

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва підрозділу)

Кафедра комп'ютеризованих систем управління
(повна назва кафедри)

Код РНПД
Т93545

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з науково-педагогічної роботи

Слободян С.О.

2022 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
PROGRAM OF THE DISCIPLINE

ОСНОВИ ТЕОРІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ
FUNDAMENTALS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS OPTIMIZATION THEORY

галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування
спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)
тип дисципліни обов'язкова
мова(и) викладання українська

Робоча програма навчальної дисципліни «Основи теорії оптимізації систем автоматичного керування» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

21 червня 2022 р. – 13 с.

Розробник: **Блінцов Володимир Степанович**, доктор технічних наук, професор, професор Херсонського навчально-наукового інституту.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Основи теорії оптимізації систем автоматичного керування" узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми

 Тимченко В.Л.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Основи теорії оптимізації систем автоматичного керування" розглянуто на засіданні кафедри комп'ютеризованих систем управління.

Протокол № 01 від 29 серпня 2022 р.

Завідувач кафедри
д-р техн. наук, доцент



Черно О.О.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Основи теорії оптимізації систем автоматичного керування" розглянуто Методичною радою Навчально-наукового Інституту автоматики та електротехніки.

Протокол № 2 від 19 вересня 2022 р.

Голова
к.т.н., доцент



Жук Д.О.

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Основи теорії оптимізації систем автоматичного керування" погоджено з навчальним відділом.

Начальник відділу
к.т.н., доцент



Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни "Основи теорії оптимізації систем автоматичного керування" затверджена Навчально-методичною радою НУК.

Протокол № 7 від 28 вересня 2022 р.

Голова НМР НУК



© НУК, 2022

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	10
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	10
8. Критерії оцінювання результатів навчання	13
9. Засоби навчання	13
10. Рекомендовані джерела інформації.....	13

ВСТУП

Анотація

Програма дисципліни «Основи теорії оптимізації систем автоматичного керування» відноситься до дисциплін професійної підготовки та складена відповідно до освітньої програми спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Метою навчальної дисципліни є опанування теоретичними основами та методами аналізу й синтезу оптимальних систем автоматичного керування технічними об'єктами, що забезпечить розробку теоретично обґрунтованих технічних рішень у галузі автоматизації технологічних процесів (об'єктів) різного призначення.

Дисципліна розрахована на здобувачів наукового ступеню, які отримали базові знання з математики, автоматизації та комп'ютеризованих систем управління.

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

Ключові слова: *система автоматичного керування, оптимізація.*

Abstract

The program of the discipline "Fundamentals of the theory of optimization of automatic control systems" belongs to the disciplines of professional training and is compiled in accordance with the educational program of specialty 151 "Automation and computer-integrated technologies".

The purpose of the educational discipline is to master the theoretical foundations and methods of analysis and synthesis of optimal systems of automatic control of technical objects, which will ensure the development of theoretically grounded technical solutions in the field of automation of technological processes (objects) for various purposes.

The discipline is designed for academic degree holders who have acquired basic knowledge of mathematics, automation and computerized control systems.

Requirements for knowledge and skills are determined by industry standards of higher education of Ukraine.

Keywords: *automatic control system, optimization.*

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна фор- ма навчання	заочна фор- ма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 15 «Автоматизація та прила- добудування»	Обов’язкова з циклу обов’язкових професій- них компонентів	
Модулів – 1		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2-й	2-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету: https://nuos.edu.ua/studentu/polozhennya-nuk/opis-opp/onp-elektroenergetika-elektrotehnika-ta-elektromehanika/	Спеціальність 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані тех- нології»	Семестр	
Індивідуальне науково-дослідне за- вдання не передбачено		3-й	3-й
		Лекцій	
		15 год.	4 год.
		Практичні, семінарські	
		15 год.	4 год.
Загальна кількість годин – 90		Лабораторні	
	-	-	
Тижневих годин для денної форми на- вчання: аудиторних – 2; самостійної роботи здобувача – 4.	Освітній рівень: третій (освітньо-науковий)	Самостійна робота	
		60 год.	82 год.
		Індивідуальні завдання: 0 год.	
		Вид контролю: екзамен	
		Форма контролю: комбі- нована	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Основи теорії оптимізації систем автоматичного керування» є формування у здобувачів наукового ступеня відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

- здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та з дотичних до міждисциплінарних напрямів на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності (у відповідності до ОПП ЗК4);
- 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 напрямів і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях (у відповідності до ОПП СК1);
- 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 (у відповідності до ОПП СК3);
- здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та міждисциплінарні проекти у суміжних галузях, проявляти лідерство під час їх реалізації (у відповідності до ОПП СК4);
- 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 (у відповідності до ОПП СК5).

