

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра Лазерної техніки та фізико-технічних технологій

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

*Рекомендовано вченою радою Механіко-машинобудівного інституту НТУУ
«КПІ ім. І.Сікорського»*

Київ
НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського»
2017

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. Козирєв, – К.: НТУУ «КПІ», 2017. – 13 с.

*Гриф надано вченою радою
ВПІ НТУУ «КПІ»
(протокол №__ від _____ р.)*

*Ухвалено на засіданні кафедри графіки ВПІ НТУУ «КПІ»
(протокол №__ від _____ р.)*

Основи наукових досліджень та технічна творчість

Методичні вказівки
до самостійної роботи студентів до вивчення кредитного модуля
спеціалізації
«Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки»
спеціальності 131 Прикладна механіка

Укладач Козирєв О.С., ст. викл.

Відповідальний
редактор Котляров В.П., д.т.н., проф.

Рецензент Малафєєв Ю.М. , к.т.н., доц.

Зміст

1. Мета та завдання кредитного модуля	2
2. Структура кредитного модуля	3
3. Організація навчального процесу	4
4. Лекційні заняття.....	6
5. Практичні заняття	9
6. Модульні контрольні роботи.....	10
7. Індивідуальні завдання.....	11
8. Оцінювання результатів навчання	12
9. Контакти із викладачем	13

1. Мета та завдання кредитного модуля

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- Здатність планувати експериментальні дослідження;
- Здатність аналізувати структуру об'єкту досліджень
- Здатність розраховувати характеристики розподілу випадкових величин;
- Здатність перевіряти статистичні гіпотези;
- Здатність проводити попереднє планування експерименту;
- Здатність розробляти експериментальні плани;
- Здатність обробляти результати експериментів;
- Здатність користуватися методами експериментальної оптимізації

Основні завдання кредитного модуля.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

знання:

- Етапи планування експериментальних досліджень.
- Характеристики об'єкту досліджень.
- Типи параметрів оптимізації, основні вимоги до них
- Елементи теорії ймовірностей
- Елементи математичної статистики
- Методи ранжування та відсіву факторів
- Методи планування експерименту
- Методи обробки результатів експерименту
- Методи експериментальної оптимізації

уміння:

- Розрахувати характеристики розподілу випадкових величин, що описують центр групування випадкової величини;
 - Розрахувати характеристики розподілу випадкових величин, що описують розсіяння випадкової величини;
- Перевірити гіпотезу про однорідність випадкових величин;
- Перевірити гіпотезу про розподіл випадкової величини;

- Провести відсів діючих факторів за допомогою дисперсійного аналізу, випадкового балансу;
- Обробити експериментальні дані методом найменших квадратів
- Побудувати експериментальний план першого чи другого порядку, обробити отримані дані та зробити обґрунтовані висновки на їх основі;

досвід:

- Досвід з розрахунків параметрів розподілу випадкових величин;
- Досвід з використання статистичних критеріїв Фішера, Кохрена, Ст'юдента, Пірсона та ін.
- Досвід з практичного використання апріорного моделювання, методів дисперсійного аналізу та випадкового балансу.
- Досвід з використання повних та дробних експериментальних планів першого та другого порядків, ЦКП Бокса та Хартлі.
- Досвід з використання МНК для оцінки коефіцієнтів моделі.
- Досвід з обробки результатів ПФЕ таДФЕ.
- Досвід з використання методів експериментальної оптимізації

2. Структура кредитного модуля

Всього		Розподіл навчального часу за видами занять				Семестрова атестація
Кредитів	Годин	Лекційні заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	СРС	
3,5	105	36	27		42	Залік

3. Організація навчального процесу

Календарно-тематичний план засвоєння навчальної дисципліни

Тиждень	Зміст навчальної роботи
1	Лекція 1 Фізико-хімічні та статистичні моделі. Етапи побудови статистичних математичних моделей
2	Лекція 2 Об'єкт досліджень. Вибір параметрів оптимізації (функції цілі)
3	Лекція 3 Вибір факторів, що досліджуються
4	Лекція 4 Комбінаторика. Основні комбінаторні функції. Постановка задач комбінаторики. Підстановки, розміщення, перестановки, сполучення
5	Лекція 5 Термінологія теорії ймовірностей. Обчислення ймовірностей Практичне заняття 1 Обчислення ймовірностей.
6	Лекція 6 Випадкові величини та їх розподілення. Характеристики розподілення випадкових величин Практичне заняття 2 Випадкові величини та їх розподілення.
7	Лекція 7 Закон нормального розподілення.
8	Лекція 8 Вибірковий метод. Задачі, що вирішує вибірковий метод. Задача статистичної перевірки гіпотез
9	Лекція 9 Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена. Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона. Практичне заняття 3 Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена Практичне заняття 4 Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона МКР-1
10	Лекція 10 Методи відбору суттєвих факторів. Методи апріорного моделювання

