

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

(Каплун В.В.)
“18” автоматики і енергозбереження 2024 р.

“СХВАЛЕНО”

на засіданні кафедри
автоматики та робототехнічних
систем ім. акад. І. І. Мартиненка
Протокол № 1 від 15.08.2024 р.

В.о. завідувача кафедри

(Опришко О.О.)

”РОЗГЛЯНУТО”

Гарант ОНП підготовки докторів філософії зі
спеціальності 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології

(Шворов С.А.)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Сучасні методи і засоби математичного моделювання складних систем
автоматизації біотехнічних об'єктів**

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ОНП Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ННІ Енергетики, автоматики і енергозбереження

Розробник: проф. каф., д.т.н., проф. Заєць Н.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

1. Опис навчальної дисципліни

СУЧАСНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ БІОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування	
Освітньо-науковий рівень	третій	
Освітній ступінь	Доктор філософії	
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології	
Спеціалізація		
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна	
Загальна кількість годин	90	
Кількість кредитів ECTS	3	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота)(за наявності)	Не передбачено	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна (вечірня) форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	1	
Семестр	1	
Лекційні заняття	10 год.	5 год.
Практичні, семінарські заняття	20 год.	10 год.
Лабораторні заняття	-	-
Самостійна робота	60 год.	75 год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання:	3	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Предметом дисципліни «Сучасні методи і засоби математичного моделювання складних систем автоматизації біотехнічних об'єктів» є питання розробки і використання математичних і імітаційних моделей складних систем автоматизації.

Мета дисципліни є теоретична і практична підготовка аспірантів, отримання ними знань з розробки і дослідження математичних моделей складних систем автоматизації, обробки експериментальних даних і планування експерименту за допомогою імітаційних моделей об'єктів керування та систем автоматизації, зроблених на основі математичних пакетів прикладних програм, і вміння використовувати їх в навчальному процесі, дослідницьких і проектних роботах.

Об'єктом дисципліни є математичні моделі процесів і методи розрахунків складних систем автоматизації.

Завдання дисципліни полягають в формуванні аспірантів, здатних навчитись реалізовувати моделі на персональних комп'ютерах з використанням методів, що становить необхідну теоретичну і практичну базу для подальшого вивчення спеціальних дисциплін аспірантом, використовувати моделі біотехнічних об'єктів для вирішення питань автоматизації сільськогосподарських виробництв, інтенсифікації і оптимізації автоматичних систем галузі.

Дисципліна «Сучасні методи і засоби математичного моделювання складних систем автоматизації біотехнічних об'єктів» забезпечує формування таких компетентностей:

Інтегральна компетентність: Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

Спеціальні компетентності (СК):

СК1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, керування складними організаційно-технічними чи кіберфізичними системами та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях;

СК3. Здатність застосовувати сучасні методи дослідження, синтезу, проектування систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій,

їх програмних та апаратних компонентів, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та викладацькій діяльності.

СК5. Здатність створювати новітні системи автоматизації, комп'ютерно-інтегровані технології, розробляти їх технічне, інформаційне, математичне, програмне та організаційне забезпечення із застосуванням сучасних інформаційних технологій, інструментів та компонентів.

СК7. Здатність розробляти новітні робототехнічні системи складних біотехнічних об'єктів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен показати певні програмні результати, а саме:

РН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та з дотичних міждисциплінарних напрямів, розуміти методологію наукових досліджень. Уміти застосовувати їх у власних дослідженнях, скерованих на отримання нових знань та/або здійснення інновацій, та у викладацькій практиці.

РН3. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів і процесів автоматизації, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних розробок у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та дотичних міждисциплінарних напрямках.

РН4. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих комплексів та їх складових з використанням сучасних методів дослідження, технічних та програмних засобів та з дотриманням норм академічної і професійної етики. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

РН6. Розробляти і застосовувати сучасні методи аналізу, синтезу, проектування та дослідження систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх програмних та апаратних компонентів.

РН8. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

РН10. Розробляти і застосовувати сучасні методи аналізу, синтезу, проектування та дослідження робототехнічних систем складних біотехнічних об'єктів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен **знати**: основні положення системного аналізу об'єктів автоматизації, способи побудови математичних моделей систем автоматизації, методи розрахунку і оптимізації систем автоматизації, методику створення і використання моделей та інш., методи оптимізації систем автоматизації.

