який достатньо складний процес чи система, вихідна характеристика яких може розглядатися, як випадкова, може бути описаний в термінах і методами, які розглядаються в цьому курсі.

Мета дисципліни: формування у студентів уявлень про математичне статистичне моделювання та оптимізацію процесів лазерної обробки для подальшого освоєння розділів освітньої програми «Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки матеріалів».

Завдання дисципліни - дати студентам сучасні знання і методи кількісного опису (моделювання) та оптимізації технологічних об'єктів та систем.

Предмет дисципліни: методи математичного моделювання та оптимізації процесів та систем з використанням теорії планування експерименту та експериментальної оптимізації.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає підсилення у студентів компетентностей, передбачених ОПП «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Загальні компетентності (ЗК)

- ЗК 1** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- ЗК 2** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності
- ЗК 3** Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми
- ЗК 4** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
- ЗК 6** Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків
- ЗК 7** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
- ЗК 9** Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій
- ЗК 12** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
- ЗК 13** Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)

- ФК 6** Здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань
- ФК 7** Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки

Програмні результати навчання

- РН 1** Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи
- РН 8** Знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практично використовувати прикладне програмне забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень
- РН 9** Знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки прикладної механіки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми
- РН 12** Навички практичного використання комп'ютеризованих систем проектування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE)

Завдання вивчення кредитного модуля подаються у вигляді системи знань та умінь, отриманого досвіду із зазначенням певного рівня їх сформованості, що дозволяє визначити необхідний рівень оволодіння навчальним матеріалом та розробити засоби діагностики навчальних досягнень студентів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння матеріалу освітнього компоненту необхідні знання, які одержуються студентом у попередніх курсах: «Вища математика» та «Інформатика».

Знання, отримані при вивченні даної дисципліни використовуються студентами під час підготовки кваліфікаційних робіт бакалаврів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні відомості з теорії експерименту

Тема 1.1 Фізико-хімічні та статистичні моделі

Тема 1.2 Етапи побудови статистичних математичних моделей

Тема 1.3 Об'єкт досліджень

Тема 1.4 Вибір параметрів оптимізації (функції цілі)

Тема 1.5 Вибір факторів, що досліджуються

Розділ 2. Елементи теорії ймовірностей

Тема 2.1 Комбінаторика. Основні комбінаторні функції. Постановка задач комбінаторики

Тема 2.2 Підстановки, розміщення, перестановки, сполучення

Тема 2.3 Термінологія теорії ймовірностей

Тема 2.4 Обчислення ймовірностей

Тема 2.5 Випадкові величини та їх розподілення

Тема 2.6 Характеристики розподілення випадкових величин

Тема 2.7 Закон нормального розподілення

Розділ 3. Елементи математичної статистики

Тема 3.1 Вибірковий метод

Тема 3.2 Задачі, що вирішує вибірковий метод

Тема 3.3 Задача статистичної перевірки гіпотез

Тема 3.4 Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена

Тема 3.5 Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона

Розділ 4. Попереднє планування експерименту

Тема 4.1 Методи відбору суттєвих факторів

Тема 4.2 Методи апріорного моделювання

Тема 4.3 Однофакторний та багатфакторний дисперсійний аналіз.

Тема 4.4 Метод випадкового балансу. Критерій Стьюдента

Тема 4.5 Насичені експериментальні плани

Розділ 5. Методи планування експерименту

Тема 5.1 Основні поняття планування експерименту

Тема 5.2 Метод найменших квадратів

Тема 5.3 Критерії планування експерименту

Тема 5.4 Передумови регресійного аналізу

Тема 5.5 Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани

Тема 5.6 Дробовий факторний експеримент

Тема 5.7 Плани для квадратичних моделей. Центральні композиційні плани Бокса та Хартлі

