НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ"
Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
_____ (Каплун В.В.)
"30" 05 2023 р.

"СХВАЛЕНО"
на засіданні кафедри АРС
Протокол № 43 від 29.05.2023 р.
Завідувач кафедри
_____ (Лисенко В.П.)

«РОЗГЛЯНУТО»
Гарант ОП підготовки бакалаврів зі
спеціальності 151 – Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
_____ (Заєць Н.А.)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

„Моделювання і оптимізація систем керування"

підготовки здобувачів 1-го (освітньо-наукового) рівня вищої освіти

Бакалавр

галузь знань 15 – Автоматика та приладобудування
спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
спеціалізація _____
Факультет(ННІ) Енергетики, автоматики і енергозбереження
Розробник: проф. каф., д.т.н., проф. Шворов С.А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Київ-2023 р.

Опис навчальної дисципліни
„Моделювання і оптимізація систем керування”
(назва)

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь	
Галузь знань	15 «Автоматизація та приладобудування» (шифр і назва)
Спеціальність	151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (шифр і назва)
Освітня програма	«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітньо-кваліфікаційний рівень	Бакалавр (бакалавр, спеціаліст, магістр)
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	Обов’язкова
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4
Кількість змістових модулів	2
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)	- (назва)
Форма контролю	Екзамен

Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	2 СК	2 СК
Семестр	4	4
Лекційні заняття	28 *год.*	2 *год.*
Практичні, семінарські заняття	*год.*	*год.*
Лабораторні заняття	28 *год.*	*год.*
Самостійна робота	64 *год.*	*год.*
Індивідуальні завдання	*год.*	*год.*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	4 *год.*	

1. **Мета та завдання навчальної дисципліни**

Метою викладання дисципліни „Моделювання і оптимізація систем керування” є вивчення основ моделювання об’єктів автоматизації, методів оптимального управління та побудови оптимальних регуляторів в складних системах автоматизації біотехнічних об’єктів.

Завдання навчальної дисципліни полягають у вивченні:

- основ моделювання систем автоматичного керування (САК);
- методів оптимізації САК;

- методів синтезу лінійних систем;
- основ аналітичного конструювання регуляторів.

Компетентності ОП:

Інтегральна компетентність (ІК):
Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час професійної діяльності у галузі автоматизації або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів галузі

Дисципліною забезпечуються загальні компетенції (ЗК):
ЗК1 - Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Фахові компетентності (ФК):
ФК3. Здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.
ФК4. Здатність застосовувати методи системного аналізу, математичного моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.
ФК6. Здатність використовувати для вирішення професійних завдань новітні технології у галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, зокрема, проектування багаторівневих систем керування, збору даних та їх архівування для формування бази даних параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу.
ФК9. Здатність вільно користуватись сучасними комп'ютерними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.
ФК12. Здатність застосовувати спеціальні знання для створення систем автоматизації складних біотехнічних об'єктів, котрі вміщують біологічну складову на основі сучасних методів управління та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Програмні результати навчання (ПРН):
ПРН1. Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, функції багатьох змінних, функціональні ряди, диференціальні рівняння для функції однієї та багатьох змінних, операційне числення, теорію функції комплексної змінної, теорію ймовірностей та математичну статистику, теорію випадкових процесів в обсязі, необхідному для користування математичним апаратом та методами у галузі автоматизації.
ПРН4. Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.
ПРН5. Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

ПРН6. Знати фізику, електротехніку, електроніку та схемотехніку, мікропроцесорну техніку на рівні, необхідному для розв’язання типових задач і проблем автоматизації.
ПРН9. Вміти проектувати багаторівневі системи керування і збору даних для формування бази параметрів процесу та їх візуалізації за допомогою засобів людино-машинного інтерфейсу, використовуючи новітні комп'ютерно-інтегровані технології.
ПРН12. Вміти використовувати різноманітне спеціалізоване програмне забезпечення для реалізації типових інженерних задач у галузі автоматизації, зокрема, математичного моделювання, автоматизованого проектування, керування базами даних, методів комп’ютерної графіки.

