



ОСНОВИ ПЛАНУВАННЯ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>6 Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G8 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-професійна програма Інженерія композиційних та порошкових матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 годин: лекції – 30 год, практичні заняття – 16 год, самостійна робота студента – 74 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к. т. н., доцентка, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102 Практичні: к. т. н., доцентка, Бірюкович Ліна Олегівна, linabiruk@ukr.net , 0501979102
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MjQ2MjcwNzg0NzA0?cjc=mymtyy7</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Експеримент (лат. Experimentum – проба, дослід) – це метод емпіричного дослідження, що представляє собою сукупність дослідів, об'єднаних однією системою їх постановки, взаємозв'язком результатів і способом їх обробки. Внаслідок експерименту отримують сукупність результатів, які допускають їхню сумісну обробку і зіставлення.

Експеримент є найбільш важливою складовою пізнання і з давніх давен люди задумувались про те чи можна експеримент планувати, бо традиційно в науці застосовується однофакторний експеримент для виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, у якому змінюється лише один фактор впливу, інші фактори стабілізуються (залишаються незмінними) на певному рівні. Лише у кінці 20 років 20 століття англійський статистик Ронпльд Фішер запропонував статистичні методи для планування експерименту, в якому одночасно варіюються усі фактори. Важливою перевагою цього метода є його універсальність, можливість застосовувати у багатьох областях досліджень.

Бірюкович Л. О. Основи планування багатофакторного експерименту

Планування експерименту – це процедура вибору кількості і умов проведення дослідів, необхідних і достатніх для вирішення поставленого завдання із потрібною точністю.

Вивчення дисципліни “Основи планування багатофакторного експерименту” дозволить застосовувати планування експерименту для цілеспрямованих і більш організованих дій експериментатора та отримання результатів за меншої кількості експериментальних досліджень.

120 годин обсягу дисципліни “Основи планування багатофакторного експерименту” включають 30 годин лекційних занять, 16 годин практичних занять і 74 годин СРС.

Метою дисципліни є формування у студентів фахових компетентностей спеціальності таких як:

- здатність виявляти та ставити проблеми у сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення;
- здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ і процесів.

Предмет дисципліни “Основи планування багатофакторного експерименту” – теорія планування багатофакторного експерименту, опанування якою дасть студентам можливість розв’язувати інженерні задачі на основі експериментально-статистичних моделей першого порядку.

Програмні результати навчання:

- Розуміти і застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв’язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій.
- Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми та задачі.
- Проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів.
- Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати їх.

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

Дисципліни, знання з яких необхідні для вивчення дисципліни “Основи планування багатофакторного експерименту”:

- Вища математика 3 – Теорія ймовірності і математична статистика;
- Інженерне матеріалознавство;
- Наукові основи створення наноматеріалів.

Знання, що студент отримає під час вивчення дисципліни “Основи планування багатофакторного експерименту” можуть бути корисними для планування і проведення досліджень під час практики і виконання кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня магістра.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання

Тема 1. Сутність планування багатофакторного експерименту.

Тема 2. Попередній експеримент.

Тема 3. Плани експерименту першого порядку.

Тема 4. Дробно факторний експеримент.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові:

1. Вступ до планування оптимального експерименту [Електронний ресурс] : навч. посібн. для студ. спец. 092502 – Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва / уклад.: Г. О. Статюха, Д. М. Складанний, О. С. Бонаренко – Київ : ІВЦ «Політехніка», 2011. – 117 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/bb6b0612-f83a-4054-a8c4-a32cd1bd4652/content>.
2. Пальоха К. К. Організація експерименту [Текст] / К. К. Пальоха. – Київ : МОУ, УЗІМН, НТУУ «КПІ», 1996. – 136 с.

Додаткові:

3. Чус А. В. Основы технического творчества [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. В. Чус, В. Н. Данченко. – Киев ; Донецк : Вища шк., 1983. – 183 с.

Підручники і навчальні посібники зазначені у списку додаткових навчальних матеріалів знаходяться у бібліотеці НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського і надаються для ознайомлення і глибшого розуміння тем дисципліни.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

5.1. Лекційні заняття

Заняття 1. Вступ.

Тема 1. Сутність планування багатофакторного експерименту.