Аспірант повинен **вміти**:

розробляти математичні моделі складних систем автоматизації, використовувати методи оптимізації динамічних систем керування, досліджувати математичні моделі керування с.г. виробництв на комп'ютері.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин								
	денна форма					Заочна форма			
	Тиж-ні	Усьо-го	у тому числі			Усьо-го	у тому числі		
			л	пр.	с.р.		л	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Змістовий модуль 1. «Вимоги до моделювання процесів керування динамічними системами»									
Тема 1. Основні положення і визначення, класифікація в моделюванні складних систем керування.	1	9	1	2	6	9	1	1	7
	2	9	1	2	6	9		1	8
Тема 2. Створення динамічних моделей керування і їх дослідження на імітаційних моделях.	3	9	1	2	6	9		1	8
	4	9	1	2	6	9		1	8
Тема 3. Моделювання стохастичних процесів і систем керування з випадковими входними і вихідними сигналами.	5	9	1	2	6	9	1	1	7
Разом за змістовим модулем 1		45	5	10	30	45	2	5	38
Змістовий модуль 2. «Моделювання складних систем керування біотехнічних об'єктів»									
Тема 4. Метод простору станів для моделювання лінійних багатовимірних біотехнічних об'єктів.	6	9	1	2	6	9		1	8
Тема 5. Моделювання інтелектуальних систем керування біотехнічних об'єктів.	7	9	1	2	6	9	1	1	7
	8	9	1	2	6	9	1	1	7
Тема 6. Моделювання систем керування багато ємнісними об'єктами сільськогосподарських виробництв.	9	9	1	2	6	9	1	1	7
	10	9	1	2	6	9		1	8
Разом за змістовим модулем 2		45	5	10	30	45	3	5	37
Усього годин:		90	10	20	60	90	5	10	75

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Моделювання складних систем автоматизації: компоненти й класифікація.	4 год.
2	Багатоканальна модель роботизованої системи із пуассонівським вхідним потоком й експонентним розподілом тривалості обслуговування.	4 год.
3	Статистичне моделювання складних систем автоматизації. Моделювання випадкових подій із заданим законом розподілу.	4 год.
4	Математичне моделювання робототехнічних систем біотехнічних об'єктів.	4 год.
5	Моделювання інтегратора (Integrator) і блоку диференціювання (Derivative)	4 год.
	Разом:	20 год.

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомитись з типами моделей і моделюванням систем масового обслуговування.	8 год.
2	Вивчення базових операцій пакету прикладних програм символьної математики для символьних обчислень і обчислень із заданою точністю.	8 год.
3	Ознайомитись з ядром системи символьних обчислень.	8 год.
4	Вивчення правил моделювання динамічних систем.	8 год.
5	Виконати операційний аналіз мереж систем масового обслуговування з аналізом вузьких місць у мережі.	8 год.
6	Вивчення правил моделювання мереж Петрі, з розширенням можливостей вузлів і переходів під час моделювання.	8 год.
7	Вивчення можливості статистичного моделювання двох змінних з використанням стандартних функцій пакету Excel.	8 год.
8	Аналіз виконання завдань самостійної роботи	4 год.
	Разом	60 год.

6. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань здобувачами

Контрольні питання для визначення рівня знань

1. Вступ до моделювання. Види моделей і їх призначення.
2. Етапи математичного моделювання. Класифікація математичних моделей.
3. Вступ до статичних моделей в керуванні технологічними процесами. Розробка статичних моделей в механіці і електрифікації.
4. Використання в моделюванні рівнянь балансів тепла і енергії і рівнянь теплопередачі.
5. Динамічний режим і характеристики об'єктів моделювання. Перетворення Лапласа і його властивості
6. Використання частотних характеристик для моделювання динаміки об'єктів і ступінчастих збурень для отримання передатних функцій об'єктів.
7. Загальні особливості аналітичного і статистичного методів отримання динамічних характеристик об'єктів керування. Розробка динамічних моделей аналітичним методом.
8. Статистика і випадкові процеси в динамічних моделях.
9. Кореляційна функція випадкового процесу. Спектральний розклад стаціонарної випадкової функції.
10. Особливості структурної ідентифікації. Спрощення властивостей системи. Ідентифікація нелінійних систем.
11. Класифікація методів ідентифікації. Використання критеріїв ідентифікації.
12. Класи методів ідентифікації нелінійних динамічних об'єктів. Методи оцінювання результатів ідентифікації.
13. Загальні поняття про вимірювання. Види похибок. Похибки рівно точних вимірювань
14. Розподіл випадкових значень вимірів. Оцінка надійності вимірів. Кореляція між параметрами
15. Побудова математичних моделей по експериментальним даним. Послідовність процесу експериментальної ідентифікації.
16. Планування експерименту при ідентифікації. Ідентифікація за допомогою регресійних методів.
17. Вступ до планування експерименту. Повний факторний експеримент першого порядку. Оброблення ПФЕ першого порядку.
18. Плани другого порядку. Рототабельні плани другого порядку.

