

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра «Фізичне матеріалознавство»
(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан ІФФ Олександр КЛИМОВ

2024 року

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**ОК24. ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ**
(шифр за відповідною освітньою програмою та назва навчальної дисципліни)

освітня програма «Прикладне матеріалознавство»

спеціальність 132 «Матеріалознавство»

галузь знань 13 «Механічна інженерія»

ступінь вищої освіти бакалавр

2024 рік

програма з дисципліни «Основи наукових досліджень та математичне моделювання технологічних процесів»

спеціальності 132 «Матеріалознавство»,
освітня програма «Прикладне матеріалознавство»

Розробник: Ткач Д.В., доцент, к.т.н.

Програма погоджена:

Завідувач кафедри
на якій виконується освітній компонент



Вадим ОЛЬШАНЕЦЬКИЙ

22.08 2024

Гарант освітньої програми



Валерій ВІНІЧЕНКО
(імя прізвище)

22.08 2024

Схвалено науково-методичною комісією інженерно-фізичного факультету

Протокол від «22» серпня 2024 року № 1

Голова науково-методичної комісії



Олександр КЛИМОВ
(імя прізвище)

22.08 2024

1. Опис навчальної дисципліни

Загальна характеристика

| Обов'язковий освітній компонент | |
|--|-------------------------------|
| Рівень вищої освіти | Перший (бакалаврський) рівень |
| Ступінь вищої освіти | Бакалавр |
| Галузь знань | 13 Механічна інженерія |
| Спеціальність | 132 Матеріалознавство |
| Обмеження щодо форм навчання | Без обмежень |

| Найменування показників | Характеристика навчальної дисципліни | |
|--|--------------------------------------|-----------------------|
| | денна форма навчання | заочна форма навчання |
| Кількість кредитів | 3 | |
| Модулів | 2 | 2 |
| Змістових модулів | 2 | 2 |
| Семестр | 5 | 5 |
| Загальна кількість годин | 90 | |
| з них аудиторних: | 30 | 6 |
| <i>лекції</i> | - | - |
| <i>практичні</i> | 30 | 6 |
| <i>лабораторні</i> | - | - |
| <i>семінарські</i> | - | - |
| з них самостійної роботи: | 60 | 84 |
| Занять на тиждень на тиждень | 2 | 6 |
| Індивідуальні завдання | РГЗ, індивідуальні заняття | |
| Форма контролю | залік | |
| Курсова робота (проект) (загальний обсяг) | - | |

2. Мета навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти системи знань та практичних навичок з методології наукових досліджень, розвиток компетентностей з планування та проведення експериментів, статистичної обробки експериментальних даних, та математичного моделювання технологічних процесів в галузі матеріалознавства. Курс є інтегруючою дисципліною, що поєднує фундаментальні знання з математики та фізики з професійно-орієнтованими дисциплінами спеціальності, забезпечуючи формування наукового світогляду майбутнього фахівця та його здатність до дослідницької діяльності.

3. Завдання вивчення дисципліни

Основне завдання навчальної дисципліни засвоєння принципів організації та методології наукових досліджень; оволодіння методами статистичної обробки експериментальних даних; набуття практичних навичок роботи з програмним комплексом JMP; освоєння методів планування експерименту; формування вмінь з розробки та валідації математичних моделей технологічних процесів; розвиток здатності до аналізу та інтерпретації результатів досліджень.

4. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни

Пререквізити: Для успішного вивчення дисципліни здобувачі мають володіти компетентностями та результатами навчання, отриманими під час вивчення наступних дисциплін. З вищої математики здобувачі повинні мати базові знання математичного аналізу, володіти методами теорії ймовірностей та математичної статистики, вміти застосовувати методи лінійної алгебри та мати навички математичного моделювання. З курсу фізики необхідне розуміння фізичних основ вимірювань, здатність оцінювати похибки вимірювань, вміння працювати з системами одиниць вимірювання та розуміння фізичних процесів у матеріалах. Вивчення інформатики має забезпечити навички роботи з комп'ютером, вміння працювати з електронними таблицями, базові знання програмування та здатність використовувати спеціалізоване програмне забезпечення. З дисциплін матеріалознавчого циклу здобувачі повинні мати уявлення про структуру та властивості матеріалів, основні технологічні процеси, методи дослідження матеріалів та вміти аналізувати результати досліджень їх властивостей.

Постреквізити: Компетентності та результати навчання, отримані після вивчення дисципліни, є базовими для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра, вивчення подальших дисциплін професійного спрямування, проведення наукових досліджень, виконання курсових проєктів та робіт з фахових дисциплін, а також проходження виробничої та переддипломної практики.

5. Характеристика навчальної дисципліни

Загальні компетентності:

К301. Здатність до системного мислення, аналізу та синтезу.