2. **Програма та структура навчальної дисципліни для:**
– повного терміну денної (заочної) форми навчання;
– скороченого терміну денної (заочної) форми навчання.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Моделювання та оптимізація САК												
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни. Метод варіаційного числення.	12	2		4		6	2	2				
Тема 2. Принцип максимуму Понтрягіна.	10	2		4		4						
Тема 3. Динамічне програмування (дискретна та неперервна форми).	12	2		4		6						
Тема 4. Моделі в термінах вхід-вихід. Моделі в термінах вхід-стан-вихід.	6	2				4						
Тема 5. Перехід від форми простору станів до одного диференціального рівняння та передаточної функції.	6	2				4						
Тема 6. Побудова часових характеристик САК.	6	2				4						

Тема 7. Побудова частотних характеристик САК.	6	2				4						
Разом за змістовим модулем 1	58	14		12		32	2	2				
Змістовий модуль 2. Синтез лінійних систем та аналітичне конструювання регуляторів												
Тема 8. Керованість та спостережуваність лінійних САК	6	2				4						
Тема 9. Постановка задачі синтезу лінійних систем. Оптимальний фільтр Вінера	6	2				4						
Тема 10. Побудова і застосовування оптимального фільтра Віннера	6	2				4						
Тема 11. Оптимальний фільтр Кальмана-Б'юсі	8	2				6						
Тема 12. Оптимальна фільтрація в дискретних лінійних системах	8	2				6						
Тема 13. Постановка задачі аналітичного конструювання регуляторів	14	2		8		4						
Тема 14. Методи аналітичного конструювання регуляторів	14	2		8		4						
Разом за змістовим модулем 2	62	14		16		32						
Усього годин	120	28		28		64	2	2				

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
...		

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

…		

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аналітичне конструювання регуляторів за допомогою класичного варіаційного числення за квадратним критерієм якості. Метод 1.	4
2	Аналітичне конструювання регуляторів за допомогою класичного варіаційного числення за квадратним критерієм якості. Метод 2.	4
3	Аналітичне конструювання регуляторів на основі принципу максимуму Понтрягіна за квадратичним критерієм якості. Метод 1.	4
4	Аналітичне конструювання регуляторів на основі принципу максимуму Понтрягіна за квадратичним критерієм якості. Метод 2.	4
5	Застосування методу динамічного програмування для аналітичного конструювання регуляторів. Метод 1.	4
6	Застосування методу динамічного програмування для аналітичного конструювання регуляторів. Метод 2.	4
7	Дослідження результатів моделювання та аналітичного конструювання регуляторів	4

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи моделювання СК	6
2	Імітаційні моделі СК	6
3	Аналітичні моделі СК	6
4	Автоматичні регулятори	6
5	Автоматичне регулювання параметрів технологічних процесів біотехнологічного виробництва	6
6	Методи оптимізації систем автоматичного управління та контролю	6
7	Лінійні моделі систем автоматичного управління.	6
9	Керованість та спостережуваність лінійних САК.	6
10	Лінійні системи з мінімальною середньоквадратичною похибкою.	6
11	Оптимальна фільтрація. .	4
Разом		**64**

1. **Зразки контрольних питань, тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.**

1. Основні поняття оптимального керування.
2. Стислі відомості про математичні методи оптимального керування.
3. Постановка задачі оптимального керування та критерії оптимальності.
4. Задача максимальної швидкодії.
5. Задача мінімізації витрати палива.
6. Задача мінімізації енергії.
7. Мінімізація по інтегральних критеріях якості.
8. Задача аналітичного конструювання регуляторів.
9. Подання САК у просторі станів.
10. Лінійна система з одним входом та одним виходом.
11. Лінійна система з одним входом і одним виходом, у передаточній функції якої є полюси та нулі.
12. Приведення лінійних систем з одним входом та одним виходом до канонічних форм.
13. Керованість та спостережуваність лінійних систем.
14. Математичні методи розв'язку задач оптимального керування.
14. Варіаційне числення.
15. Принцип максимуму Л.С. Понтрягіна та проблема синтезу оптимального керування.
16. Динамічне програмування.
17. Розрахунок систем, оптимальних за швидкодією. Аналітичне конструювання регуляторів.
18. Математичне моделювання технологічних об'єктів.
18. Моделі в термінах вхід-вихід.
19. Моделі в термінах вхід-стан-вихід.
20. Взаємозв'язок диференціальних рівнянь і передаточних функцій.
21. Перехід від форми простору станів до одного диференціального рівняння та передаточної функції.
22. Перехід від одного диференціального рівняння чи передаточної функції до форми простору станів.
23. Побудова часових характеристик: по диференціальним рівнянням n-го порядку та передаточним функціям; по диференціальним рівнянням у формі простору станів.
24. Побудова частотних характеристик.
25. Нелінійні моделі систем управління.
26. Синтез лінійних систем з мінімальною середньоквадратичною похибкою.
27. Синтез при заданій структурі системи.
28. Синтез при довільній структурі системи.
29. Оптимальний фільтр Вінера.
30. Оптимальний фільтр Калмана-Бьюсі.