Тема 5.8 Регресійний аналіз результатів експерименту

Розділ 6. Методи експериментальної оптимізації

Тема 6.1 Експериментальна оптимізація одномірних об'єктів

Тема 6.2 Метод Бокса-Уілсона

Тема 6.3 Послідовний симплекс-метод

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Кононенко В., Нечаєв В., Берідзе Т. Теорія планування експерименту. К. Кондор, 2005 р., 232 с.
2. Барковський В. та ін.. Теорія ймовірностей та математична статистика. К. Центр навчальної літератури, 2019, 424 с. з іл..
3. Основи наукових досліджень та технічна творчість: Методичні вказівки до практичних занять та ДКР для студентів спеціалізації «Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки» спеціальності 131 Прикладна механіка / Уклад. О.С. Козирев, – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – 25 с.
4. Основи наукових досліджень та технічна творчість: Методичні вказівки до самостійної роботи студентів до вивчення кредитного модуля для студентів спеціалізації «Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки» спеціальності 131 Прикладна механіка / Уклад. О.С. Козирев, – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – 13 с.

Додаткова література

1. Козирев О.С., Луценко Д.В. Ітераційний підхід при розв'язанні зворотної задачі теплопровідності. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали доповідей: у 2 т. – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. Том 1, ст. 160-163.

Інформаційні ресурси

1. lft.kpi.ua (сайт кафедри ЛТФТ)
2. campus.kpi.ua (сайт КАМПУС'у)
3. library.ntu-kpi.kiev.ua (сайт науково – технічної бібліотеки КПІ ім. Ігоря Сікорського)
4. [Google Classroom: https://classroom.google.com/u/1/c/MTY3MjY4NjMxNjY1](https://classroom.google.com/u/1/c/MTY3MjY4NjMxNjY1)

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальний матеріал освітнього компоненту викладається на заняттях згідно зі наступною структурою (табл. 1).

Табл. 1. Структура викладання освітнього компонента

Назви розділів та тем	Кількість годин			
	У тому числі			
	Усього	Лекції	Практ. заняття	СРС
Розділ 1. Загальні відомості з теорії експерименту				
Тема 1.1 Фізико-хімічні та статистичні моделі	1	1		
Тема 1.2 Етапи побудови статистичних математичних моделей				
Тема 1.3 Об'єкт досліджень	1	1		
Тема 1.4 Вибір параметрів оптимізації (функції цілі)	1	1		
Тема 1.5 Вибір факторів, що досліджуються	1	1		

Разом за розділом 1	4	4	0	0
Розділ 2. Елементи теорії ймовірностей				
Тема 2.1 Комбінаторика. Основні комбінаторні функції. Постановка задач комбінаторики	2	1	1	
Тема 2.2 Підстановки, розміщення, перестановки, сполучення	1		1	
Тема 2.3 Термінологія теорії ймовірностей	1	1		
Тема 2.4 Обчислення ймовірностей	4	1	2	1
Тема 2.5 Випадкові величини та їх розподілення	3	1	1	1
Тема 2.6 Характеристики розподілення випадкових величин	3	1	1	1
Тема 2.7 Закон нормального розподілення	4	1	2	1
Разом за розділом 2	18	6	8	4
Розділ 3. Елементи математичної статистики				
Тема 3.1 Вибірковий метод	1	1		
Тема 3.2 Задачі, що вирішує вибірковий метод				
Тема 3.3 Задача статистичної перевірки гіпотез	1	1		
Тема 3.4 Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена	5	2	2	1
Тема 3.5 Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона	5	2	2	1
Разом за розділом 3	12	6	4	2
МКР з розділів 1 – 3	6		2	4
Розділ 4. Попереднє планування експерименту				
Тема 4.1 Методи відбору суттєвих факторів	2		1	1
Тема 4.2 Методи апріорного моделювання	1	1		
Тема 4.3 Однофакторний та багатофакторний дисперсійний аналіз.	2	1	1	
Тема 4.4 Метод випадкового балансу. Критерій Стьюдента	2	1	1	
Тема 4.5 Насичені експериментальні плани	2	1	1	
Разом за розділом 4	9	4	4	1
Розділ 5. Методи планування експерименту				
Тема 5.1 Основні поняття планування експерименту	1	1		
Тема 5.2 Метод найменших квадратів	4	1	2	1
Тема 5.3 Критерії планування експерименту	2	1	1	
Тема 5.4 Передумови регресійного аналізу	2	1	1	
Тема 5.5 Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани	5	2	2	1
Тема 5.6 Дробовий факторний експеримент	5	2	2	1
Тема 5.7 Плани для квадратичних моделей. Центральні композиційні плани Бокса та Хартлі	5	2	2	1
Тема 5.8 Регресійний аналіз результатів експерименту	5	2	2	1
Разом за розділом 5	29	12	12	5

