

Міністерство освіти і науки України
 Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
 «Харківський авіаційний інститут»

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Проректор з наукової роботи
В. В. Павліков
 (ініціали та прізвище)
 2020 р.
 Відділ аспірантури і докторантури



РОБОЧА ПРОГРАМА
ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Теорія і практика планування експерименту

Галузь знань: 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітньо-наукова програма «Автоматизація, приладобудування та комп'ютерно-інтегровані технології»


Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: денна
 денна /заочна

Харків – 2020

РОБОЧА ПРОГРАМА
ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Теорія і практика планування експерименту
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньої програми «Автоматизація, приладобудування та комп'ютерно-інтегровані технології»
« 25 » 08 2020 р., – 15 с.

Розробник: завідувач кафедри, д.т.н., професор  М.Д.Кошовий
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

Гарант ОНП професор, д.т.н., професор  В.І. Барсов
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 1 від « 25 » 08 2020 р. засідання кафедри № 303
Завідувач кафедри д.т.н., професор  М.Д. Кошовий
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу
аспірантури і докторантури  В. Б. Селевко

Голова наукового товариства
студентів, аспірантів,
докторантів і молодих вчених  Т. П. Старовойт

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів 5	Галузь знань <u>15 «Автоматизація та приладобудування»</u> (шифр і назва)	Обов'язкова
Модулів – 3	Спеціальність: <u>151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»</u> (шифр, назва)	Навчальний рік 2020 - 2021
Змістових модулів - 3		Семестр
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)		3-й (рік набору 2020)
Загальна кількість годин - 64/150		Лекції 32 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи здобувача - 5,5	Рівень вищої освіти: <u>доктор філософії</u>	Практичні, семінарські 32 год.
		Лабораторні
		Самостійна робота 86 год.
		Індивідуальні завдання:
		Вид контролю: іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – $64/86=0,74$;

¹⁾Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: навчити обирати математичні моделі для планування та здійснення експериментів за допомогою різних за типами планів, методи і методики обробки даних залежно від умов експерименту та об'єму вибірки.

Завдання: дати знання та сформувати вміння планувати, проводити та опрацьовувати результати експериментів, вміння розробляти алгоритми та програмне забезпечення з автоматизації планування експериментів.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти повинні досягти таких компетентностей:

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів,

які створюють нові знання у сфері автоматизації та дотичних до неї (нього, них) міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та суміжних галузей.

СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у науковому пізнанні, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК09. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Програмні результати навчання:

ПРН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень та ін.) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

1. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Етапи планування експериментів

Тема 1. Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в навчальному плані. Основи теорії планування експерименту (ПЕ). Основні терміни і визначення. Практичні можливості і задачі, які вирішують за допомогою методів планування експерименту.

Тема 2. Методи та прийоми теоретичних і експериментальних досліджень, їх загальна характеристика та приклади застосування. Активний і пасивний експерименти: визначення, умови проведення, відрізняючі властивості.

Тема 3. Об'єкт дослідництва як «чорна скриня»: схематичне уявлення об'єкту, рекомендації щодо визначення впливових факторів, відгуку, функція відгуку, поняття моделювання об'єкту дослідництва.

Тема 4. Класифікація цільових величин. Параметри оптимізації, їх класифікація та вимоги до них.

Тема 5. Фактори: визначення, їх характеристика та вимоги до них. Область варіювання, факторний простір, інтервал варіювання та рекомендації щодо його вибору, вибір та кодування факторів.

Тема 6. Загальні відомості про моделі. Теоретичні та статистичні моделі. Стратегія побудови і типи моделей. Вимоги до моделі, рекомендації щодо вибору моделі залежно від умов вимірювальної задачі, приклади.

Тема 7. Рівняння регресії. Лінія регресії. Статистична перевірка гіпотез. Властивості регресійних моделей.

Тема 8. Дисперсійний аналіз: постановка задачі. Однофакторний та двофакторний дисперсійний аналіз. Методики визначення і дослідження параметра

оптимізації за допомогою однофакторного та двофакторного дисперсійного аналізу.

Змістовий модуль 2. Факторні експерименти

Тема 9. Однофакторний експеримент (ОФЕ): визначення, мета, задачі, область застосування. Планування, проведення і обробка результатів серії однофакторних експериментів.

Тема 10. Повний факторний експеримент (ПФЕ), його характеристика і властивості: симетричність, нормування, ортогональність, ротатабельність. Планування експериментів, моделі яких складаються з лінійних членів та взаємодій різних порядків.