19. Аналіз отриманого рівняння регресії по результатах ПФЕ першого порядку. Прийняття рішень в залежності від адекватності рівняння і значимості коефіцієнтів.
20. Круте сходження по поверхні відгуку. Оптимізація градієнтним методом.
21. Поняття про оптимізацію і постановка задачі оптимізації.
22. Критерій оптимальності або цільова функція і параметри оптимізації.
23. Багатокритеріальні задачі оптимізації. Приведення локальних критеріїв оптимальності до безрозмірної форми.
24. Постановка і визначення задачі багато параметричної оптимізації. Графічне зображення цільової функції двох змінних.
25. Точність, ефективність обчислень і методи рішення задач оптимізації функції декількох змінних.
26. Що таке система і які бувають системи ?
27. Яка мета і стратегія системного аналізу?
28. Які етапи проходить синтез системи під час створення нової технології ?
29. Види класифікацій технологічних систем.
30. Як зображується мала система залежно від її виду і рівня інформованості про неї ?
31. Що таке моделювання і які бувають моделі?
32. Які вимоги ставляться до моделей?
33. Що таке математичні моделі і як вони класифікуються?
34. У чому відмінність між прямими, зворотними та індуктивними математичними моделями?
35. Чим відрізняються математичні моделі з розподіленими і зосередженими параметрами?
36. Які математичні моделі статичні, динамічні і кінетичні?
37. У чому особливість класифікації математичних моделей за виглядом математичного апарата?
38. Які етапи виникають під час створення математичних моделей і особливості цих етапів?
39. Які є методи створення математичних моделей ?
40. Коли для створення математичної моделі, користуються аналітичним методом?
41. Особливості створення математичних моделей технологічних об'єктів у статичному, динамічному і кінетичному режимах роботи?
42. Як експериментально знаходять параметри динамічної моделі?
43. Чим відрізняються математичні моделі об'єктів з розподіленими і зосередженими параметрами?

44. Роль трасера під час вивчення гідродинамічної моделі технологічного процесу?
45. Які є типові моделі структур потоків в апаратах ?
46. Навести рівняння математичної моделі типової гідродинамічної структури і криву відгуку.
47. Послідовність створення структурної схеми математичної моделі технологічного процесу?
48. Коли виконується активний, а коли пасивний експеримент?
49. Що таке повний факторний експеримент, експеримент з дрібною реплікою?
50. 3. Коли вибирається дворівневий план експерименту і як вибираються рівні факторів ?
51. Для чого потрібна рандомізація дослідів ?
52. Як визначається помилка дослідів ?
53. Що таке інтервал надійності і яке він має відношення до коефіцієнтів моделі ?
54. Як визначається дисперсія адекватності моделі ?
55. На що вказує рівень значущості дослідних даних ?
56. Які переваги дає планування експерименту перед експериментом, проведеним без плану?
57. Як можна використати табличні дані в математичній моделі ?
58. Чому метод найменших квадратів має таку назву ?
59. Як за допомогою методу найменших квадратів знайти коефіцієнти нелінійного рівняння ?
60. Як середньоквадратична похибка рівняння використовується під час обчислення критерію Фішера ?
61. У чому відмінність інтерполяції і екстраполяції?
62. Що повинні забезпечувати і яке призначення моделей систем керування ?
63. Пояснити відміну моделей динамічних систем, опис яких безперервний або дискретний в часі?
64. Пояснити відміну моделей динамічних систем, опис яких оснований на послідовності подій або які мають невизначеності?
65. Як впливає вид виробництва або користувач моделі на вибір масштабу часу в динамічних моделях?
66. Пояснити особливості моделювання динамічних систем з використанням аналітичних і статистичних методів.
67. Чим відрізняється моделювання систем, оснований на послідовності дискретних подій, від моделювання динамічних систем?

68. Як описуються системи керування за допомогою диференціальних рівнянь? Коли ці рівняння бувають нелінійними, і коли нестационарними?

69. Чим відрізняються перехідні функції при ступінчастому і імпульсному збуренні вхідної величини?

70. Що лежить в основі методу операційного обчислення, в основі перетворення Лапласа? Які властивості мають ці перетворення?

71. Поясніть як виконується операційний метод опису передатної функції. Як записується передатна функція при відомих коренях поліному?

72. Які властивості і особливості має передатна функція ?