Тиждень	Зміст навчальної роботи
11	Лекція 11 Однофакторний та багатфакторний дисперсійний аналіз Практичне заняття 5 Однофакторний та багатфакторний дисперсійний аналіз.
12	Лекція 12 Метод випадкового балансу. Критерій Ст'юдента. Насичені експериментальні плани Практичне заняття 6 Метод випадкового балансу. Практичне заняття 7 Насичені експериментальні плани
13	Лекція 13 Основні поняття планування експерименту. Метод найменших квадратів Практичне заняття 8 Метод найменших квадратів
14	Лекція 14 Критерії планування експерименту. Передумови регресійного аналізу
15	Лекція 15 Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани. Дробовий факторний експеримент Практичне заняття 9 Плани для моделей першого порядку. Практичне заняття 10 Дробові факторні плани
16	Лекція 16 Плани для квадратичних моделей. Центральні композиційні плани Бокса та Хартлі. Практичне заняття 11 Плани для моделей другого порядку. ЦКП Бокса.
17	Лекція 17 Регресійний аналіз результатів експерименту Практичне заняття 12 Регресійний аналіз результатів експерименту
18	Лекція 18 Експериментальна оптимізація одномірних об'єктів. Метод Бокса-Уілсона. Послідовний симплекс-метод МКР-2 Залік

На початку семестру студенти мають за своїм логіном і паролем увійти до електронного кампусу й отримати Методичні вказівки та Конспект лекцій.

Рекомендується щотижня засвоювати навчальний матеріал одної лекції відповідно до календарно-тематичного плану.

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Класичний метод експериментування. База теорії експерименту. Типи моделей. Етапи побудови статистичної моделі. Література: основна – [5], с 3-7. 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.</p>
2	<p>Характеристики об'єкту досліджень. Змінні, що визначають стан об'єкта досліджень. Вимоги до параметру оптимізації. Література: основна – [5], с. 7-10. Завдання на СРС: Поняття «об'єкт досліджень», його властивості та класифікація змінних, що визначають його стан. Типи параметрів оптимізації, основні вимоги до них.</p>
3	<p>Типи факторів. Вимоги до обраних факторів. Факторіал. Гамма-функція. біноміальний коефіцієнт. Постановка задач комбінаторики. Література: основна – [5], с. 11-12. Завдання на СРС: Принципи відбору керованих факторів. Формула Бінома Ньютона.</p>
4	<p>Підстановки, розміщення, перестановки, сполучення. Випробування, подія, класичне визначення ймовірності. Закон Бернуллі. Література: основна – [4], с. 134-138; [2], с. 6-16. Завдання на СРС: Скількома способами можна розмістити множину з n елементів? скільки різних 6-значних чисел можна отримати з послідовності 1,1,1,2,2,3? Скількома способами можна з множини n елементів обрати k елементів?</p>
5	<p>Несумісні події. Сумісні події. Незалежні події. Залежні події. Біноміальний розподіл. Локальна та інтегральна теореми Лапласа. Найймовірніше число випадків. Інтегральна та диференційна функції розподілення. Література: основна – [2], с. 6-16; [4], с. 441-444. Завдання на СРС: Випадкові величини, характеристики їх існування. Пояснити різницю між біноміальним розподілом та локальною теоремою Лапласа. Навести приклади несумісних та сумісних, незалежних та залежних подій.</p>