Організація очного/дистанційного навчання. Рейтингова система оцінювання. Суть планування експерименту і області застосування, вимоги до об'єкта дослідження, параметр оптимізації та фактори експерименту. Послідовність вирішення задач методами експериментально-статистичного моделювання.

Заняття 2. Продовження. Вступ. Сутність планування багатофакторного експерименту.

Організація очного/дистанційного навчання. Рейтингова система оцінювання. Суть планування експерименту і області застосування, вимоги до об'єкта дослідження, параметр оптимізації та фактори експерименту. Послідовність вирішення задач методами експериментально-статистичного моделювання.

Заняття 3.

Тема 2. Попередній експеримент.

Оцінка якості експериментальних даних. Оцінка відтворюваності результатів експериментів. Прийняття рішення за результатами попереднього експерименту. Визначення моделі та її вибір, рівняння регресії, вибір основного рівня факторів та інтервалу зміни факторів, обмеження та інтервали варіювання факторів.

Заняття 4. Продовження.

Оцінка якості експериментальних даних. Оцінка відтворюваності результатів експериментів. Прийняття рішення за результатами попереднього експерименту. Визначення

Бірюкович Л. О. Основи планування багатофакторного експерименту моделі та її вибір, рівняння регресії, вибір основного рівня факторів та інтервалу зміни факторів, обмеження та інтервали варіювання факторів.

Заняття 5. Тематична контрольна робота 1.

Тема 3. Плани експерименту першого порядку

Плани повного факторного експерименту типу 2^k . Оцінка відтворюваності дослідів, кодування факторів та побудова плану ПФЕ типу 2^2 , обчислення коефіцієнтів доповнення та використання формули поєднань для обчислення кількості факторів взаємодії.

Заняття 6. Продовження.

Плани повного факторного експерименту типу 2^k . Оцінка відтворюваності дослідів, кодування факторів та побудова плану ПФЕ типу 2^2 , обчислення коефіцієнтів доповнення та використання формули поєднань для обчислення кількості факторів взаємодії.

Заняття 7.

Тема 4. Дробно факторний експеримент.

Визначення ДФЕ, побудова дробових реплік, розв'язувальна здатність півреплік та використання генеруючи співвідношень, розв'язувальна здатність реплік великої дрібності, суть методу «перевалу» та його застосування.

***Заняття 8. Продовження.** Визначення ДФЕ, побудова дробових реплік, розв'язувальна здатність півреплік та використання генеруючи співвідношень, розв'язувальна здатність реплік великої дрібності, суть методу «перевалу» та його застосування.*

Заняття 9.

Тема 5. Реалізація плану експерименту.

Підготовка до рандомізації умов експерименту, схема обробки результатів, знаходження дисперсії параметра оптимізації, перевірка значущості коефіцієнта регресії та адекватності моделі, прийняття рішення після обробки результатів та після крутого сходження.

Заняття 10. Продовження.

Підготовка до рандомізації умов експерименту, схема обробки результатів, знаходження дисперсії параметра оптимізації, перевірка значущості коефіцієнта регресії та адекватності моделі, прийняття рішення після обробки результатів та після крутого сходження.

Заняття 11. Тематична контрольна робота 2.

Розв'язок інженерних задач на основі експериментально-статистичних моделей першого порядку.

Оцінка чутливості функції відгуку. Пошук області оптимуму. Метод «стрімкого сходження». Прийняття рішення після «стрімкого сходження».

Заняття 12. Продовження.

Оцінка чутливості функції відгуку. Пошук області оптимуму. Метод «стрімкого сходження». Прийняття рішення після «стрімкого сходження».

Заняття 13.

Тема 6. Планування багатофакторного експерименту другого порядку.

Бірюкович Л. О. Основи планування багатофакторного експерименту

Планування типу 3^k . Ортогональне композиційне планування. Ротатабельне композиційне планування. Пошук оптимуму за допомогою рівніння другого порядку. Пошук оптимуму за наявності декількох поверхонь відгуку.

Заняття 14. Продовження.

Планування типу 3^k . Ортогональне композиційне планування. Ротатабельне композиційне планування. Пошук оптимуму за допомогою рівніння другого порядку. Пошук оптимуму за наявності декількох поверхонь відгуку.

Заняття 15. Продовження.

Планування типу 3^k . Ортогональне композиційне планування. Ротатабельне композиційне планування. Пошук оптимуму за допомогою рівніння другого порядку. Пошук оптимуму за наявності декількох поверхонь відгуку.

