



Основи наукових досліджень та технічної творчості

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій (2024)
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	IV курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ECTS (120 годин): (36 год. – лекції, 36 год. – практичні, СРС – 48 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / МКР, РГР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: ст.. викл. Козирев Олексій Сергійович, kozyriev.oleksii@lil.kpi.ua Практичн: ст.. викл. Козирев Олексій Сергійович, kozyriev.oleksii@lil.kpi.ua
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.

Навчальна дисципліна належить до вибіркових навчальних дисциплін циклу професійної підготовки освітньої програми першого рівня вищої освіти – бакалавра з прикладної механіки.

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

Метою навчальної дисципліни є підсилення у студентів компетентностей, передбачених ОПП «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. а саме:

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 |

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння кредитного модулю мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

Програмні результати навчання

- | | |
|--------|---|
| ПРН 1 | Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи |
| ПРН 8 | Знати і розуміти основи інформаційних технологій, програмування, практично використовувати прикладне програмне забезпечення для виконання інженерних розрахунків, обробки інформації та результатів експериментальних досліджень |
| ПРН 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 |
| ПРН 12 | Навички практичного використання комп'ютеризованих систем проектування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE) |

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**».

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

Тема 2.8 Інші статистичні розподіли

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, критерій Шапіро-Уїлка

Тема 3.6 t -тест Стюдента

Розділ 4. Попереднє планування експерименту

Тема 4.1 Методи відбору суттєвих факторів

Тема 4.2 Методи апріорного моделювання

Тема 4.3 Однофакторний та багатофакторний дисперсійний аналіз.

Тема 4.4 Метод випадкового балансу. Критерій Стюдента

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 одновимірних об'єктів

Тема 6.2 Метод Бокса-Уілсона

Тема 6.3 Послідовний симплекс-метод

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Основи теорії планування експерименту : Навчальний посібник для студентів / Державний ун-т "Львівська політехніка". - Л. : Видавництво ДУ "Львівська політехніка", 2000. - 204с.
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000120797&local_base=KPI01
2. Статистична обробка даних : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Є.Т. Володарський, Л.О. Кошева. - Київ : НАУ, 2008. - 308 с.
https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000295479&local_base=KPI01
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.
5. Основи наукових досліджень та технічної творчості. Розрахунково-графічна робота. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» спец. 131 Прикладна механіка / О.С. Козирев ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. –Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025.

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.
2. Григор'єв Ю.Д. Методи оптимального планування експерименту: Лінійні моделі. Навчальний посібник. СПб. Видавництво «Лань», 2015.
3. К.В.Губкін, А.І.Яковлев ТПЕ в енергетиці. Курс лекцій для вищих навчальних закладів. Київ. "Міленіум", 2009.
4. Нечаєв В.П. Теорія планування експерименту: Навч. посібник / В.П. Нечаєв, Т.М. Берідзе, В.В. Кононенко – К.: Кондор, 2005
5. Душинський В.В., Пухівський О.С., Радченко С.Г. Оптимізація технологічних процесів у машинобудуванні. К.: 1977.

Інформаційні ресурси

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

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 компоненту

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	1			1
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	5	4	0	1
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	3	1	2	
Тема 2.5 Випадкові величини та їх розподілення	1	1		
Тема 2.6 Характеристики розподілення випадкових величин	2	1	1	
Тема 2.7 Закон нормального розподілення	3	1	1	1
Тема 2.8 Інші статистичні розподіли	1	1		
Разом за розділом 2	14	6	6	2
Розділ 3. Елементи математичної статистики				
Тема 3.1 Вибірковий метод	1	1		
Тема 3.2 Задачі, що вирішує вибірковий метод	1			1
Тема 3.3 Задача статистичної перевірки гіпотез	1	1		
Тема 3.4 Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена	3	1	2	
Тема 3.5 Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона, критерій Шапіро-Уїлка	5	2	2	1
Тема 3.6 <i>t</i> -тест Стюдента	3	1	2	
Разом за розділом 3	14	6	6	2
МКР з розділів 1 – 3	6		2	4