Тема 11. Дробовий факторний експеримент (ДФЕ). Визначення ступеню дробності. Правила побудови планів ДФЕ, приклади планів. Властивості та характеристика ДФЕ. Генеруючі співвідношення, їх призначення, рекомендації щодо їх складання.

Тема 12. Методики обробки даних багатфакторного експерименту. Способи визначення статистичної незначущості коефіцієнтів регресійної моделі, критерії адекватності моделі.

Тема 13. Ефект змішування оцінок. Контраст плану. Основний визначний контраст. Розв'язуюча здатність плану. Узагальнюючий визначений контраст. Характеристика, призначення, розв'язання системи змішування і розділення факторів.

Змістовий модуль 3. Планування оптимальних експериментів

Тема 14. Планування експерименту із визначенням об'єму вибірки та кількості паралельних дослідів. Критерій перевірки гіпотез, невизначеність критерію.

Тема 15. Критерії оптимальності параметру відгуку: алгебраїчний, геометричний, статистичний.

Тема 16. Плани 2-го порядку. Класифікація планів 2-го порядку, регресійні моделі. Основні терміни та визначення.

Тема 17. Симетричні плани 2-го порядку: центральні композиційні плани (ЦКП) та їх властивості. Ядро плану. Зіркові точки. Схематичне уявлення ЦКП, матриця плану. Симетричні плани 2-го порядку: ортогональні центральні композиційні плани (ОЦКП), ротатабельні центральні композиційні плани (РЦКП).

Структурні матриці, параметри планів, геометрична інтерпретація, стисла методика обробки результатів.

Тема 18. Методи пошуку екстремуму - градієнтний, Гаусса-Зейделя, Бокса-Уілсона. «Кроковий» принцип пошуку оптимуму функції відгуку. Основні характеристики та область використання методів. Графічна інтерпретація методів, коефіцієнти регресійної моделі, характеристики точності.

Тема 19. Синтез оптимальних за вартісними та часовими витратами комбінаторних планів багатфакторного експерименту.

Тема 20. Методи, що застосовуються для оптимізації за вартісними та часовими витратами планів експериментів.

4. Структура робочої програми навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Етапи планування експериментів						
Тема 1. Предмет, задачі та місце дисципліни в навчальному плані. Основні терміни і визначення.	1	1	-	-	-	-
Тема 2. Загальні відомості про методи та прийоми теоретичних та практичних досліджень. Активний і пасивний експерименти.	3	1	-	-	-	2
Тема 3. Об'єкт дослідництва як «чорна скриня»: схематичне уявлення, фактори, відгук, їх загальна характеристика і призначення.	3	1	-	-	-	2
Тема 4. Класифікація цільових величин. Параметри оптимізації, вимоги до них	3	1	-	-	-	2
Тема 5. Фактори, вимоги до них, область варіювання, інтервал варіювання, кодування факторів.	7	1	2	-	-	4
Тема 6. Загальні відомості про моделі. Теоретичні та статистичні моделі. Стратегія побудови і типи моделей.	3	1	-	-	-	2
Тема 7. Рівняння регресії. Статистична перевірка гіпотез. Властивості регресійних моделей.	9	1	4	-	-	4
Тема 8. Дисперсійний аналіз: постановка задачі. Однофакторний і двофакторний дисперсійний аналіз.	11	1	2	-	-	8
Разом за змістовим модулем 1	40	8	8	-	-	24
Модуль 2						
Змістовий модуль 2. Факторні експерименти						
Тема 9. Планування і проведення однофакторного експерименту (ОФЕ).	4	1	1	-	-	2
Тема 10. Повні факторні експерименти (ПФЕ), їх властивості і характеристики.	6	1	1	-	-	4
Тема 11. Планування дробових факторних експериментів (ДФЕ), їх властивості та характеристика.	10	2	2	-	-	6

Тема 12. Методики обробки даних багатофакторного експерименту. Способи визначення статистичної незначущості коефіцієнтів регресійної моделі, критерії адекватності моделі.	10	2	2	-	-	6
Тема 13. Ефект змішування оцінок. Контраст плану. Визначний контраст. Розв'язуюча здатність дробного плану. Узагальнюючий визначний контраст.	10	2	2	-	-	6
Усього годин	40	8	8	-	-	24
Модуль 3						
Змістовий модуль 3. Планування оптимальних експериментів						
Тема 14. Вибір кількості паралельних вимірювань при багаторазових вимірюваннях. Невизначеність критерію. Перевірка гіпотез.	6	2	2	-	-	2
Тема 15. Критерії оптимальності параметру відгуку.	4	2	-	-	-	2
Тема 16. Плани 2-го порядку. Класифікація, типи моделей. Терміни та визначення. Симетричні плани 2-го порядку: центральні композиційні плани (ЦКП) та їх властивості. Ядро плану, зіркові точки, матриця плану.	6	2	-	-	-	4
Тема 17. Ортогональні та ротатабельні ЦКП, їх характеристики та властивості, геометрична інтерпретація.	6	2	-	-	-	4
Тема 18. Методи пошуку екстремуму: «кроковий», градієнтний, Гаусса-Зейделя, Бокса-Уілсона.	2	2	-	-	-	-
Тема 19. Синтез оптимальних за вартісними та часовими витратами комбінаторних планів багатофакторного експерименту.	18	2	6	-	-	10
Тема 20. Методи, що застосовуються для оптимізації за вартісними та часовими витратами планів експериментів.	28	4	8	-	-	16
Усього годин	70	16	16	-	-	38
Разом з дисципліни	150	32	32	-	-	86