Розділ 6. Методи експериментальної оптимізації				
Тема 6.1 Експериментальна оптимізація одномірних об'єктів	2	1	1	
Тема 6.2 Метод Бокса-Уілсона	4	2	1	1
Тема 6.3 Послідовний симплекс-метод	1	1		
Разом за розділом 6	7	4	2	1
Модульна КР - 2	6		2	4
РГР	15			15
Залік	14		2	12
Всього годин	120	36	36	48

5.1 Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Загальні відомості з теорії експерименту Фізико-хімічні та статистичні моделі. Етапи побудови статистичних математичних моделей. Об'єкт досліджень. Вибір параметрів оптимізації (функції цілі). Вибір факторів, що досліджуються Література: основна – [1,3], додаткова – [2,4]. Завдання на СРС: Поняття активного та пасивного експериментів. Аналітичне та статистичне моделювання. Етапи рішення задачі моделювання об'єкту досліджень. На які питання планування дає відповідь теорія експерименту? Етапи планування експериментальних досліджень. Поняття „об'єкт досліджень”, його властивості та класифікація змінних, що визначають його стан. Типи параметрів оптимізації, основні вимоги до них. Типи факторів. Вимоги до обраних факторів</p>
2	<p>Елементи теорії ймовірностей Комбінаторика. Основні комбінаторні функції. Постановка задач комбінаторики. Підстановки, розміщення, перестановки, сполучення. Термінологія теорії ймовірностей. Обчислення ймовірностей. Випадкові величини та їх розподілення Література: основна – [2,5], додаткова – [2,4,9]. Завдання на СРС: Принципи відбору керованих факторів. Формула Бінома Ньютона. Скількима способами можна розмістити множину з n елементів? Випадкові величини, характеристики їх існування. Біноміальний розподіл. Локальна та інтегральна теореми Лапласа. Найймовірніше число випадків. Інтегральна та диференційна функції розподілення. Пояснити різницю між біноміальним розподілом та локальною теоремою Лапласа. Навести приклади несумісних та сумісних, незалежних та залежних подій.</p>
3	<p>Характеристики розподілення випадкових величин. Закон нормального розподілення Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [2,4]. Завдання на СРС: Математичне очікування, середнє арифметичне, медіана, мода, дисперсія, стандартне відхилення. Розподілення Гауса. Категорії характеристик розподілу випадкових величин. Оцінки положення групування. Розмірність дисперсії. Пояснити розповсюдженість нормального розподілення, навести приклади.</p>
4	<p>Задача статистичної перевірки гіпотез Термінологія мат. статистики. Задачі, що вирішує вибірковий метод. Умови достатності характеристики генеральної сукупності. Випадки використання статистичних гіпотез.</p>