3. Передумови для вивчення дисципліни

—

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів наукового ступеня таких результатів навчання:

- 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 (у відповідності до ОПП РН1);
- 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 напрямів (у відповідності до ОПП РН3);
- розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти в галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, які дають змогу переосмислити

наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику з врахуванням економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів. Забезпечувати захист інтелектуальної власності (у відповідності до ОПП РН5);

- застосовувати сучасні цифрові технології, мікропроцесорні засоби, мехатронні компоненти, спеціалізоване програмне забезпечення, для створення новітніх систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх технічного, інформаційного, математичного, програмного та організаційного забезпечення (у відповідності до ОПП РН7);
- Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи (у відповідності до ОПП РН8).

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Варіаційне числення та задачі оптимального керування.

Тема 1. Варіаційне числення як теоретична основа оптимізації. Необхідна умова екстремум функціоналу.

Тема 2. Задачі оптимального керування та корекція лінійних стаціонарних систем автоматичного керування.

Тема 3. Оптимізація параметрів систем автоматичного керування за інтегральними показниками якості.

Тема 4. Математична формалізація задачі оптимального керування лінійним стаціонарним об'єктом. Керованість об'єкта. Принцип максимуму Л. С. Понтрягіна.

Змістовий модуль 2. Критерії оптимальності та синтез систем автоматичного керування.

Тема 5. Керування, оптимальне за швидкодією. Загальна характеристика задачі, синтез оптимального за швидкодією керування лінійним стаціонарним об'єктом.

Тема 6. Системи, оптимальні за квадратичним показником якості. Квадратичний показник якості керування, синтез керування станом лінійного стаціонарного об'єкта.

Тема 7. Відновлення стану об'єкта керування за результатами вимірювань. Поняття спостережуваності. Критерій спостережуваності лінійних стаціонарних об'єктів та структура системи спостереження.

Тема 8. Оцінювання стану об'єкта за результатами дискретних вимірювань. Оптимальний лінійний алгоритм оцінювання стану об'єкта за результатами дискретних вимірювань.

Тематичний план навчальної дисципліни

№ з/п	Назва змістових модулів і тем	Кількість годин							
		денна форма навчання				заочна форма навчання			
			у тому числі				у тому числі		
			лек.	пр. зан.	сам. роб.		лек.	пр. зан.	сам. роб.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Змістовий модуль 1. Варіаційне числення та задачі оптимального керування									
1.1	Тема 1. Варіаційне числення як теоретична основа оптимізації. Необхідна умова екстремум функціоналу.	5	2	2	1	5	1	-	4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.2	Тема 2. Задачі оптимального керування та корекція лінійних стаціонарних систем автоматичного керування.	5	2	2	1	5	-	1	4
1.3	Тема 3. Оптимізація параметрів систем автоматичного керування за інтегральними показниками якості.	5	2	2	1	5	1	-	4
1.4	Тема 4. Математична формалізація задачі оптимального керування лінійним стаціонарним об'єктом. Керованість об'єкта. Принцип максимуму Л. С. Понтрягіна.	5	2	2	1	5	-	1	4
Підготовка до модульного контролю		10	0	0	10	10	-	-	10
Всього за змістовим модулем 1:		30	8	8	14	30	2	2	26
Змістовий модуль 2. Критерії оптимальності та синтез систем автоматичного керування									
2.1	Тема 1. Керування, оптимальне за швидкодією. Загальна характеристика задачі, синтез оптимального за швидкодією керування лінійним стаціонарним об'єктом.	9	2	2	5	9	1	-	8
2.2	Тема 2. Системи, оптимальні за квадратичним показником якості. Квадратичний показник якості керування, синтез керування станом лінійного стаціонарного об'єкта	9	2	2	5	9	-	1	8
2.3	Тема 3. Відновлення стану об'єкта керування за результатами вимірювань. Поняття спостережуваності. Критерій спостережуваності лінійних стаціонарних об'єктів та структура системи спостереження	9	2	2	5	9	1	-	8
2.4	Тема 4. Оцінювання стану об'єкта за результатами дискретних вимірювань. Оптимальний лінійний алгоритм оцінювання стану об'єкта за результатами дискретних вимірювань	8	1	1	6	8	-	1	7
Підготовка до модульного контролю		10	0	0	10	10	-	-	10
Всього за змістовим модулем 2:		45	7	7	31	45	2	2	41
Підготовка до екзамену		15	0	0	15	15	-	-	15
Всього:		90	15	15	60	90	4	4	82