6	<p>Математичне очікування, середнє арифметичне, медіана, мода, дисперсія, стандартне відхилення. Розподілення Гауса.</p> <p>Література: основна – [5], с. 14-19; [4], с. 455-457.</p> <p>Завдання на СРС: Категорії характеристик розподілу випадкових величин. Оцінки положення групування. Розмірність дисперсії. Пояснити розповсюдженість нормального розподілення, навести приклади.</p>
7	<p>Термінологія мат. статистики. Задачі, що вирішує вибірковий метод. Умови достатності характеристики генеральної сукупності. Випадки використання статистичних гіпотез.</p> <p>Література: основна – [5], с. 19-23.</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>
8	<p>F – розподіл Фішера. Число ступенів свободи. χ^2 - розподіл Пірсона. Обмеження висновків при використанні статистичних гіпотез.</p> <p>Література: основна – [4], с. 460-464.</p> <p>Завдання на СРС: Чому в критерії Фішера використовують виправлену дисперсію? Який сенс рівня значимості? Коли замість критерію Фішера використовують критерій Кохрена? Які задачі можна вирішувати за допомогою критерію Пірсона?</p>
9	<p>Методи відбору суттєвих факторів. Насиченість планування. Коефіцієнт конкордації.</p> <p>Література: основна – [5], с. 23-30.</p> <p>Завдання на СРС: Чому потрібно відсіювати фактори? Чому моделювання – апіорне? Переваги та недоліки очної та заочної форм опитування.</p>
10	<p>Складові сумарної дисперсії досліду. Однофакторний дисперсійний аналіз. Багатофакторний дисперсійний аналіз.</p> <p>Література: основна – [2], с. 138-160; [5], с. 31-35.</p> <p>Завдання на СРС: 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 одно факторним?</p>
11	<p>Наднасичене планування. Вихідна модель. Рангова діаграма розсіяння. Візуальний метод, метод точок, що виділилися, довірчі інтервали. t – критерій Ст'юдента.</p> <p>Література: основна – [5], с. 35-40.</p> <p>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.</p>

12	<p>Насичене планування. Дробовий факторний план. Матриця планування. Інформаційна матриця. Коваріаційна матриця.</p> <p>Література: основна – [5], с. 42-44; [2], с. 130-137</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?</p>
13	<p>Критерій вирівнювання. Умова екстремуму. Система рівнянь Гауса. Основна ідея планування експерименту. Центр плану, область планування.</p> <p>Література: основна – [2], с. 41-64.</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?</p>
14	<p>Ортогональність. Ротатабельність. Композиційність. $A-$, $D-$ та $G-$ оптимальність. Передумови регресійного аналізу.</p> <p>Література: основна – [5], с. 44-49.</p> <p>Завдання на СРС: Що визначають критерії оптимальності? Від чого залежить оптимальність планування? Чому мають виконуватися передумови регресійного аналізу? Як їх перевіряють?</p>
15	<p>Лінійна модель. Кодування ПФЕ. Композиційність ПФЕ. Властивості матриці ПФЕ. розрахунок коефіцієнтів моделі.</p> <p>Література: основна – [5], с. 49-50.</p> <p>Завдання на СРС: Які властивості має мати план для вивчення об'єктів з лінійними зв'язками? Як будується ПФЕ? Чому дорівнює кількість ступенів свободи в ПФЕ?</p>
16	<p>Дробові репліки. Позначення ДФЕ. Визначальний контраст. Генеруючі співвідношення. Склад ЦКП Бокса та Хартлі. Зіркові точки. Плани, близькі до $D-$ оптимальних.</p> <p>Література: основна – [5], с. 50-58.</p> <p>Завдання на СРС: 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.</p>
17	<p>Дисперсія помилок. Критерій Бартлетта. Дисперсія коефіцієнтів моделі. Дисперсія неадекватності. Гіпотеза про адекватність моделі. еквидистантні плани. Методи поділу відрізка. Критерій закінчення пошуку екстремуму.</p> <p>Література: основна – [5], с. 58-61; [2], с.168 -177.</p> <p>Завдання на СРС: Порядок регресійного аналізу. Особливості визначення дисперсії помилок для планів з різною кількістю повторностей. Чим відрізняються методи оптимізації одномірних об'єктів?</p>

18	<p>Гradient безперервної функції. Рух по gradientу. 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 – [5], с. 61-68; [2], с. 177-180.</p> <p>Завдання на СРС: Через що виникла назва «метод крутого сходження»? Звідки починається рух по gradientу? Як перевіряється гіпотеза багатоекстремальності? За яким принципом можуть будуватися вершини симплекса? Емпірична та аналітична умови досягнення оптимуму.</p>
----	--

5. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять: засвоєння конкретних питань, отримання навичок та умінь у фізичних та інженерних розрахунках.