	<p>Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,9].</p> <p>Завдання на СРС: Поняття досліду, випробування, явища чи події. Наведіть класифікацію вибірок. На якому законі оснований вибірковий метод. наведіть приклади сталих та незміщених оцінок.</p>
5	<p>Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена. Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона</p> <p>Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,9].</p> <p>Завдання на СРС: Обмеження висновків при використанні статистичних гіпотез. Чому в критерії Фішера використовують виправлену дисперсію? Який сенс рівня значимості? Коли замість критерія Фішера використовують критерій Кохрена? Які задачі можна вирішувати за допомогою критерія Пірсона?</p>
6	<p>Попереднє планування експерименту.</p> <p>Методи відбору суттєвих факторів. Методи апріорного моделювання. Однофакторний та багатофакторний дисперсійний аналіз. Метод випадкового балансу. Критерій Стьюдента. Насичені експериментальні плани</p> <p>Література: основна – [1,3,5], додаткова – [2,4,7,8].</p> <p>Завдання на СРС: Чому потрібно відсіювати фактори? Чому моделювання – апріорне? Переваги та недоліки очної та заочної форм опитування. На чому оснований дисперсійний аналіз? з чого складається випадкова помилка досліду? Як в дисперсійному аналізі формулюється нульова гіпотеза? Які переваги багатофакторного дисперсійного аналізу у порівнянні з однофакторним? Чому для побудови моделі можна користуватися над насиченим плануванням? В яких умовах метод випадкового балансу є ефективним? Етапи методу випадкового балансу при стратегії, що вітвиться.</p>
7	<p>Метод найменших квадратів. Критерії планування експерименту. Передумови регресійного аналізу.</p> <p>Література: основна – [3,4,5], додаткова – [2,8].</p> <p>Завдання на СРС: Призначення МНК. Чому пошук екстремуму функціоналу дає саме мінімум? Чому в оцінках коефіцієнтів моделі по МНК відсутні систематичні похибки? Чому фактори мають кодуватися? Що визначають критерії оптимальності? Від чого залежить оптимальність планування? Чому мають виконуватися передумови регресійного аналізу? Як їх перевіряють? Критерій вирівнювання. Умова екстремуму. Система рівнянь Гауса.</p>
8	<p>Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани. Дробовий факторний експеримент. Плани для квадратичних моделей. Центральні композиційні плани Бокса та Хартлі</p> <p>Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,5,6,7].</p> <p>Завдання на СРС: Що таке насичені плани? Що таке дробові репліки? Коли слід користуватися методами насиченого планування? Коли до плану вводяться фіктивні змінні? Які завдання вирішуються на етапі планування експерименту? Які властивості мають бути у плана для вивчення об'єктів з лінійними зв'язками? Як будується ПФЕ? Чому дорівнює кількість ступенів свободи в ПФЕ? в чому полягає принцип змішування оцінок коефіцієнтів? Позитивні та негативні риси ДФЕ. в якому випадку ДФЕ є $A-$, $D-$ та $G-$ оптимальним? Чому використання ПФЕ 3^n не є оптимальним? За яким принципом обираються зіркові точки? Умови наближеності планів до $D-$ оптимальності. Порядок регресійного аналізу. Особливості визначення дисперсії помилок для планів з різною кількістю повторностей.</p>
9	<p>Методи експериментальної оптимізації.</p>

<p>Експериментальна оптимізація одномірних об'єктів. Метод Бокса-Уілсона. Послідовний симплекс-метод. Градієнт безперервної функції. Рух по градієнту. Послідовність кроків по методу Бокса-Уілсона. особливості крутого сходження. Симплекс, види симплексів. Координати вершин симплексів. Послідовність кроків при симплекс-плануванні. критерії досягнення оптимуму.</p> <p>Література: основна – [4,5], додаткова – [1,3,6,8].</p> <p>Завдання на СРС: Чим відрізняються методи оптимізації одномірних об'єктів? Через що виникла назва „метод крутого сходження”? Звідки починається рух по градієнту? Як перевіряється гіпотеза багатоекстремальності? За яким принципом можуть будуватися вершини симплекса? Емпірична та аналітична умови досягнення оптимуму. Критерій закінчення пошуку екстремуму.</p>
--

5.2 Практичні заняття

Цикл практичних занять має ціллю закріплення головних тем освітнього компоненту, які засвоєно теоретично.