Розділ 4. Попереднє планування експерименту				
Тема 4.1 Методи відбору суттєвих факторів	2			2
Тема 4.2 Методи апіорного моделювання	3	1	2	
Тема 4.3 Однофакторний та багатофакторний дисперсійний аналіз.	3	1	2	
Тема 4.4 Метод випадкового балансу. Критерій Стюдента	1	1		
Тема 4.5 Насичені експериментальні плани	1	1		
Разом за розділом 4	10	4	4	2
Розділ 5. Методи планування експерименту				
Тема 5.1 Основні поняття планування експерименту	1			1
Тема 5.2 Метод найменших квадратів	3	1	2	
Тема 5.3 Критерії планування експерименту	1			1
Тема 5.4 Передумови регресійного аналізу	1	1		
Тема 5.5 Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани	4	2	2	
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	2	2		
Разом за розділом 5	22	10	8	4
Розділ 6. Методи експериментальної оптимізації				
Тема 6.1 Експериментальна оптимізація одномірних об'єктів	4	2	2	
Тема 6.2 Метод Бокса-Уілсона	5	2	2	1
Тема 6.3 Послідовний симплекс-метод	5	2	2	1
Разом за розділом 6	14	6	6	2
Модульна КР - 2	6		2	4
РГР	15			15
Залік	14		2	12
Всього годин	120	36	36	48

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Фізико-хімічні та статистичні моделі. Етапи побудови статистичних математичних моделей. Об'єкт досліджень Література: основна – [1,4], додаткова – [2,4].
2	Вибір параметрів оптимізації (функції цілі). Вибір факторів, що досліджуються Література: основна – [1,4], додаткова – [2,4].
3	Комбінаторика. Основні комбінаторні функції. Постановка задач комбінаторики. Підстановки, розміщення, перестановки, сполучення. Термінологія теорії ймовірностей. Обчислення ймовірностей

	Література: основна – [2,4], додаткова – [2,4]. 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.
4	Випадкові величини та їх розподілення. Характеристики розподілення випадкових величин Література: основна – [2,4], додаткова – [2,4]. Завдання на СРС: Інтегральна та диференційна функції розподілення. Пояснити різницю між біноміальним розподілом та локальною теоремою Лапласа. Навести приклади несумісних та сумісних, незалежних та залежних подій. Категорії характеристик розподілу випадкових величин. Оцінки положення групування. Розмірність дисперсії.
5	Закон нормального розподілення. Інші статистичні розподіли Література: основна – [2,4], додаткова – [2,4]. Завдання на СРС: Пояснити розповсюдженість нормального розподілення, навести приклади.
6	Вибірковий метод. Задачі, що вирішує вибірковий метод. Задача статистичної перевірки гіпотез Література: основна – [1,3,4], додаткова – [4,5]. Завдання на СРС: Поняття досліду, випробування, явища чи події. Наведіть класифікацію вибірок. На якому законі оснований вибірковий метод. наведіть приклади сталих та незміщених оцінок.
7-8	Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена. Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона, критерій Шапіро-Уїлка. t-тест Стюдента Література: основна – [1,3,4], додаткова – [4,5]. 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?
9	Методи відбору суттєвих факторів. Методи апіорного моделювання. Однофакторний та багатофакторний дисперсійний аналіз. Література: основна – [1,3], додаткова – [2,4,5]. Завдання на СРС: Чому потрібно відсіювати фактори? Чому моделювання – апіорне? 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?
10	Метод випадкового балансу. Критерій Стюдента. Насичені експериментальні плани Література: основна – [1,3], додаткова – [2,4,5]. Завдання на СРС: 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.
11	Основні поняття планування експерименту. Метод найменших квадратів. Критерії планування експерименту. Передумови регресійного аналізу Література: основна – [3,4,5], додаткова – [2,5]. Завдання на СРС: Призначення МНК. Чому пошук екстремуму функціоналу дає саме мінімум? Чому в оцінках коефіцієнтів моделі по МНК відсутні систематичні похибки? Критерій вирівнювання. Умова екстремуму. Система рівнянь Гауса. Чому фактори мають кодуватися? Що визначають критерії оптимальності? Від чого залежить оптимальність

