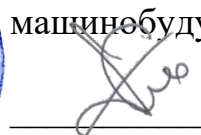


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ
Кафедра «Автоматизація виробничих процесів»



Затверджую:
Декан факультету
машинобудування


Кассов В.Д.
«27» травня 2024р.

Гарант освітньої програми:
д.т.н., доцент


Бережна О.В.
«08» травня 2024р.

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри автоматизації
виробничих процесів
Протокол №_13 від 06.05.2024р.
Зав. кафедри


Марков О.Є.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
„ТЕОРІЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ”
(назва дисципліни)

Галузь знань 17 – «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
Спеціальність 174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Освітній рівень другий (магістерський)

ОНП «Автоматизоване управління технологічними процесами»

Факультет «Машинобудування»
(назва інституту, факультету, відділення)

КРАМАТОРСЬК-ТЕРНОПІЛЬ, 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія оптимального управління» для студентів галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» 22 с.

Розробник Циганаш В.Є., к.т.н., доцент



Погоджено з групою забезпечення освітньої програми (для обов'язкових дисциплін)



О.В. Бережна, д.т.н., доцент

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри «Автоматизація виробничих процесів», протокол № 13 від 06.05.2024 року.

Зав кафедри АВП:



О.Є. Марков, д.т.н., професор

Розглянуто і затверджено на засіданні Вченої ради факультету машинобудування, протокол № 10-24/05 від 27.05.2024 року

Голова Вченої ради факультету



В.Д. Кассов, д.т.н., професор

І ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Показники		Галузь знань, спеціальність, ОПП (ОНП), професійне (наукове) спрямування, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
			денна	заочна
Кількість кредитів		Галузь знань: «17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації». Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп'ютерно- інтегровані технології та робототехніка»	Обов'язкова дисципліна	
6,0	-			
Загальна кількість годин				
180	-			
Модулів – 1		ОНП «Автоматизоване управління технологічними процесами»	Рік підготовки	
Змістових модулів – 4			1	
Індивідуальне завдання <u>Дослідження та розробка АСУ (об'єкту автоматизації)</u>			Семестр	
			1	
Тижневих годин для <u>денної</u> форми навчання: аудиторних – 4; самостійної роботи студента – 4		Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u>	Лекції	
			30	
			Практичні	
			30	
			Самостійна робота	
			120	
			Вид контролю	
			Іспит	

II ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Актуальність вивчення дисципліни «Теорія оптимального управління» у зв'язку з завданням професійної підготовки магістрів за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» полягає в підвищенні ефективності машинобудування, шляхом створення автоматизованих систем керування технологічними процесами з використанням сучасних методів проектування цифрових та інформаційних систем.

Теорія оптимального управління – сукупність методів, спрямованих на досягнення найкращих показників якості функціонування об'єктів управління шляхом дії на них.

Постановка оптимізаційної задачі тісно пов'язана з методикою і обчислювальними процедурами її вирішення; в ряді випадків еквівалентні перетворення або ж незначні зміни постановки докорінно змінюють трудомісткість рішення. Тому для інженера важливо не тільки знання методів оптимізації, але й розуміння того, як додання або відкидання тих чи інших умов вплине на ці методи. Такому розумінню сприяє використання модульного підходу до одержання умов оптимальності і тісно пов'язаних з ним обчислювальних алгоритмів. При такому підході умови оптимальності будуються не як система розрахункових співвідношень для задачі конкретного типу, а як правило переходу до таких співвідношень, придатне для задачі з будь-якою комбінацією оптимальності і тих чи інших типів обмежень.

Дисципліна «Теорія оптимального управління» (ТОУ) відноситься до циклу дисциплін підготовки магістра. Для її засвоєння необхідно вивчення наступних дисциплін, змістовні блоки і модулі яких наведені у таблиці:

Дисципліна, змістовні блоки	Назва змістовних модулів дисципліни
Вища математика	Похідні, дослідження функції, екстремум, інтеграли та інтегрування, диференціальні рівняння.
Числові методи і моделювання на ЕОМ	Моделювання систем
	Моделювання оптимальних систем
Теорія автоматичного керування	Теорія автоматичного управління лінійними системами
	Теорія автоматичного управління спеціальними системами
Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації	Ідентифікація, критерії та умови
	Ідентифікація параметрів в часовій та в частотній області

Основи системного аналізу	Проектування автоматизованої системи управління з ЕОМ
Автоматизований електропривод	Системи автоматичного керування ЕП верстатів і роботів
	Проектування САК ЕП верстатів і роботів

Мета дисципліни - формування когнітивних, афективних та психомоторних компетентностей в сфері навчання студентів кваліметричних методів обґрунтування, розробки, застосування, дослідження підвищення якості технологічних систем.

Завдання дисципліни полягає у формуванні здатностей студентів:

–уміти застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності.

–уміти застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами."

–уміти застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв.

–уміти застосовувати сучасні технології наукових досліджень, спеціалізований математичний інструментарій для дослідження, моделювання та ідентифікації об'єктів автоматизації.