з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Ймовірності. Обчислення ймовірностей. [1,6] Класичне визначення ймовірності. Формула Бернуллі. Розрахунок ймовірності випадкової події.
2	Випадкові величини та їх розподілення. Характеристики розподілення випадкових величин. [3,6] Поняття розподілу випадкової величини. Математичне очікування. Дисперсія. Оцінки характеристик розподілу.
3	Перевірка гіпотез про дисперсії, критерії Фішера та Кохрена [5,6] Принципи використання статистичних критеріїв. Обчислення критеріїв.
4	Перевірка гіпотез про закон розподілення, критерій Пірсона [5,6] Обчислення критерію. Аналіз можливих результатів.
5	Однофакторний та багатфакторний дисперсійний аналіз. [5,6] Основні засади дисперсійного аналізу.
6	Метод випадкового балансу. [5,6] Алгоритм та обмеження методу випадкового балансу. Критерій Ст'юдента.
7	Насичені експериментальні плани[5,6] Ненасичене, насичене та наднасичене експериментальне планування.
8	Обробка спостережень. Метод найменших квадратів [2] Призначення МНК. Засоби мінімізації функціоналу нев'язок. Рішення СЛАР у разі використання МНК.
9	Плани для моделей першого порядку. [4] Повні факторні плани. Ортогональність, ротатабельність, композиційність, симетричність планів.

10	Дробові факторні плани. [4] Умови застосування ДФЕ. Визначальний контраст, генеруюче співвідношення.
11	Плани для квадратичних моделей. [4] Центральні композиційні плани Бокса та Хартлі.
12	Регресійний аналіз результатів експерименту.[4] Дисперсія похибок. Дисперсія адекватності. Довірчий інтервал. Критерій адекватності моделі.

6. Модульні контрольні роботи

З метою перевірки ступені засвоєння навчального матеріалу проводяться модульні контрольні роботи. Кредитний модуль передбачає виконання двох контрольних робіт. Контрольні роботи проводяться у формі письмових відповідей на завдання.

Модульна контрольна робота №1 проводиться за матеріалами розділів 1-3 (див. п. 3. Структура кредитного модуля). Питання, що виносяться на контрольну:

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

Модульна контрольна робота №2 проводиться за матеріалами розділів 4-6 (див. п. 3. Структура кредитного модуля). Питання, що виносяться на контрольну:

1. Методи відбору суттєвих факторів
2. Методи апріорного моделювання
3. Однофакторний та багатofакторний дисперсійний аналіз.
4. Метод випадкового балансу. Критерій Стьюдента
5. Насичені експериментальні плани
6. Основні поняття планування експерименту
7. Метод найменших квадратів
8. Критерії планування експерименту
9. Передумови регресійного аналізу
10. Плани для моделей першого порядку. Повні факторні плани
11. Дробовий факторний експеримент
12. Плани для квадратичних моделей. Центральні композиційні плани Бокса та Хартлі
13. Регресійний аналіз результатів експерименту
14. Експериментальна оптимізація одномірних об'єктів
15. Метод Бокса-Уілсона
16. Послідовний симплекс-метод

7. Індивідуальні завдання

Для контролю знань та набуття практичних навичок самостійної роботи виконується ДКР. Пакет контрольних завдань має 50 варіантів, які тотожні як за рівнем складності, так і за смисловим навантаженням. Завдання мають індивідуальний характер і забезпечують обов'язкову самостійність роботи студента при їх виконанні.

Кожен варіант складається з семи задач, з яких три – на розрахунок ймовірності, дві – статистична перевірка гіпотез, дві – планування та обробка результатів експерименту.

8. Оцінювання результатів навчання

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

1. Виконання 12 практичних робіт.
2. Виконання 2 МКР.
3. Виконання ДКР.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Практичні роботи: максимальна кількість балів за всі роботи – 12.

- вірна відповідь/вирішення задачі – 1 бал
- невірна відповідь/відсутність на занятті – 0 балів

МКР: максимальна кількість балів за МКР – 9.

- повна відповідь, вільне володіння матеріалом – 8-9 балів
- задовільна відповідь – 5-7 балів
- неповна відповідь – 3-4 балів
- незадовільна відповідь – 0-2 бали

ДКР: максимальна кількість балів за ДКР – 70.

Завдання 1-4: максимально по 5 балів;

Завдання 5: максимально 15 балів;

Завдання 6: максимально 10 балів;

Завдання 7: максимально 25 балів;

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R = 12 + 9 + 9 + 5 + 5 + 5 + 5 + 15 + 10 + 25 = 100 \text{ балів}$$

Система оцінок має вигляд:

R	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
95-100	<i>A</i>	Зараховано
85-94	<i>B</i>	
75-84	<i>C</i>	
65-74	<i>D</i>	
60-64	<i>E</i>	
R<60	<i>Fx</i>	не зараховано
R<35	<i>F</i>	не допущений

9. Контакты із викладачем

Спілкування з викладачем проводиться через електронний кампус або електронною поштою:

Козирев Олексій Сергійович: akozyrev@ukr.net