№ з/п	Назва теми заняття	Кількість ауд. годин
1	<p>Комбінаторика. Основні комбінаторні функції. Постановка задач комбінаторики. Підстановки, розміщення, перестановки, сполучення.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Скількома способами можна розставити на полиці 10 різних книг? - Скільки різних шестизначних чисел можна скласти з цифр 1,1,1,5,5,9? - У турнірі беруть участь 8 команд. Скільки різних прогнозів щодо розподілу 3 перших місць можна зробити? - Скількома способами можна з множини n елементів вибрати k елементів? - Яке число різних результатів кидання двох кубиків? 	2
2	<p>Обчислення ймовірностей. Додавання ймовірностей несумісних подій. Додавання ймовірностей сумісних подій. Множення ймовірностей. Формула Бернуллі. Теорема Лапласа. Найімовірніше число настання подій</p> <ul style="list-style-type: none"> - В партії з N деталей є n пофарбованих. Випадково відбирають m деталей. Знайти ймовірність того, що серед них k – пофарбовано. - Три стрільці по одному разу стріляють по мішені. Імовірності влучень: p_1, p_2, p_3. Знайти ймовірність того, що в результаті відбудеться X попадань. - Гральний кубик кидають N разів. Знайти ймовірність того, що шістка випаде рівно m раз. 	2
3	<p>Випадкові величини та їх розподілення. Характеристики розподілення випадкових величин.</p> <p>Для даної виборки оцінити параметри розподілу – математичне очікування M_x та теоретичну дисперсію s^2; Знайти ймовірність того, що сума очок прийме значення з діапазону $[M_x-s; M_x+s]$; Знайти довірчий інтервал для оцінки M_x;</p>	2
4	<p>Закон нормального розподілення</p> <p>Для отриманого набору даних:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знайти характеристики розподілення - записати диференційний закон розподілення (вважаючи його нормальним) - знайти інтегральний закон розподілення - побудувати графіки для диференційного та інтегрального розподілень 	2
5	<p>Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена</p> <p>Для двох виборок перевірити гіпотезу про однорідність дисперсій за допомогою критеріїв Фішера та Кохрена. Порівняти результати, зробити висновок враховуючи, що виборки були отримані одна – на гральних кістках,</p>	2

	друга – на монетах, причому в обох математичне очікування суми очок при одному випробуванні було однаковим.	
6	Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона Виборка отримана киданням 5 гральних кісток. Перевірити гіпотезу про нормальний розподіл випадкової величини «сума очок гральних кісток» за допомогою критерія Пірсона, використовуючи методи групування даних за допомогою t -Стюдента та правила Стерджеса. Зробити висновок.	2
7	Методи відбору суттєвих факторів. Методи апріорного моделювання. Однофакторний та багатфакторний дисперсійний аналіз. Для отриманих даних: - розрахувати дисперсію в середині дослідів - розрахувати дисперсію між дослідями - знайти розрахункові значення критеріїв та зробити прогноз щодо значущості факторів	2
8	Метод випадкового балансу. Критерій Стюдента. Насичені експериментальні плани/ Для отриманих даних: - провести групування факторів - розрахувати медіани та побудувати полігон частот - знайти точки що виділяються, зробити прогноз щодо значущості факторів	2
9	Метод найменших квадратів В результаті виконання 10 дослідів, в кожному з яких було по три повторних спостереження, отримані експериментальні дані. За допомогою методу найменших квадратів знайти оптимальний апроксимуючий поліном (ступінь не вище 3).	2
10	Критерії планування експерименту. Передумови регресійного аналізу Яким критерієм оптимальності відповідає план ПФЕ 3^n ? Що таке композиційний план? Які критерії оптимальності планів експерименту ви знаєте? У чому вони полягають? Що таке критерій ортогональності?	2
11	Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани В результаті проведення багатфакторного експерименту 2^3 отримані дані. Потрібно: - перевірити гіпотезу про однорідність дисперсії - розрахувати коефіцієнти моделі - розрахувати дисперсію помилок	2
12	Дробовий факторний експеримент В результаті проведення багатфакторного експерименту 2^{3-1} отримані дані. Потрібно: - перевірити гіпотезу про однорідність дисперсії - розрахувати коефіцієнти моделі - розрахувати дисперсію помилок	2
13	Центральний композиційний план Бокса В результаті проведення багатфакторного експерименту за ОЦКП Бокса отримані дані. Потрібно: - перевірити гіпотезу про однорідність дисперсії - розрахувати коефіцієнти моделі - розрахувати дисперсію помилок	2
14	Регресійний аналіз результатів експерименту Провести обробку результатів активного багатфакторного експерименту: - перевірити гіпотезу про однорідність дисперсії - розрахувати коефіцієнти моделі - розрахувати дисперсію помилок	2