	планування? Чому мають виконуватися передумови регресійного аналізу? Як їх перевіряють?
12	Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,5]. Завдання на СРС: Що таке насичені плани? 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?
13	Дробовий факторний експеримент Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,5]. Завдання на СРС: Що таке дробові репліки? В чому полягає принцип змішування оцінок коефіцієнтів? Позитивні та негативні риси ДФЕ. в якому випадку ДФЕ є $A-$, $D-$ та $G-$ оптимальним?
14	Плани для квадратичних моделей. Центральні композиційні плани Бокса та Хартлі Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,5]. Завдання на СРС: ому використання ПФЕ 3^3 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.
15	Регресійний аналіз результатів експерименту Література: основна – [5], додаткова – [5]. Завдання на СРС: Які етапи регресійного аналізу мають бути виконані до його початку? Які задачі регресійний аналіз вирішує? Як на це впливає вибір рівня значущості?
16	Експериментальна оптимізація одновимірних об'єктів. Література: основна – [4,5], додаткова – [1,3]. Завдання на СРС: Чим відрізняються методи оптимізації одновимірних об'єктів?
17	Метод Бокса-Уілсона. Література: основна – [4,5], додаткова – [1,3]. Завдання на СРС: Через що виникла назва „метод крутого сходження”? Звідки починається рух по градієнту? Як перевіряється гіпотеза багатоекстремальності?
18	Послідовний симплекс-метод Література: основна – [4,5], додаткова – [1,3]. Завдання на СРС: За яким принципом можуть будуватися вершини симплекса? Емпірична та аналітична умови досягнення оптимуму. Критерій закінчення пошуку екстремуму.

Практичні заняття

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

№ з/п	Назва теми заняття	Кількість ауд. годин
1	Комбінаторика. Основні комбінаторні функції. Постановка задач комбінаторики. Підстановки, розміщення, перестановки, сполучення. - 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	Обчислення ймовірностей. Додавання ймовірностей несумісних подій. Додавання ймовірностей сумісних подій. Множення ймовірностей. Формула Бернуллі. Теорема Лапласа. Найімовірніше число настання подій - 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	Випадкові величини та їх розподілення. Характеристики розподілення випадкових величин. Закон нормального розподілення 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; Для отриманого набору даних: знайти характеристики розподілення; записати диференційний закон розподілення (вважаючи його нормальним); знайти інтегральний закон розподілення; побудувати графіки для диференційного та інтегрального розподілень	2
4	Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена 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, друга – на монетах, причому в обох математичне очікування суми очок при одному випробуванні було однаковим.	2
5	Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона, критерій Шапіро-Уїлка 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. Перевірити цю ж гіпотезу за допомогою критерію Шапіро-Уїлка. Зробити висновок.	2
6	t-тест Стюдента Які передумови і можливості t-тесту є основними? Для двох груп значень випадкової величини з відомими/невідомими дисперсіями оцінити, чи існує статистично значуща різниця між середніми значеннями двох груп	2
7	МКР з розділів 1 – 3	2
8	Методи відбору суттєвих факторів. Методи апріорного моделювання. Для отриманих даних: створити опитувальний лист, створити підсумкову таблицю, побудувати рангову діаграму, оцінити значущість факторів, однастайність та добросовісність експертів	2
9	Методи відбору суттєвих факторів. Однофакторний та багатофакторний 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
10	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
11	Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани	2

	В результаті проведення багатофакторного експерименту 2^3 отримані дані. Потрібно: перевірити гіпотезу про однорідність дисперсії; розрахувати коефіцієнти моделі; розрахувати дисперсію помилок; визначити значимість коефіцієнтів моделі; розрахувати дисперсію адекватності моделі; перевірити гіпотезу про адекватність моделі	
12	Дробовий факторний експеримент В результаті проведення багатофакторного експерименту 2^{3-1} отримані дані. Потрібно: перевірити гіпотезу про однорідність дисперсії; розрахувати коефіцієнти моделі; розрахувати дисперсію помилок; визначити значимість коефіцієнтів моделі; розрахувати дисперсію адекватності моделі; перевірити гіпотезу про адекватність моделі	2
13	Центральний композиційний план Бокса В результаті проведення багатофакторного експерименту за ОЦКП Бокса отримані дані. Потрібно: перевірити гіпотезу про однорідність дисперсії; розрахувати коефіцієнти моделі; розрахувати дисперсію помилок; визначити значимість коефіцієнтів моделі; розрахувати дисперсію адекватності моделі; перевірити гіпотезу про адекватність моделі	2
14	Методи експериментальної оптимізації. Експериментальна оптимізація одномірних об'єктів. Для одномірного об'єкта, заданого нелінійною функцією, провести пошук максимуму на відрізку $[a,b]$ з точністю δ .	2
15	Методи експериментальної оптимізації. Метод Бокса-Уілсона Для двомірного об'єкта, заданого нелінійною функцією, провести пошук максимуму на обмеженій області з точністю δ .	2
16	Методи експериментальної оптимізації. Симплекс-метод Для двомірного об'єкта, заданого нелінійною функцією, провести пошук максимуму на обмеженій області з точністю δ . Порівняти з результатами, отриманими методом Бокса-Уілсона.	
17	МКР з розділів 4 – 6	
18	Залік	