5.2. Практичні заняття.

На практичних заняттях студенти працюють із індивідуальними задачами, які здають на перевірку на останньому занятті.

Заняття 1. Практична робота 1. Побудова матриці планування.

Заняття 2. Практична робота 2. Знаходження коефіцієнтів рівняння регресії.

Заняття 3. Продовження. Практична робота 2. Знаходження коефіцієнтів рівняння регресії.

Заняття 4. Практична робота 3. Перевірка статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії.

Заняття 5. Продовження. Практична робота 3. Перевірка статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії.

Заняття 6. Практична робота 4. Перевірка адекватності моделі.

Заняття 7. Практична робота 5. Знаходження коефіцієнтів рівняння регресії.

Заняття 8. Практична робота 6. Прийняття рішення після обробки результатів.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (74 годин) складається з:

- підготовки до лекцій – 14 год;
- оформлення завдань з практичних робіт – 50 год;
- підготовки до МКР, яка розбита на 2 Тематичні контрольні роботи (ТКР) – 4 год;
- підготовки до заліку – 6 год.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять.

Відвідування лекційних занять є бажаним, хоча і не обов'язковим. Відвідування лекційних занять дозволить студентам не тільки опановувати знання безпосередньо на лекції, але і задати викладачу питання, що виникають під час викладання матеріалу лекції.

Відвідування практичних занять є обов'язковим.

Правила поведінки на заняттях.

На усіх заняттях, лекційних і практичних, вітається відключення звукових сигналів телефонів.

Бірюкович Л. О. Основи планування багатофакторного експерименту

На практичних заняттях не забороняється користування конспектами лекцій, підручниками, електронними гаджетами для пошуку інформації, що відповідає темі практичного заняття.

Завдання практичної роботи оформляється студентами на аркушах А4 і здаються викладачу на перевірку на останньому практичному занятті.

За умови проведення практичних занять у дистанційному режимі оформлені завдання практичних робіт завантажуються студентами до GoogleClassRoom "Основи планування багатофакторного експерименту".

Перескладання МКР проводиться за взаємною домовленістю студентів і викладача.

Перескладання заліку проводиться під час додаткової сесії за положенням НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" відповідно до графіку перескладань оприлюдненому на сайті ІМЗ ім. Є. О. Патона.

Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

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

8.1. Види контролю:

- Поточний контроль: практичні роботи, МКР.
- Календарний контроль: календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- Семестровий контроль: залік.

Кожний вид робіт оцінюється за 100-бальною шкалою. Семестрова оцінка формується як середня із суми оцінок за усі види робіт, що виконуються упродовж семестру

$$O_{\text{семестр}} = \frac{O_{\text{ПР}} + \sum_2 O_{\text{ТКР}}}{3}.$$

8.2. Критерії нарахування балів.

Практичні роботи.

Виконане індивідуальне завдання оцінюється у 100 балів.

Модульна контрольна робота.

МКР розбита на 2 тематичні контрольні роботи (ТКР), які є тестовими завданнями у Google Form. Максимально кожна ТКР оцінюється у 100 балів.

Календарний контроль.

Перший календарний контроль проводиться на 7 тижні семестру за результатами ТКР 1. Для позитивного оцінювання календарного контролю студенту необхідно отримати мінімум 50 балів. Другий календарний контроль проводиться на 13 тижні семестру за результатами ТКР 2. Для позитивного оцінювання календарного контролю студенту необхідно отримати мінімум 50 балів.

Залік.

Умовою допуску до заліку є виконання індивідуального завдання з практичних робіт і двох тематичних контрольних робіт.

Мінімальна позитивна семестрова оцінка має складати 60 балів, за умови, що кожне із завдань виконане щонайменше на 60 балів.

Бірюкович Л. О. Основи планування багатофакторного експерименту

Студенти, що набрали упродовж семестру не менше 60 балів мають можливість отримати оцінку, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою. Для підвищення рейтингової оцінки студент може написати залікову контрольну роботу, але у цьому випадку попередній рейтинг студента **скасовується** і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи, згідно таблиці відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

Залікова контрольна робота представляє собою тестові завдання з усіх тем дисципліни у Google Form, яка розміщена у GoogleClassRoom і проводиться online. На проведення залікової контрольної роботи виділяється 2 академічні години часу.