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1.	Особливості математичного моделювання технічних систем як об'єктів керування.	2	-
2.	Аналіз математичних моделей автоматичних систем генерування потужності і змінної напруги та їх аналіз в середовищі Simulink MATLAB.	2	1
3.	Математичне моделювання автоматизованого електроприводу суднового палубного механізму та його аналіз в середовищі Simulink MATLAB	1	-
4.	Математичне моделювання автоматизованої гребної електричної установки та її аналіз в середовищі Simulink MATLAB.	2	1
5.	Математичне моделювання маніпуляційного робота та його аналіз в середовищі Simulink MATLAB.	2	-
6.	Аналіз автоматизованої системи суднової вентиляції та її аналіз в середовищі Simulink MATLAB.	2	1
7.	Математичне моделювання керованого руху морського об'єкта та його аналіз в середовищі Simulink MATLAB	2	-
8.	Математичне моделювання керованого руху групи морських об'єктів та аналіз системи керування груповим рухом у середовищі Simulink MATLAB	2	1
Всього		15	4

Самостійна робота

Самостійна робота передбачає підготовку до лекційних та практичних занять; самостійне поглиблення знання за темами дисципліни; підготовку до двох поточних модульних контролів; підготовку до екзамену.

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	12	23
2	Підготовка до практичних занять	13	22
4	Підготовка до модульних контролів	20	20
5	Підготовка до екзамену	15	15
Разом		60	82

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання за джерелами знань:

- для всіх видів занять:

- робота з літературою – опрацювання різних видів джерел, яке спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольної-корекційної функції в умовах формальної, неформальної та інформальної освіти;
- пояснення – словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків;

- дискусія – обмін поглядами щодо конкретної проблеми з метою набуття нових знань, зміцнення власної думки, формування вміння її доведення;

- диспут – цілеспрямоване зіставлення різних поглядів на наукову проблематику з метою формування у здобувачів оцінних суджень, зміцнення світоглядних позицій;

- демонстрування – наочно-чуттєве ознайомлення здобувачів з явищами, процесами, об'єктами в їх природному вигляді;

- для лекційних занять:

- лекція – усний виклад навчального матеріалу, який характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованою розумових образів, доказів і узагальнень;

- бесіда – питально-відповідний метод, завдання якого – спонукати здобувачів до актуалізації відомих і засвоєння нових знань шляхом самостійних роздумів, висновків і узагальнень; різновиди бесіди: репродуктивні (спрямовані на відтворення раніше засвоєного матеріалу), катехізичні (передбачають точне відтворення формулювань, запам'ятовування відповідей), евристичні (підводять здобувачів до самостійних висновків);

- ілюстрування – показ та сприйняття предметів, процесів і явищ у їх символічному зображенні за допомогою плакатів, фотографій, схем;

- для практичних занять:

- практична робота – метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків;

- фронтальне опитування;

- контрольні тестові роботи програмованого типу (перелік запитань і можливі варіанти відповідей).

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи:

проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- складання поточного модульного контролю за кожним змістовним модулем у вигляді стандартизованих тестів для оцінки рівня отриманих теоретичних знань; на проходження одного тесту надається 20 хвилин;

- складання екзамену у вигляді письмової відповіді на чотири теоретичні питання; на підготовку надається одна академічна година.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення здобувача оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки екзамену. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках здобувач може набрати до 60 балів. Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – 40 балів. Право скласти заключний екзамен надається кожному здобувачу наукового ступеня, який з урахуванням набраних балів проміжних оцінок має не менше 60 балів. Складання заключного екзамену є обов'язковим, якщо здобувач на протязі вивчення курсу за результатами проміжного контролю набрав щонайменше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки за екзамен.