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Складання рівнянь регресії у вигляді поліномів різних ступенів, розрахунок членів поліномів - взаємодій різних ступенів, визначення кількості станів об'єкту досліджу	2
2	Кодування факторів, визначення зв'язку між коефіцієнтами моделі в нормованих та фізичних масштабах	2
3	Складання матриць плану ОФЕ, ПФЕ	4
4	Планування ПФЕ та ДФЕ за різними умовами	4
5	Визначення статистичної значущості коефіцієнтів моделі та адекватності моделей	2
6	Складання матриць плану ДФЕ з різними генеруючими співвідношеннями, визначення контрастів планів, розв'язуючої здатності, складання системи змішування факторів та оцінок коефіцієнтів моделі	2
7	Визначення об'єму репрезентативної вибірки класичним методом	2
8	Синтез оптимальних за вартісними та часовими витратами планів експериментів	6
9	Дослідження методів оптимізації	8
	Разом	32

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Формулювання стратегії, цілей та задач, що вирішують за допомогою експерименту. Етапи планування експерименту та їх загальна характеристика	2
2	Аналіз точності засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) або засобів контролю методами планування експерименту	6
3	Синтез розробляємої моделі ЗВТ, яка відповідає заданим вимогам точності методами планування експерименту	12
4	Методики опрацювання результатів багатократних вимірювань – прямих (рівно- та нерівноточних), опосередкованих, сукупних, сумісних	6
5	Планування ПФЕ, визначення кількості дослідних точок, складання матриці плану	4
6	Планування ДФЕ, визначення значущості факторів і складання генераторних співвідношень	6
7	Складання системи розділення змішаних оцінок факторів	14
8	Критерії оптимальності планів для оцінки коефіцієнтів регресійної моделі	10
9	Методи поліпшення точності вимірювання в системах автоматизації експериментальних досліджень	10

10	Дослідження методів оптимізації за вартісними та часовими витратами планів експерименту	16
	Разом	86

7. Індивідуальні завдання

Не заплановані

8. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, консультацій за розкладом кафедри, за необхідністю - індивідуальні консультації, самостійна робота здобувачів - за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники) або за літературними джерелами.

9. Методи контролю

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, консультації за розкладом кафедри та індивідуальні (при необхідності), самостійна робота здобувачів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

Вибіркове опитування здобувачів на лекційних заняттях.

Допускове опитування перед виконанням практичних робіт.

Поточне тестування і модульний контроль та екзамен.

10. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

10.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання практичних робіт	0...3	4	0...12
Модульний контроль	0...15	1	0...12
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання практичних робіт	0...3	4	0...12
Модульний контроль	0...15	1	0...12
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання практичних робіт	0...3	8	0...24
Модульний контроль	0...17		0...12
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до заліку. Під час складання семестрового заліку здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

10.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- науково-теоретичні й практичні положення теорії планування експериментів;
- правила побудови планів однофакторних, повних та дробових факторних експериментів;
- методики статистичної обробки даних експерименту з визначенням параметрів і адекватності результатів;
- методи відбору найбільш впливових факторів і найбільш значних членів математичної моделі;
- критерії оптимальності планів експериментів;
- методи оптимізації планів експериментів за вартісними та часовими витратами.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- формулювати мету експерименту, правильно робити вибір відгуків і факторів, кодувати фактори;
- планувати і проводити багатофакторні експерименти 1-го та 2-го порядку;
- вибирати і застосовувати методики обробки даних факторних експериментів;
- застосовувати методи оптимізації планів експериментів за вартісними та часовими витратами.

10.3. Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати всі практичні роботи. Вміти самостійно будувати плани багатофакторних експериментів та виконувати обробку їх результатів.