	<ul style="list-style-type: none"> - визначити значимість коефіцієнтів моделі - розрахувати дисперсію адекватності моделі - перевірити гіпотезу про адекватність моделі - розрахувати залишкові суми 	
15	<p>Методи експериментальної оптимізації. Експериментальна оптимізація одновимірних об'єктів. Метод Бокса-Уілсона</p> <p>Для одновимірного об'єкта, заданого нелінійною функцією, провести пошук максимуму на відрізку $[a, b]$ з точністю δ.</p> <p>Для двовимірного об'єкта, заданого нелінійною функцією, провести пошук максимуму на обмеженій області з точністю δ.</p>	2

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 40 % часу (48 год.) вивчення дисципліни і передбачає:

- опрацювання лекційного матеріалу, знайомство з рекомендованою літературою;
- підготовка до практичних занять та оформленні звітів за результатами робіт;
- підготовка до двох модульних контрольних робіт (до 8 годин);
- виконання розрахунково-графічної роботи (до 15 годин);
- підготовка до залікової роботи (12 години).

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кільк. годин
1	<p>Загальні відомості з теорії експерименту</p> <p>Література: основна – [1,3], додаткова – [2,4].</p> <p>Завдання на СРС: Поняття активного та пасивного експериментів. Аналітичне та статистичне моделювання. Етапи рішення задачі моделювання об'єкту досліджень. На які питання планування дає відповідь теорія експерименту? Етапи планування експериментальних досліджень. Поняття „об'єкт досліджень”, його властивості та класифікація змінних, що визначають його стан. Типи параметрів оптимізації, основні вимоги до них. Типи факторів. Вимоги до обраних факторів</p>	1
2	<p>Елементи теорії ймовірностей</p> <p>Література: основна – [2,5], додаткова – [2,4,9].</p> <p>Завдання на СРС: Принципи відбору керованих факторів. Формула Бінома Ньютона. Скількома способами можна розмістити множину з n елементів? Випадкові величини, характеристики їх існування. Біноміальний розподіл. Локальна та інтегральна теореми Лапласа. Найімовірніше число випадків. Інтегральна та диференційна функції розподілення. Пояснити різницю між біноміальним розподілом та локальною теоремою Лапласа. Навести приклади несумісних та сумісних, незалежних та залежних подій.</p>	1
3	<p>Характеристики розподілення випадкових величин. Закон нормального розподілення</p> <p>Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [2,4].</p> <p>Завдання на СРС: Математичне очікування, середнє арифметичне, медіана, мода, дисперсія, стандартне відхилення. Розподілення Гауса. Категорії характеристик розподілу випадкових величин. Оцінки положення групування. Розмірність дисперсії. Пояснити розповсюдженість нормального розподілення, навести приклади.</p>	1
4	<p>Задача статистичної перевірки гіпотез</p> <p>Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,9].</p>	1