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	Загальні відомості з теорії експерименту 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	1

2	Елементи теорії ймовірностей Література: основна – [2,5], додаткова – [2,4,5]. 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. 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.	1
3	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.	1
4	Задачі, що вирішує вибірковий метод. Задача статистичної перевірки гіпотез Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,5]. Завдання на СРС: Поняття досліду, випробування, явища чи події. Наведіть класифікацію вибірок. На якому законі оснований вибірковий метод. наведіть приклади сталих та незміщених оцінок.	1
5	Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена. Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона Література: основна – [1,3,4,5], додаткова – [4,5]. 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 – [2,4,5]. Завдання на СРС: Чому потрібно відсіювати фактори? Чому моделювання – апіорне? 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 – [2,5]. 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]. 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 – [1,3,5]. Завдання на СРС: Чим відрізняються методи оптимізації одновимірних 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.	2

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

Лабораторні роботи 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

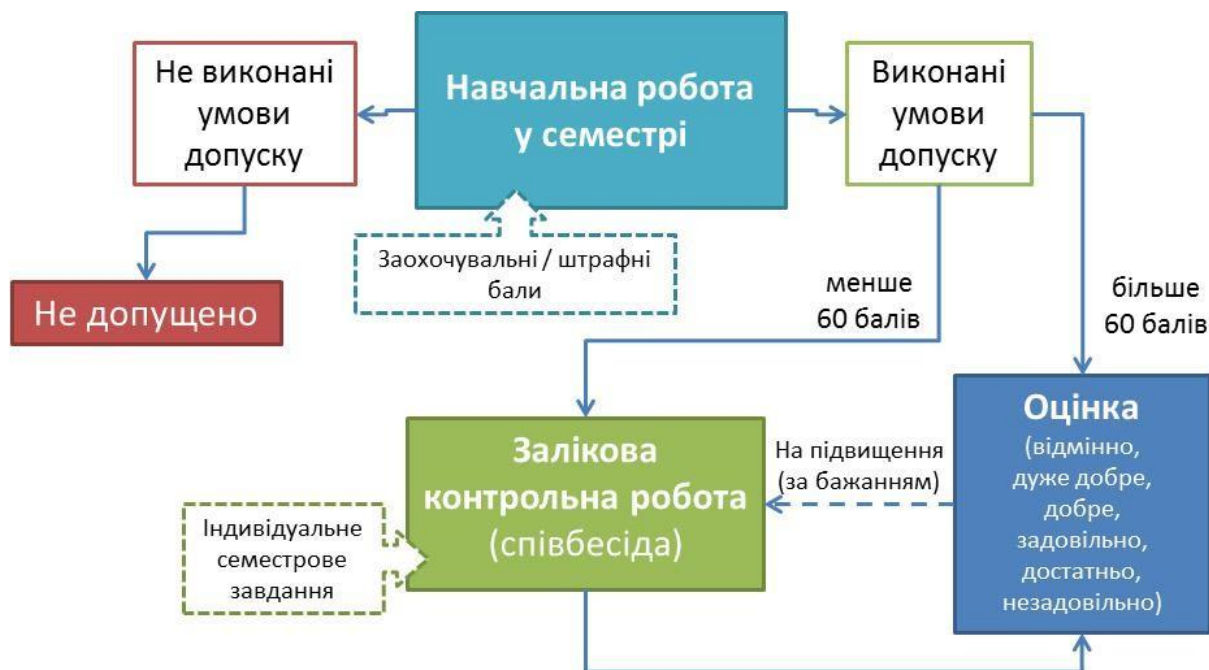
Дана політика регулюється Положенням про організацію освітнього процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положенням про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положенням про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського та багатьма іншими документами.

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)

Оцінювання результатів навчання відбувається за схемою:



Контрольні заходи:

1. Поточний контроль: виконання практичних робіт, виконання РГР, МКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік.

Таблиця видів контролю та максимальної кількості балів за них.