К303. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

- К304. Здатність виявляти та вирішувати проблеми.
- К305. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- К306. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
- К307. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- К308. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- К310. Здатність працювати автономно.

Фахові компетентності:

КС02. Здатність продемонструвати розуміння проблем якості матеріалів та виробів.

КС03. Здатність продемонструвати розуміння питань використання технічної літератури та інших джерел інформації в галузі матеріалознавства

КС04. Здатність працювати в групі над великими інженерними проектами у сфері матеріалознавства

КС09. Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем

Очікувані програмні результати навчання:

РН1. Володіти логікою та методологією наукового пізнання.

РН3. Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій для професійної діяльності.

РН9. Уміти експериментувати та аналізувати дані.

РН16. Знати і використовувати методи фізичного і математичного моделювання при створенні нових та удосконаленні існуючих матеріалів, технологій їх виготовлення.

РН19 Обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки.

1. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Методи статистичної обробки експериментальних даних

Тема 1. Основи статистичної обробки результатів вимірювань. Визначення основних статистичних характеристик вибірки. Види експериментальних досліджень у матеріалознавстві. Систематизація методів вимірювання властивостей матеріалів. Методи графічного представлення статистичних даних.

Тема 2. Статистичні розподіли в обробці експериментальних даних. Закон нормального розподілу. Критерії узгодженості для перевірки гіпотези про закон розподілу (Колмогорова, Пірсона, Шапіро-Уїлка). Методи виявлення та виключення грубих похибок з експериментальних вибірок.

Тема 3. Кореляційний аналіз експериментальних даних. Визначення форми та тісноти зв'язку між досліджуваними величинами. Множинна кореляція. Рангова кореляція. Частинна кореляція. Оцінка значущості кореляційних зв'язків.

Тема 4. Регресійний аналіз експериментальних даних. Підбір емпіричних формул методом найменших квадратів. Методи нелінійної регресії. Поліноміальна, експоненціальна, логарифмічна регресія. Оцінка адекватності регресійних моделей.

Змістовий модуль 2. Математичне моделювання та аналіз даних в JMP

Тема 1. Основи роботи в програмному комплексі JMP. Інтерфейс програми. Імпорт та підготовка даних до аналізу. Базові інструменти статистичного аналізу. Візуалізація даних.

Тема 2. Методи планування експерименту в JMP. Повний факторний експеримент. Дробовий факторний експеримент. Скорочення числа дослідів. Регулярні дробові репліки.

Тема 3. Оптимізація експерименту засобами JMP. Центральний композиційний план. Ротатабельні плани другого порядку. Методи оптимізації багатофакторних процесів з використанням методів поверхні відгуку.

Тема 4. Аналіз та візуалізація результатів експерименту в JMP. Методи аналізу отриманих даних. Побудова графічних залежностей. Оформлення результатів. Формування звітів.

2. Орієнтовний розподіл навчального часу

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------|-----------|--------------|--------------|----------|-----------|
| | Денна форма | | | | Заочна форма | | | |
| | Усього | У тому числі | | | Усього | У тому числі | | |
| | | пр | інд | с.р. | | пр | інд | с.р. |
| Змістовий модуль 1. Методи статистичної обробки експериментальних даних | | | | | | | | |
| Тема 1. Основи статистичної обробки результатів вимірювань | 12 | 4 | 1 | 7 | 12 | 1 | - | 11 |
| Тема 2. Статистичні розподіли в обробці експериментальних даних | 12 | 4 | 2 | 6 | 12 | 1 | - | 11 |
| Тема 3. Кореляційний аналіз експериментальних даних | 12 | 4 | 1 | 7 | 12 | 1 | - | 11 |
| Тема 4. Регресійний аналіз експериментальних даних | 12 | 8 | 2 | 2 | 12 | 1 | - | 11 |
| Разом за змістовим модулем 1 | 48 | 20 | 6 | 22 | 48 | 4 | - | 44 |
| Змістовий модуль 2. Математичне моделювання та аналіз даних в JMP | | | | | | | | |
| Тема 1. Основи роботи в програмному комплексі JMP | 12 | 4 | 1 | 7 | 12 | 1 | - | 11 |
| Тема 2. Методи планування експерименту в JMP | 10 | 2 | 1 | 7 | 10 | 0.5 | - | 9.5 |
| Тема 3. Оптимізація експерименту засобами JMP | 10 | 2 | 1 | 7 | 10 | 0.25 | - | 9.75 |
| Тема 4. Аналіз та візуалізація результатів експерименту в JMP | 10 | 2 | 1 | 7 | 10 | 0.25 | - | 9.75 |
| Разом за змістовим модулем 2 | 42 | 10 | 4 | 28 | 42 | 2 | - | 40 |
| Усього годин | 90 | 30 | 10 | 50 | 90 | 6 | - | 84 |