	Завдання на СРС: Поняття досліду, випробування, явища чи події. Наведіть класифікацію вибірок. На якому законі оснований вибірковий метод. наведіть приклади сталих та незміщених оцінок.	
5	Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена. Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,9]. Завдання на СРС: Обмеження висновків при використанні статистичних гіпотез. Чому в критерії Фішера використовують виправлену дисперсію? Який сенс рівня значимості? Коли замість критерія Фішера використовують критерій Кохрена? Які задачі можна вирішувати за допомогою критерія Пірсона?	1
6	Попереднє планування експерименту. Література: основна – [1,3,5], додаткова – [2,4,7,8]. Завдання на СРС: Чому потрібно відсіювати фактори? Чому моделювання – апріорне? Переваги та недоліки очної та заочної форм опитування. На чому оснований дисперсійний аналіз? з чого складається випадкова помилка досліду? Як в дисперсійному аналізі формулюється нульова гіпотеза? Які переваги багатофакторного дисперсійного аналізу у порівнянні з однофакторним? Чому для побудови моделі можна користуватися над насиченим плануванням? В яких умовах метод випадкового балансу є ефективним? Етапи методу випадкового балансу при стратегії, що вітвиться.	2
7	Метод найменших квадратів. Критерії планування експерименту. Передумови регресійного аналізу. Література: основна – [3,4,5], додаткова – [2,8]. Завдання на СРС: Призначення МНК. Чому пошук екстремуму функціоналу дає саме мінімум? Чому в оцінках коефіцієнтів моделі по МНК відсутні систематичні похибки? Чому фактори мають кодуватися? Що визначають критерії оптимальності? Від чого залежить оптимальність планування? Чому мають виконуватися передумови регресійного аналізу? Як їх перевіряють? Критерій вирівнювання. Умова екстремуму. Система рівнянь Гауса.	2
8	Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани. Дробовий факторний експеримент. Плани для квадратичних моделей. Центральні композиційні плани Бокса та Хартлі Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,5,6,7]. Завдання на СРС: Що таке насичені плани? Що таке дробові репліки? Коли слід користуватися методами насиченого планування? Коли до плану вводяться фіктивні змінні? Які завдання вирішуються на етапі планування експерименту? Які властивості мають бути у плану для вивчення об'єктів з лінійними зв'язками? Як будується ПФЕ? Чому дорівнює кількість ступенів свободи в ПФЕ? в чому полягає принцип змішування оцінок коефіцієнтів? Позитивні та негативні риси ДФЕ. в якому випадку ДФЕ є $A-$, $D-$ та $G-$ оптимальним? Чому використання ПФЕ 3^n не є оптимальним? За яким принципом обираються зіркові точки? Умови наближеності планів до $D-$ оптимальності. Порядок регресійного аналізу. Особливості визначення дисперсії помилок для планів з різною кількістю повторностей.	2
9	Методи експериментальної оптимізації. Література: основна – [4,5], додаткова – [1,3,6,8].	2

	<p>Завдання на СРС: Чим відрізняються методи оптимізації одномірних об'єктів? Через що виникла назва „метод крутого сходження”? Звідки починається рух по градієнту? Як перевіряється гіпотеза багатоекстремальності? За яким принципом можуть будуватися вершини симплекса? Емпірична та аналітична умови досягнення оптимуму. Критерій закінчення пошуку екстремуму.</p>	
--	--	--

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Згідно Положення про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, студенти мають право на вільне відвідування лекційних занять (з дозволу директора інституту) на третьому і наступних курсах у випадку, коли середній бал не менше 4,0 (нормований інтегральний рейтинг студента не менше 80%).

Правила поведінки на заняттях

Активність студентів на лекційних та практичних заняттях всіляко заохочується. Проведення занять базується на засадах доброзичливого партнерства задля досягнення мети вивчення дисципліни. Разом з тим, проведення занять має відповідати Дисциплінарним правилам, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Правила захисту лабораторних робіт

Не передбачені.

Правила захисту індивідуальних завдань

Робочий навчальний план передбачає виконання розрахунково-графічної роботи, завдання на яку індивідуальне для кожного студента. Після представлення оформленої роботи з усіма необхідними розрахунками, РГР оцінюється за критерієм правильності отриманих результатів.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Заохочувальні та штрафні бали не передбачені.

Політика дедлайнів та перескладань

Дана політика регулюється Положенням про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положенням про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положенням про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського та багатьма іншими документами.