Вид контролю	Кількість	Максимальна кількість балів на 1	Максимальна кількість балів
Виконання практичних робіт	15	1	15
Виконання РГР	1	55	55
МКР	2	15	30
Всього			100

Оцінювання виконання практичних робіт:

Критерії	Бали
до виконаного завдання немає зауважень або є не принципові зауваження, дані правильні відповіді при перевірці	1
є принципові зауваження до виконаного завдання та/або не дані відповіді (дані неправильні) при перевірці	робота не здана

РГР складається з восьми індивідуальних завдань, які в залежності від складності оцінюються від 4 балів до 8 балів.

Оцінювання РГР:

Критерії	Номер завдання			
	№ 1	№ 2	№ 3,4	№ 5.1 – 6.2
завдання вирішене повністю, з використанням вірної методики, отримано правильну відповідь	5	4	7	8
наявність одного з критеріїв: - є не принципові зауваження до виконання завдання - присутні технічні помилки, які не вплинули на результат - не повністю наведена методика розв'язання завдання - завдання виконано не вчасно				7
наявність двох з критеріїв: - є не принципові зауваження до виконання завдання - присутні технічні помилки, які не вплинули на результат - не повністю наведена методика розв'язання завдання - завдання виконано не вчасно	4	3	6	6
наявність трьох і більше з критеріїв: - є не принципові зауваження до виконання завдання - присутні технічні помилки, які не вплинули на результат - не повністю наведена методика розв'язання завдання - завдання виконано не вчасно	3		5	5
наявність одного або більше з критеріїв: - є принципові зауваження до виконаних розрахунків (помилки з одиницями вимірювання, грубі математичні помилки тощо) - використання невірної методики призвело до не правильного результату розрахунків - принципові етапи розрахунків не вказано в рішенні	робота не здана	робота не здана	робота не здана	робота не здана

МКР поділена на 2 частини та відбувається у вигляді проходження тестів. Кожна частина МКР складається з 15 питань. За кожную правильну відповідь студент отримує 1 бал. Якщо сумарна кількість правильних відповідей менше 9, то ця частина МКР вважається не зданою, при цьому бали не нараховуються. Максимально можлива оцінка за одну частину МКР складає 15 балів. За всі 2 частини – 30 балів.

Календарний контроль проводиться двічі на семестр 7 та 13 тижні навчання. Умовою позитивної оцінки під календарного контролю є наявність у здобувачів балів сумарно більше 50% від максимально можливої на момент проведення контролю.

Умовою допуску до заліку є виконання всіх практичних робіт, здані 2 частини МКР і здана РГР.

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді співбесіди за темами, з якими здобувач мав проблеми протягом семестру. На співбесіді здобувачу пропонується відповісти на декілька (в залежності від кількості «проблемних» тем) запитань, які раніше зустрічалися на МКР, і які відповідним чином оцінюються. Отримані на співбесіді бали додаються до тих, що були отримані протягом семестру.

Якщо сумарна кількість отриманих таким чином балів менше 60, то залік вважається не зданим (незадовільно). Для перескладання заліку є дві додаткові спроби.

Отриманні слухачем рейтингові бали переводять в університетські оцінки за шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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)

На початку семестру студентам видається перелік завдань до СРС, вимоги до виконання РГР, строки її виконання, правила оформлення, критерії рейтингового оцінювання.

Бали за рейтинговою системою проставляються у Кампусі в розділі Поточний контроль, результати атестації в розділі Атестація. Залікова відомість створюється і заповнюється в Кампусі, доступ до неї існує упродовж дня заліку (у відповідності до «Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» – на останньому за розкладом занятті). Виправлення та перездача наступного дня не допускаються.

При вивченні даної дисципліни використовуються навчальні посібники, друковані і електронні підручники, які розміщені в Google Classroom (див. розділ «Реквізити навчальної дисципліни» цього Силабусу).

Спілкування з викладачем через Telegram, WhatsApp та Viber, електронну пошту.

Перелік тем, що виносяться на семестровий контроль, зразки питань для МКР та завдань на РГР наведено в Додатках.

Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перезарахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст. викл. Козирєв О.С.

Ухвалено кафедрою лазерної техніки та фізико-технічних технологій
(протокол № 3 від 08.10.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона
(протокол № 2 від 16.10.2025 р.)