3. Види навчальних занять та їх орієнтовний зміст

| № з/п | Тема | Вид занять | Орієнтовний зміст |
|-------|--|------------|--|
| 1 | Статистична обробка результатів вимірювань. Визначення основних статистичних характеристик | практичне | Розрахунок основних статистичних характеристик вибірки: середнє значення, дисперсія, середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт варіації. Побудова гістограм та полігонів розподілу. |
| 2 | Застосування закону нормального розподілу при обробці експериментальних даних. Перевірка гіпотези про нормальність розподілу | практичне | Перевірка гіпотези про нормальний закон розподілу експериментальних даних. Використання критеріїв узгодженості. Визначення довірчих інтервалів. |
| 3 | Методи виявлення та вилучення грубих похибок з експериментальних вибірок | практичне | Застосування критеріїв для виявлення та виключення грубих похибок. Використання методів Груббса, Ірвіна, Романовського. Оцінка достовірності результатів. |
| 4 | Кореляційний аналіз. Визначення форми та тісноти зв'язку між досліджуваними величинами | практичне | Розрахунок коефіцієнтів парної та множинної кореляції. Оцінка значущості кореляційних зв'язків. Побудова кореляційних матриць. |
| 5 | Регресійний аналіз. Підбір емпіричних формул методом найменших квадратів | практичне | Побудова лінійних та нелінійних регресійних моделей. Оцінка параметрів моделі. Перевірка адекватності. Аналіз залишків. |
| 6 | Основи роботи в програмному комплексі JMP. Імпорт та підготовка даних до аналізу | практичне | Знайомство з інтерфейсом JMP. Імпорт та підготовка даних. Типи змінних. Базові інструменти аналізу. Створення графіків. |
| 7 | Планування повного факторного експерименту в JMP | практичне | Створення матриці планування експерименту. Кодування факторів. Визначення значущих факторів та їх взаємодій. |
| 8 | Оптимізація технологічних процесів з використанням методів поверхні відгуку | практичне | Побудова поверхні відгуку. Пошук оптимальних умов процесу. Аналіз впливу факторів на цільову функцію. |
| 9 | Аналіз та візуалізація результатів експерименту в JMP | практичне | Статистична обробка результатів. Побудова графічних залежностей. Інтерпретація результатів. Формування звітів. |

4. Форми та методи контролю

У процесі вивчення дисципліни використовуються наступні методи контролю: усний контроль у формі опитування під час захисту практичних робіт, індивідуальних завдань та РГЗ; письмовий контроль при оформленні звітів з практичних робіт та розрахунково-графічного завдання; тестовий контроль при проведенні поточного та модульного тестування; практична

перевірка при виконанні завдань на комп'ютері в програмі JMP; графічний контроль при побудові графіків, діаграм та візуалізації результатів. Також застосовуються методи самоконтролю у вигляді самостійної перевірки виконаних завдань.

Поточний контроль здійснюється під час проведення практичних занять і включає перевірку підготовки до практичних занять, захист практичних робіт, тестування за темами, перевірку виконання самостійної роботи, а також контроль виконання індивідуальних завдань та РГЗ. Основна мета поточного контролю - забезпечення зворотного зв'язку між викладачем та студентами у процесі навчання.

Модульний контроль проводиться у формі тестування після завершення кожного змістового модуля. Перший модульний контроль охоплює теми з методів статистичної обробки даних, другий - з планування експерименту та роботи в програмному комплексі JMP. Тестування дозволяє оцінити рівень засвоєння теоретичного матеріалу та практичних навичок за кожним модулем.

Підсумковий контроль проводиться у формі заліку, який виставляється за результатами поточної успішності. Для отримання заліку необхідно виконати та захистити всі практичні роботи, успішно скласти модульні тести, захистити розрахунково-графічне та індивідуальне завдання, набравши при цьому мінімум 60 балів.

Самоконтроль забезпечується наданням студентам переліку питань для самоперевірки до кожної теми, а також тестових завдань у системі Moodle. Це дозволяє студентам самостійно оцінювати рівень засвоєння матеріалу та визначати теми, що потребують додаткового опрацювання.

5. Критерії оцінювання результатів навчання

| Поточне тестування та самостійна робота | | | | | | | | | | | | | Оцінка |
|---|----|----|----|----|-----|-----|--------------------|----|----|----|----|-----|------------|
| Змістовий модуль 1 | | | | | | | Змістовий модуль 2 | | | | | | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | РГЗ | MT1 | T6 | T7 | T8 | T9 | IЗ | MT2 | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 15 | 15 | 4 | 2 | 2 | 2 | 15 | 15 | зараховано |

T1, T2 ... T19 – теми змістових модулів;

MT1, MT2 - модульні тести;

РГЗ - розрахунково-графічне завдання;

IЗ - індивідуальне завдання

Протягом семестру здобувачі вищої освіти можуть набрати до 100 балів за виконання різних видів навчальної діяльності. 40 балів за виконання та захист практичних робіт. При захисті оцінюється якість виконання роботи, правильність розрахунків, оформлення звіту та відповіді на питання. За кожну практичну роботу можна отримати 2-4 бали.