Максимальна оцінка за залікову контрольну роботу складає 100 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською 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)

- Приклади запитань для ТКР та ЗКР наведено у додатку.
- Результати навчання за даним освітнім компонентом, здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних онлайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перерахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (окремі теми, окремі лабораторні заняття). Можливість перерахування (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" (<https://osvita.kpi.ua/node/179>).
- Студенти можуть отримати 10 балів за сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою дисципліни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доценткою, к. т. н., доценткою, Бірюкович Ліною Олегівною

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 11 від 6 травня 2026 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 7/26 від 19 травня 2026 р.)

Приклади питань, що виносяться на ТКР та ЗКР

Тема 1. Сутність планування багатофакторного експерименту

1. Що є основною метою планування експерименту?
2. Що називають параметром оптимізації?
3. Які величини називають факторами експерименту?
4. У чому полягає перевага багатофакторного експерименту?
5. Які вимоги висуваються до об'єкта дослідження?
6. Що таке експериментально-статистичне моделювання?
7. Які області застосування методів планування експерименту?
8. Яка послідовність вирішення задач методами експериментально-статистичного моделювання?
9. Чим відрізняється однофакторний експеримент від багатофакторного?
10. Які фактори називають керованими?

Тема 2. Попередній експеримент

11. Для чого проводять попередній експеримент?
12. Що характеризує відтворюваність експерименту?
13. Як оцінюють якість експериментальних даних?
14. Що таке рівняння регресії?
15. Що означає основний рівень фактору?
16. Що таке інтервал варіювання фактору?
17. Як вибирають інтервали зміни факторів?
18. Які існують обмеження при варіюванні факторів?
19. Для чого здійснюють вибір математичної моделі?
20. Які рішення приймають за результатами попереднього експерименту?

Тема 3. Плани експерименту першого порядку

21. Що означає план повного факторного експерименту типу (2^k) ?
22. Як визначається кількість дослідів у ПФЕ?
23. Для чого здійснюють кодування факторів?
24. Що таке матриця планування експерименту?
25. Як будують план ПФЕ типу (2^2) ?
26. Що характеризують коефіцієнти регресії?
27. Для чого визначають коефіцієнти взаємодії факторів?
28. Як обчислюється кількість взаємодій факторів?
29. Що таке ефект фактору?
30. Які переваги має повний факторний експеримент?

Тема 4. Дробно-факторний експеримент

31. Що таке дробно-факторний експеримент?
32. Яка основна перевага ДФЕ?
33. Що таке дробова репліка?

Бірюкович Л. О. Основи планування багатофакторного експерименту

- 34. Для чого використовують генеруючі співвідношення?
- 35. Що характеризує розв'язувальна здатність репліки?
- 36. Які існують типи дробових реплік?
- 37. Що таке піврепліка?
- 38. У чому полягає метод «перевалу»?
- 39. Для чого застосовують метод «перевалу»?
- 40. Які недоліки має дробно-факторний експеримент?

Тема 5. Реалізація плану експерименту

- 41. Для чого застосовують рандомізацію умов експерименту?
- 42. Яка схема обробки результатів експерименту?
- 43. Як визначають дисперсію параметра оптимізації?
- 44. Для чого перевіряють значущість коефіцієнтів регресії?
- 45. Який критерій використовують для перевірки значущості коефіцієнтів регресії?
- 46. Як перевіряють адекватність математичної моделі?
- 47. Який критерій використовують для перевірки адекватності моделі?
- 48. Які рішення приймають після обробки результатів експерименту?
- 49. Що таке метод «стрімкого сходження»?
- 50. Які рішення приймають після «стрімкого сходження»?

Тема 6. Планування багатофакторного експерименту другого порядку

- 51. Для чого використовують плани другого порядку?
- 52. Що таке планування типу 3^k ?
- 53. Що таке ортогональне композиційне планування?
- 54. Що таке ротатабельне композиційне планування?
- 55. У чому полягає перевага ротатабельних планів?
- 56. Що таке поверхня відгуку?
- 57. Який вигляд має рівняння регресії другого порядку?
- 58. Для чого використовують квадратичні члени рівняння регресії?
- 59. Як здійснюють пошук оптимуму за допомогою рівняння другого порядку?
- 60. Як здійснюють пошук оптимуму за наявності декількох поверхонь відгуку?