73. Які є і що описують частотні характеристики передатних функцій?

74. Чим відрізняються амплітудо-частотні і фазочастотні характеристики передатних функцій?

75. Як представляється і описується амплітудо-фазочастотна характеристика (в показовій, алгебраїчній і тригонометричній формі)?

76. Для чого і як будуються частотні характеристики в логарифмічних координатах?

7. Методи навчання

- словесний метод (лекція, дискусія);
- практичний метод (практичні заняття);
- наочний метод (метод ілюстрацій, метод демонстрацій);
- робота з навчально-методичною літературою (конспектування);
- самостійна робота (виконання завдань).

8. Форми контролю

У ході навчання використовуються поточний і підсумковий контроль. Поточний контроль знань здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії проводиться шляхом опитування за результатами опрацьованого матеріалу. Підсумковий контроль знань у вигляді екзамену проводиться у письмовій формі з подальшою усною співбесідою.

Розподіл балів, які отримують аспіранти. Оцінювання знань аспірантів відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

Таблиця 1

Рейтинг аспірантів, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу аспірантів із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу аспірантів з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{ат}}$.

9. Методичне забезпечення

Науково-методичне забезпечення навчального процесу передбачає: державні стандарти, навчальні плани, конспект лекцій, методичні матеріали до практичних занять; текстові та електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю, електронний навчальний курс:

<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=600>

10. Рекомендована література

Основна література

1. Лисенко В. П., Заєць Н. А., Мірошник В.О. Сучасні методи і засоби математичного моделювання складних систем автоматизації біотехнічних об'єктів. Курс лекцій. К.: НУБІП, 2021. 103 с.

2. Методичні вказівки до виконання практичних занять з навчальної дисципліни «Сучасні методи і засоби математичного моделювання складних систем автоматизації біотехнічних об'єктів» для підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» (кваліфікація: PhD доктор філософії). К.: Видавничий центр НУБІП, 2022. 72 с.

3. В.Лисенко, Є.Чернишенко, В.Решетюк, В.Мірошник, Н.Заєць, І.Цигульов. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів. Навчальний посібник. К.:АграрМедіаГруп, 2016. 476 с.

4. В. Лисенко, В. Решетюк, В. Мірошник, Н. Заєць. Методи синтезу та аналізу систем автоматичного керування в АПК/ К.: "Компринт", 2017. 621 с.

5. Synthesis of advanced automatic control systems: monograph. / Yuriy Romasevych, Viatcheslav Loveikin, Alla Dudnyk, Vitaliy Lysenko, Natalia Zaets. – Kōima, 2020. – 140 p.

6. V. Lysenko, N. Zaiets, A. Dudnyk, T. Lendiel, K. Nakonechna. Intelligent Algorithms for the Automation of Complex Biotechnical Objects. Advanced Control Systems: Theory and Applications. River Publishers. 2021. P. 365-396 (SCOPUS). ISBN: 978-87-7022-341-6

7. Лисенко В. П., Головінський Б. Л., Решетюк В. М., Штепа В. М., Заєць Н. А. Природні збурення біотехнічних об'єктів, їх моделювання та прогнозування. К., 2016. 112 с.

Додаткова література

1. Кондратенко І.П., Заєць Н.А., Штепа В.М. Наукові основи керування електротехнічними комплексами неперервних виробництв із прогнозуванням нештатних ситуацій: монографія. Київ:Прінтеко. 2020. 256 с.

2. Дудник А.О., Заєць Н.А., Лендел Т.І., Гачковська М.А., Якименко І.Ю. Розроблення ресурсоефективних режимів вирощування овочевої продукції в тепличних комплексах: монографія. – Київ:Прінтеко. 2020. 277 с.

3. Мірошник В.О., Лендел Т.І., Моделювання біотехнічних об'єктів в галузях АПК. Методичні вказівки. К.: НУБіП України 2016 р., 146 с.

4. Інтелектуальні системи керування біотехнічними об'єктами / В.Лисенко, Н.Заєць, М. Гачковська, О. Савчук. – К.: КомПрінт, 2019. – 549 с.

11. Інформаційні ресурси

<http://www.google.com.ua> – пошуковий сайт.

<http://nubip.edu.ua/> – головна сторінка НУБіП України.

<https://nubip.edu.ua/department/ars> – кафедра автоматики та робототехнічних систем ім. акад. І.І.Мартиненка.

<https://nubip.edu.ua/faculty/nni-eaie> – навчально-інформаційний портал ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження.

<http://www.nbuv.gov.ua/> – Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського, Київ.