Важливою складовою оцінювання є тестовий контроль знань, за який можна отримати до 30 балів. Тестування проводиться двічі за семестр - після завершення кожного змістового модуля. Перший тест перевіряє знання з

методів статистичної обробки даних, другий - з планування експерименту та роботи в програмі JMP. За кожен тест можна отримати максимум 15 балів.

Протягом семестру здобувачі вищої освіти виконують розрахунково-графічне завдання (РГЗ), яке оцінюється у 15 балів. При оцінюванні РГЗ враховується правильність виконання розрахунків, якість оформлення графічного матеріалу та захист роботи. Також 15 балів можна отримати за виконання індивідуального завдання, яке включає проведення дослідження в програмі JMP, аналіз отриманих результатів та їх презентацію.

Для отримання заліку необхідно виконати всі практичні роботи, успішно скласти модульні тести, захистити РГЗ та індивідуальне завдання. При цьому сума набраних балів має бути не менше 60. Якщо студент набирає менше 60 балів або не виконує всі обов'язкові види робіт, він отримує оцінку «не зараховано» та має можливість перескласти дисципліну відповідно до встановленого порядку.

6. Політика курсу

При вивченні дисципліни здобувачі вищої освіти мають відвідувати практичні заняття та активно в них брати участь. У разі пропуску занять студент зобов'язаний самостійно опрацювати матеріал та може відпрацювати пропущене заняття через індивідуальні консультації з викладачем.

Для ефективного опанування курсу необхідно дотримуватися встановленого графіку виконання практичних робіт та індивідуальних завдань. При виникненні складнощів з дотриманням термінів, потрібно завчасно узгодити з викладачем можливість їх перенесення. Всі роботи мають бути подані не пізніше встановленого терміну наприкінці семестру. У випадку поважних причин можливе індивідуальне узгодження термінів виконання завдань.

У курсі суворо дотримується політика академічної доброчесності. Здобувачі зобов'язані самостійно виконувати всі види навчальних завдань, завдання поточного та підсумкового контролю. При виконанні індивідуальних завдань та РГЗ допускається обговорення ідей та консультації, але розрахунки та аналіз кожен студент має виконувати самостійно. Списування під час тестів заборонено. Також необхідно дотримуватися норм законодавства про авторське право та давати достовірну інформацію про результати власної навчальної діяльності.

Комунікація з викладачем здійснюється через електронну пошту, Telegram та під час консультацій у робочий час. Здобувачі можуть створювати групи для спільного навчання та обміну досвідом, дотримуючись принципів академічної доброчесності. Важливою умовою ефективної роботи є толерантне та доброзичливе ставлення до однокурсників та викладачів.

Детальніше з політикою академічної доброчесності можна ознайомитися в Кодексі академічної доброчесності НУ "Запорізька політехніка" (https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Nakaz_N253_vid_29.06.21.pdf).

7. Методичне забезпечення

1. Методичні матеріали надані в системі дистанційного навчання Moodle

2. Перелік навчальної, наукової та довідкової літератури

1. Основи наукових досліджень / Ю.С. Грищук. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 232 с. – Режим доступу: <https://web.kpi.kharkov.ua/ea/wp-content/uploads/sites/25/2017/02/OND-Ukr.pdf>
2. Бахрушин В.Є. Методи аналізу даних : навчальний посібник для студентів /. В.Є. Бахрушин. – Запоріжжя : КПУ, 2011. – 268 с.
3. Брадул О.М. Теорія планування експерименту. – Київ: Кондор, 2018. – 232 с.
4. Статистична обробка експериментальних даних: Навчальний посібник / О.П. Мельниченко, І.Л. Якименко, Р.Л. Шевченко – Біла Церква, 2006.
5. Руденко В. М. Математична статистика. Навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури,. 2012. – 304 с.
6. Карпаш, О. М. Методологія наукових досліджень : навч. посіб. / О. М. Карпаш, П. М. Райтер, М. О. Карпаш. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2014. - 253 с. <http://chytalnya.nung.edu.ua/node/2947>
7. JMP Essentials: An Illustrated Step-by-Step Guide for New Users, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.

3. Рекомендовані інформаційні джерела

1. JMP Learning Library [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.jmp.com/en_us/learning-library.html
2. Online Statistics Education: An Interactive Multimedia Course of Study. URL: <http://onlinestatbook.com/>