Політика щодо академічної доброчесності

Академічна недоброчесність неприпустима. Система індивідуальних завдань на лабораторні та РГР дозволяє максимально уникнути списування, а унікальність завдань дозволяє уникнути плагіату.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

1. Виконання МКР.
2. Виконання РГР
3. Практичні заняття №№ 1, 2, 3, 7, 8, 15

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

1. МКР. Модульна контрольна робота складається з двох частин, які відповідають певним розділам курсу (див. Табл.1).

Максимальна кількість балів за МКР – **10 балів**.

- повна відповідь, вільне володіння матеріалом – *9-10 балів*;
- задовільна відповідь – *6-8 балів*;
- неповна відповідь – *1-5 балів*
- незадовільна відповідь – *0 балів*

2. РГР складається з 9 завдань, які охоплюють весь матеріал курсу і є індивідуальними для кожного студента.

3. В оцінювання входять практичні заняття, теми яких не потрапляють до РГР. Критерії оцінювання:

- активна робота з позитивним результатом – $1 \text{ бал} \times 6 = 6$;
- пасивна робота – 0 балів.

:

Завдання	Макс. кількість балів	Правильне рішення всіх завдань	Частково правильне	Зі значними похибками	Невірні або відсутні рішення
Завдання 1. Обробка спостережень, довірчі інтервали.	9	7-9	4-6	1-3	0
Завдання 2. Гіпотеза про однорідність дисперсій.	9	7-9	4-6	1-3	0
Завдання 3. Гіпотеза про розподіл випадкової величини.	12	10-12	7-9	1-6	0
Завдання 4. Метод найменших квадратів.	12	10-12	7-9	1-6	0
Завдання 5. ПФЕ 2^3	12	10-12	7-9	1-6	0
Завдання 6. ПФЕ 3^3	12	10-12	7-9	1-6	0
Завдання 7. Ортогональний ЦКП Бокса.	12	10-12	7-9	1-6	0
Завдання 8. Порівняння отриманих моделей. Висновок.	6	5-6	3-4	1-2	0

Максимальна кількість балів – **84**.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 16 + 84 = 100 \text{ балів}$$

Календарний контроль проводиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Умови позитивного результату з календарного контролю.

Для отримання «зараховано» з календарного контролю студент повинен набрати не менше 60% від максимально можливого балу на момент календарного контролю.

Обов'язковою умовою отримання заліку є виконання всіх семестрових контрольних заходів..

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій контрольній роботі. У цьому разі остаточний результат складається із балів, що отримані на за семестр та на заліковій контрольній роботі.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Фізико-хімічні та статистичні моделі
2. Етапи побудови статистичних математичних моделей
3. Об'єкт досліджень
4. Вибір параметрів оптимізації (функції цілі)
5. Вибір факторів, що досліджуються
6. Комбінаторика. Основні комбінаторні функції. Постановка задач комбінаторики
7. Підстановки, розміщення, перестановки, сполучення
8. Обчислення ймовірностей
9. Випадкові величини та їх розподілення
10. Характеристики розподілення випадкових величин
11. Закон нормального розподілення
12. Вибірковий метод
13. Задача статистичної перевірки гіпотез
14. Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена
15. Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона
16. Критерій Шапіро-Вілка
17. Методи відбору суттєвих факторів
18. Методи апріорного моделювання
19. Однофакторний та багатофакторний дисперсійний аналіз.
20. Метод випадкового балансу. Критерій Стьюдента
21. Насичені експериментальні плани
22. Основні поняття планування експерименту
23. Метод найменших квадратів
24. Критерії планування експерименту
25. Передумови регресійного аналізу
26. Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани

27. Дробовий факторний експеримент
28. Плани для квадратичних моделей. Центральні композиційні плани Бокса та Хартлі
29. Регресійний аналіз результатів експерименту
30. Експериментальна оптимізація одномірних об'єктів
31. Метод Бокса-Уілсона
32. Послідовний симплекс-метод

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст.. викл. Козирєв О.С.

Ухвалено кафедрою Лазерної техніки та фізико-технічних технологій (протокол № 5 від 17.11.2023)

Погоджено Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона (протокол № 5/23 від 11.12.2023)