Форма 1.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
КАФЕДРА АРС ім. акад. І.І.Мартиненка

Факультет EAiE
Спеціальність АКІТ
Форма навчання денна (заочна)
Семестр 4 Курс 2
Дисципліна: Моделювання і оптимізація систем керування
Викладач Шворов С.А.
„Затверджую”
Завідувач кафедри _____
„___”_____202_ р.

Білет № 1

1. **Методи варіаційного числення**
2. **Оптимальний фільтр Вінера**

	Питання 1. Моделі типу «вхід-вихід» - це оператори безпосереднього перетворення:
1.	Початкових даних у вихідні;
2.	Вихідних змінних у вхідні;
3.	Вхідних змінних у вихідні;
4.	Вхідних даних у кінцеві.

	Питання 2. Перехідна характеристика h(t) є реакцією системи на:
1.	Одиничну ступінчату функцію-дію за умови нульових початкових умов;
2.	Одиничну ступінчату функцію-дію за умови ненульових початкових умов;
3.	Періодичну функцію-дію за умови нульових початкових умов;
4.	Періодичну функцію-дію за умови ненульових початкових умов.

	Питання 3. Амплітудно-частотні характеристики подають у логарифмічному масштабі:
1.	$L(\omega) = 20\ln A(\omega)$;
2.	$L(\omega) = 20\lg A(\omega)$;
3.	$L(\omega) = 10\ln A(\omega)$;
4.	$L(\omega) = 10\lg A(\omega)$.

	Питання 4. Для скінченномірних систем стан подається у вигляді n-вимірного вектора V(t), початковим є стан:
1.	$V = V(t),\ t \to t_0$;
2.	$V = V(t),\ t \to 0$;
3.	$V = V(t),\ t = t_0$;
4.	$V = V(t),\ t = 0$.

	Питання 5. Вираз $V(S)=(S\cdot I-A)^{-1}\cdot B\cdot F(S)$ є розв’язком системи алгебраїчних рівнянь – зображення:
1.	Вектора станів;
2.	Вектора – стрічки;
3.	Вектора – стовпця;
4.	Простору станів.

	Питання 6. Перехід від одного диференціального рівняння n-го порядку до системи рівнянь у нормальній формі простору станів є:
1.	Можливим;
2.	Однозначним;
3.	Неоднозначним;
4.	Неможливим.

	Питання 7. Формула обернення Рімана-Мелліна встановлює однозначну відповідність між оригіналом та зображенням у точках:
1.	Перегинів оригіналу;
2.	Екстремумів оригіналу;
3.	Розривів оригіналу;

4.	Неперервності оригіналу.

	Питання 8. Імпульсна перехідна функція (функція ваги) ω(t) є реакцією системи на δ-функцію за умови:
1.	Ненульових початкових умов;
2.	Нульових початкових умов;
3.	Наявності початкових умов;
4.	Відсутності початкових умов.

1	**Питання 9. Вираз матричного експоненціалу (матриці переходу для випадку простих власних значень S_i) визначається за формулою:**
1.	Лагранжа-Сільвестра;
2.	Вінера-Хопфа;
3.	Фоккера-Планка;
4.	Ейлера-Пуассона.

	Питання 10. Частотні характеристики системи управління у нормальній формі простору станів можна визначити безпосередньо після переходу до:
1.	Кореляційної функції;
2.	Рівняння динаміки;
3.	Передаточної функції;
4.	Рівняння у формі простору станів.

9. Методи навчання

При вивченні дисципліни використовуються 4 групи методів навчання:

▲I група методів – методи організації та здійснення навчально-пізнавальної діяльності:

Словесні	***Наочні***	***Практичні***
● розповідь-пояснення ● бесіда ● лекція	● ілюстрація ● демонстрація	● лабораторні роботи ● практичні роботи ● реферати

Індуктивні методи	***Дедуктивні методи***
узагальнення, пов'язані із проведенням експериментів на основі розрахункових даних	розвиток абстрактного мислення для засвоєння навчального матеріалу на основі узагальнень
Репродуктивні методи	***Творчі, проблемно-пошукові методи***
повторення готових розв’язків завдань, або робота за готовими прикладами	самостійна, творча пізнавальна діяльність
Навчальна робота студентів під керівництвом НПП	***Самостійна робота студентів***

▲II група методів – методи стимулювання й мотивації навчально-пізнавальної діяльності:

методи стимулювання інтересу до навчання	***методи стимулювання обов'язку й відповідальності***