Поточний контроль передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів із зазначених тем.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів наукового ступеня та їх оцінювання

Критерії оцінювання поточного модульного контролю у формі тестування

Правильних відповідей	6	5	4	3	2	1
Балів	30	25	20	15	10	5

У відповідності до програми передбачено 2 поточних модульних контролі, таким чином максимальна оцінка за даний компонент програми 60 балів. Кожний тест передбачає 6 тестових запитань.

Критерії оцінювання екзамену

Здобувач має відповісти на чотири письмові питання. Кожна відповідь на питання оцінюється максимум у 10 балів. Загалом за екзамен можна отримати максимум 40 балів.

Кількість балів	Критерії оцінювання на екзамені
1	2
10	Відповідь надана повна, ґрунтовна, чітка, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
9	Відповідь надана відносно повна, ґрунтовна, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
8	Відповідь надана відносно повна, але спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, хоча при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
7	Відповідь надана відносно повна, але спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, при наданні відповіді не представлені необхідні математичні викладки, але надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
6	Відповідь надана не повна, але висвітлено більше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені основні математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей прикладного використання даного теоретичного матеріалу.
5	Відповідь надана не повна, але висвітлено більше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені основні математичні залежності та схемні рішення, не надані пояснення особливостей прикладного використання даного теоретичного матеріалу.

1	2
4	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, відсутні пояснення особливостей прикладного використання даного теоретичного матеріалу.
3	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, дуже обмежено представлені математичні залежності та схемні рішення, відсутні пояснення особливостей прикладного використання даного теоретичного матеріалу.
2	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, не в змозі представити математичні залежності та схемні рішення, а також пояснення особливостей прикладного використання даного теоретичного матеріалу.
1	Надана обмежена та уривчаста відповідь, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, не в змозі представити математичні залежності та схемні рішення, а також пояснення особливостей прикладного використання даного теоретичного матеріалу.
0	Відповідь не надана взагалі або абсолютно не відповідає питанню.
<i>Максимальна оцінка здобувача за відповіді на письмові питання 40 балів (4 питання по 10 балів).</i>	

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Структурна ідентифікація		Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	ПМК	Тестування за темами ЗМ 1	30
ЗМ 2	ПМК	Тестування за темами ЗМ 2	30
Підсумковий контроль		Екзамен	40
Загалом			100

Шкала оцінювання ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90...100	A
82...89	B
74...81	C
64...73	D
60...63	E
35...59	FX
0...34	F

9. Засоби навчання

- Опорний конспект лекцій з дисципліни в електронному варіанті.
- Підручники та посібники, зазначені у списку літератури.
- Нормативні документи.

4. Таблиці, схеми і плакати, виготовлені на кафедрі, а також типографічним способом.
5. Поточні Інтернет-ресурси.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Голінко, І.М. Моделювання та оптимізація систем керування [Текст]: монографія /І. М. Голінко, А. І. Кубрак. – Кам–Под.: Рута, 2012. – 262 с.
2. Перестюк М.О., Станжицький О.М., Капустян О.В., Ловейкін Ю.В. Варіаційне числення та методи оптимізації. – К. : ТВіМС, 2010.

Додаткова література

3. Блінцов В.С., Кінаш А.Т., Хлопенко А.Я. Основні методи оптимального керування електромеханічних систем: Навч. посібник. Миколаїв. – УДМТУ, 2000. 44 с.
4. Hull D. Optimal control theory for Applications. Springer-Verlag, 2003. 384 p.
5. Луцька Н. М. Оптимальні системи управління: конспект лекцій. Київ: НУХТ, 2013. 44 с.
6. Ладієва Л. Р. Оптимальне керування системами: навч. посіб. Київ: НМЦ ВО, 2000. 187 с.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

1. Науковий журнал «Computer Modeling: Analysis, Control, Optimization». [Режим доступу <http://kmauo.org/en/about-journal-eng/>]
2. Репозитарії профільних ВНЗ України:
 - НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського: <https://ela.kpi.ua/>;
 - Національного авіаційного університету: <https://er.nau.edu.ua/>;
 - НУ "Львівська політехніка": <https://ena.lpnu.ua/>;
 - Харківського НУ радіоелектроніки: <https://openarchive.nure.ua/>;
 - Харківського НУ імені В.Н.Каразіна: <http://dspace.univer.kharkov.ua/>;