Добре (75-89). Твердо мати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти визначати та застосовувати методи оптимізації планів багатофакторних експериментів.

Відмінно (90-100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі теми та вміти застосовувати одержані знання для моделювання різноманітних об'єктів дослідження.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

11. Методичне забезпечення

1. Оптимальне планування експерименту при дослідженні технологічних процесів, приладів і систем: навч. посіб. / М.Д. Кошовий, О.М. Костенко, О.В. Заболотний та ін. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. – 161 с.

2. Теорія і практика моделювання інформаційно-вимірювальних систем : підруч. для студентів вищ. навч. закл. : гриф МОН України / М. Д. Кошовий, А. Г. Михайлов ; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Х. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2014. - 124 с.

3. Кошовий М.Д., Михайлов А.Г. Теорія і практика планування експериментів: навч. посібник, гриф МОН України. – Х: Нац. аерокосм. ун-т «Харків. авіац. ін-т», 2009. – 155с.

12. Рекомендована література

Базова

1. Назаренко Л.А. Планування і обробка результатів експерименту: конспект лекцій з курсу «Планування і обробка результатів експерименту» (для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка). – Харків: ХНУМГ ім.О.М.Бекетова, 2018. – 163 с.

2. Статюха Г.О., Складанний Д.М., Бондаренко О.С. Вступ до планування оптимального експерименту: навч. посіб. для студ. спец.092502 – Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва. – Київ: ІВЦ «Політехніка», 2011. – 117 с.

3. Грищук Ю.С. Основи наукових досліджень: навч. посібник. – Харків: НТУ «ХП», 2008. – 232 с.

4. Горбунов О.Д. Конспект лекцій з дисципліни «Інженерний експеримент» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності 144 «Теплоенергетика» очної та заочної форм навчання. – м. Кам'янське: ДДТУ, 2016. – 42 с.

5. Кислий В.М. Організація наукових досліджень: навч. посібник. – Суми: Університетська книга, 2011. – 224 с.

6. Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є., Лук'яненко Ю.В. Основи теорії планування експерименту. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 167 с.

Допоміжна

1. Кошевой Н.Д., Михайлов А.Г. Применение методов планирования экспериментов при проектировании информационно-измерительных систем: учеб. пособие по лаб. практикуму. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2005. – 62 с.

2. Кошевой Н.Д., Михайлов А.Г. Теория и практика планирования эксперимента: учеб. пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2008. – 153 с.

3. Кошевой Н.Д. Костенко Е.М. Оптимальное по стоимостным и временным затратам планирование эксперимента: Монографія. – Полтава: издатель Шевченко Р.В., 2013. – 317 с.

4. Методология оптимального по стоимостным и временным затратам планирования эксперимента: монографія/ Н.Д.Кошевой, Е.М. Костенко, А.В.Павлик,

Н.В.Доценко. – Полтава: Полтавская государственная аграрная академия, 2017. – 232 с.

5. Кошевой Н.Д. Автоматизация экспериментальных исследований: моногр. / Н.Д. Кошевой, В.А. Гаевой. – Х.: Факт, 2001. – 112 с.

13. Інформаційні ресурси

Каталоги інформаційних ресурсів

1. Кошевой Н.Д. Применение методов планирования экспериментов при проектировании информационно-измерительных систем: учебн. пособие по лаб. практикуму/ Н.Д.Кошевой, А.Г.Михайлов. - Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. - 62 с.

95.164.172.68:3080/khportal/DocDescription?docid=KhNAI.BibRecord.510196665

2. Кошевой Н.Д. Методология оптимального по стоимостным и временным затратам планирования экспериментов: монография/ Н.Д. Кошевой, Е.М. Костенко, А.В. Павлик, Н.В.Доценко. – Полтава: Полтавская государственная аграрная академия, 2017. – 232 с.

dspace.pdaa.edu.ua:8080/bistream/123456789/460/1/ Костенко О.М. Монографія 1.pdf

3. Кошевой Н.Д. Оптимальное по стоимостным и временным затратам планирования эксперимента: монография/ Кошевой Н.Д., КостенкоЕ.М.- Харьков: ХАИ; Полтава: Изд. Шевченко Р.В., 2013. – 320 с.

95.164.172.68:3080/khportal/DocDescription?docid=KhNAI.BibRecord.510402238

4. Кошовий М.Д. Оптимальне планування експерименту при дослідженні технологічних процесів, приладів і систем: навч. посібник/М.Д. Кошовий, О.М. Костенко, О.В.Заболотний та ін.. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2009. – 161 с.

95.164.172.68:3080/khportal/DocDescription?docid=KhNAI.BibRecord.510336111