● створення ситуації інтересу при викладанні матеріалу ● пізнавальні ігри ● навчальні дискусії ● аналіз життєвих ситуацій	● роз'яснення мети навчального предмета ● вимоги до вивчення предмета (орфографічні, дисциплінарні, організаційно-педагогічні) ● заохочення та покарання в навчанні

▲III група методів – методи контролю (самоконтролю, взаємоконтролю), корекції (самокорекції, взаємокорекції) за ефективністю навчально-пізнавальної діяльності:

Компетенції	***Функції оцінювання навчальних досягнень студента***
• соціальні • полікультурні • комунікативні • інформаційні • саморозвитку та самоосвіти ● компетенції, що реалізуються у прагненні та здатності до раціональної продуктивної, творчої діяльності	• контролююча; • навчальна • діагностично-коригуюча • стимулюючо-мотиваційна • виховна

▲IV група методів – бінарні, інтегровані (універсальні) методи.

На практиці ми інтегруємо методи різних груп, утворюючи неординарні (універсальні) методи навчання, які забезпечують оптимальні шляхи досягнення навчальної мети.

Навчальні заняття слід проводити із застосуванням активних методів навчання.

10. Форми контролю

Проміжний контроль знань студентів здійснюється регулярно на лекційних і практичних заняттях шляхом їх опитування з пройденого матеріалу. Форма контролю знань із змістового модуля 1 – результати тестових завдань, виконання лабораторних робіт. Змістовий модуль 2 оцінюється за результатами виконання тестових завдань, виконання лабораторних робіт.

Підсумковий контроль знань здійснюється **на екзамені.**

Оцінка **"Відмінно"** виставляється студенту, який протягом семестру систематично працював, на заліку показав різнобічні та глибокі знання програмного матеріалу, вміє вільно виконувати завдання, що передбачені програмою, засвоїв основну та знайомий з додатковою літературою, відчуває взаємозв'язок окремих розділів дисципліни, їх значення для майбутньої професії, виявив творчі здібності в розумінні та використанні навчально-програмного матеріалу, проявив здатність до самостійного оновлення і поповнення знань.

Оцінка **"Добре"** виставляється студенту, який виявив повне знання навчально-програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, що рекомендована програмою, показав стійкий характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення та поновлення у ході подальшого навчання та професійної діяльності.

Оцінка **"Задовільно"** виставляється студенту, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та наступної роботи за професією, справляється з виконанням завдань, передбачених програмою, допустив окремі похибки у відповідях на заліку та при виконанні екзаменаційних завдань, але володіє необхідними знаннями для їх подолання під керівництвом науково-педагогічного працівника.

Оцінка **"Незадовільно"** виставляється студенту, який не виявив достатніх знань основного навчально-програмного матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не може без допомоги науково-педагогічного працівника використати знання при подальшому навчанні, не спромігся оволодіти навичками самостійної роботи.

Розподіл балів, які отримують студенти. Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 03.03.2021 р. протокол № 7):

Таблиця 1

Рейтинг студента, 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 студента (слухача) із засвоєння дисципліни $\mathbf{R_{ДИС}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $\mathbf{R_{НР}}$ (до 70 балів): $\mathbf{R_{ДИС} = R_{НР} + R_{АТ}}$.

11. Навчально-методичне забезпечення

1. Викладення навчального матеріалу повинно супроводжуватись використанням технічних засобів навчання;
2. Практичні навички відпрацьовуються шляхом виконання лабораторних робіт за допомогою ПЕОМ.

12. Рекомендовані джерела інформації:

1. Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Методи оптимізації: підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / С. П. Вислоух [та ін.] ; [відп. ред. Антонюк В.] ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського". - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 264 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 261-264 .
2. Нові інформаційні технології, моделювання та автоматизація [Текст] : монографія / [В. Ю. Величко та ін.] ; за заг. ред. С. В. Котлика ; Одес. нац. технол. ун-т. - Одеса : Екологія, 2022. - 721 с. : рис., табл..
3. Методи моделювання та оптимізації систем та процесів : лаб. практикум для здобувачів вищ. освіти ОС "Бакалавр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / [уклад.: О. М. Тачиніна та ін.] ; Нац. авіац. ун-т. - Київ : НАУ, 2022. - 50 с.
4. Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи. : підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" / С. П. Вислоух [та ін.] ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського". - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 225 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 221-225.
5. Лисенко В.П., Шворов С.А. Моделювання та оптимізація систем керування: навчальний посібник. – К.: Наук світ, 2021. – 133 с.