Приблизний перелік тем, 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 Стюдента
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

Приблизний перелік запитань для модульної контрольної роботи

Модульна контрольна робота, частина 1 (до Розділів 1 – 3)

1. Чим відрізняються фізико-хімічні моделі від статистичних?
2. Які переваги мають статистичні моделі порівняно з фізико-хімічними?
3. Які характеристики об'єкту досліджень важливі для моделювання?
4. Які чинники слід враховувати при виборі параметрів оптимізації у складних технічних системах?
5. Яким чином взаємодія факторів впливає на результати моделювання?
6. Чим відрізняються перестановки, розміщення та сполучення між собою?
7. Поясніть терміни: випадкова подія, ймовірність, елементарна подія, несумісні події.
8. Що таке випадкова величина? У чому різниця між дискретною та неперервною випадковими величинами?
9. Сформулюйте основні властивості нормального розподілу. У чому його значення для прикладних задач?
10. Як побудувати функцію розподілу для дискретної випадкової величини, заданої таблично?
11. Які основні етапи вибіркового методу у математичній статистиці?
12. У чому полягає сутність задачі статистичної перевірки гіпотез? Поясніть поняття нульової та альтернативної гіпотез.
13. Яке призначення критерію Кохрена, і в чому його особливість порівняно з критерієм Фішера?
14. Як використовується критерій Пірсона?
15. Які помилки можуть виникати при статистичній перевірці гіпотез?

Модульна контрольна робота, частина 2 (до Розділів 4 – 6)

1. Чому етап попереднього планування експерименту вважається критично важливим?
2. Які джерела інформації використовуються для побудови апіорних моделей?
3. У чому полягає відмінність між однофакторним і багатофакторним дисперсійним аналізом?
4. Коли доцільно застосовувати метод випадкового балансу?
5. Що таке насичені експериментальні плани і які їх переваги на етапі попереднього планування?
6. У чому полягає суть методу найменших квадратів? Як він використовується для побудови регресійної моделі?
7. Які критерії використовуються для оцінювання якості плану експерименту? Поясніть значення ортогональності плану.
8. Які передумови потрібно виконати для застосування регресійного аналізу?
9. Які переваги та недоліки повного факторного плану?
10. Поясніть принцип побудови дробового факторного експерименту.
11. У яких випадках застосовуються центральні композиційні плани Бокса та Хартлі?
12. Яка основна ідея методу Бокса–Уілсона при пошуці оптимуму?
13. Що таке симплекс? Як формується початковий симплекс?
14. Як визначити, що оптимальне значення вже знайдено при використанні методу Бокса–Уілсона?
15. Як визначити, що оптимальне значення вже знайдено при використанні симплекс-методу?

Розрахунково-графічна робота, приклади завдань

1. Оцінити параметри розподілу випадкової величини; знайти ймовірність того, що випадкова величина прийме значення з певного діапазону; знайти довірчий інтервал для оцінки математичного очікування.
2. Для двох вибірок перевірити гіпотезу про однорідність дисперсій за допомогою критеріїв Фішера та Кохрена, порівняти результати, зробити висновок.
3. Перевірити гіпотезу про нормальний розподіл випадкової величини, використовуючи методи групування даних за допомогою t-Ст'юдента та за допомогою правила Стерджеса. Зробити висновок.
4. За допомогою методу найменших квадратів знайти оптимальний апроксимуючий поліном (ступінь не вище 3).
5. Провести обробку результатів активного багатофакторного експерименту 2^3 : перевірити гіпотезу про однорідність дисперсій; розрахувати коефіцієнти моделі; розрахувати дисперсію помилок; визначити значимість коефіцієнтів моделі; розрахувати дисперсію адекватності моделі; перевірити гіпотезу про адекватність моделі; отримати справжні коефіцієнти моделі, зробити висновок.
6. Провести обробку результатів активного багатофакторного експерименту за ЦКП Бокса: перевірити гіпотезу про однорідність дисперсій; розрахувати коефіцієнти моделі; розрахувати дисперсію помилок; визначити значимість коефіцієнтів моделі; розрахувати дисперсію адекватності моделі; перевірити гіпотезу про адекватність моделі; отримати справжні коефіцієнти моделі, зробити висновок.
7. Провести оптимізацію двомірного об'єкта досліджень методом Бокса-Уілсона.
8. Провести оптимізацію двомірного об'єкта досліджень симплекс-методом.