–уміти виявляти наукову сутність проблем у професійній сфері, знаходити шляхи щодо їх розв'язання.

–уміти застосовувати методи аналізу, синтезу та оптимізації кіберфізичних виробництв, систем автоматизації управління виробництвом, життєвим циклом продукції та її якістю.

Передумови для вивчення дисципліни:

Вища математика, економіка та організація виробництва, прикладна математика, інформатика, математичне моделювання процесів різання.

Мова викладання: українська.

Обсяг навчальної дисципліни та його розподіл за видами навчальних занять:

- загальний обсяг для денної форми навчання становить 180 годин/ 6,0 кредиту, в тому числі: лекції - 30 годин, практичні заняття -30 годин, самостійна робота студентів - 120 годин;

III ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Освітня компонента «Теорія оптимального управління» повинна сформулювати наступні програмні результати навчання, що передбачені освітньо-науковою програмою підготовки магістрів «Автоматизоване управління технологічними процесами»:

- Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності.

- Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

- Застосовувати сучасні технології наукових досліджень, спеціалізований математичний інструментарій для дослідження, моделювання та ідентифікації об'єктів автоматизації.

- Уміти виявляти наукову сутність проблем у професійній сфері, знаходити шляхи щодо їх розв'язання.

- Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв.

- Застосовувати методи аналізу, синтезу та оптимізації кіберфізичних виробництв, систем автоматизації управління виробництвом, життєвим циклом продукції та її якістю.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Теорія оптимального управління» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості певних результатів навчання через здобуття наступних загальних та фахових компетентностей:

- Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

- Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

- Здатність застосовувати сучасні методи теорії автоматичного керування для розроблення автоматизованих систем управління технологічними процесами та об'єктами.

- Здатність застосовувати сучасні технології наукових досліджень процесів, обладнання, засобів і систем автоматизації, контролю, діагностики, випробування та керування складними організаційно-технічними об'єктами та системами.

- Здатність виявляти наукову сутність проблем у професійній сфері, планувати та здійснювати відповідні наукові і прикладні дослідження.

- Здатність застосовувати проблемно-орієнтовані методи аналізу, синтезу та оптимізації систем автоматизації, кіберфізичних виробництв, процесів управління технологічними комплексами.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Теорія оптимального управління» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості певних результатів навчання, які в загальному вигляді можна навести наступним чином:

У когнітивній сфері студент здатний:

- усвідомити методи аналізу оптимального управління об'єктами та технологічним процесом виробництва с точки зору забезпечення вимогам автоматизованого керування;

- продемонструвати здатність застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем

- вміти розробляти структурні, функціональні схеми АСУ;

- здійснити доведення розв'язки завдань до практичних прийнятих рішень при впровадженні відповідних інформаційних та комп'ютерно-інтегрованих технологій при створенні сучасних автоматизованих систем керування та обробки інформації

В афективній сфері студент здатний:

- критично осмислювати лекційний і поза лекційний навчальний матеріал;

- використовувати пакети програм, реалізовувати обчислення характеристик якості різних автоматизованих технологічних систем;

- успішно розв'язувати прикладні обчислювальні задачі з розрахунку технологічних параметрів засобів автоматизації в рамках використання персональних комп'ютерів;

- регулярно співпрацювати із іншими студентами та викладачем в процесі обговорення проблемних моментів на лекційних, практичних заняттях, при виконанні та захисті курсового проекту; ініціювати та брати участь у предметній дискусії з прикладних питань навчальної дисципліни, повною мірою розділяти цінності колективної та наукової етики.

У психомоторній сфері студент здатний:

- самостійно аналізувати і оцінювати прикладні математичні методи та комп'ютерні алгоритми чисельного розв'язування інформаційних завдань;

- застосовувати методики аналізу, синтезу та оптимізації кіберфізичних виробництв, систем автоматизації управління виробництвом, життєвим циклом продукції та її якістю;

- застосовувати основні підходи до теорії управління систем керування ;

- оформити реферат за індивідуальним завданням;

- контролювати результати власних зусиль освітньому процесі;

- самостійно здійснювати пошук, систематизацію,узагальнення навчального матеріалу,розробляти варіанти розв'язування завдань і обрати найбільш раціональні з них.

IV ПРОГРАМА ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Денна форма навчання

Вид навчальних занять або контролю	Розподіл між учбовими тижнями														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Лекції	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
П. р. роботи	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Сам. робота	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Консультації															К
Контр. роботи	ВК				КР1				КР2	ВК				КР1	
Модулі	ЗМ1														
Контроль по модулю	ПР1 ВК		ПР2		ПР3 КР1		ПР4		ПР5, РГР, КР2	ПР1 ВК		ПР2		ПР3 КР1	

Лекції

№ розділу	№ теми	Зміст тем, лекцій, дидактичних засобів. Завдання на СРС	Кількість годин	Література
1	2	3	4	5
1	1	<p><u>Лекція 1</u> <i>Лекція 1. Постановка задач статичної оптимізації. Класифікація методів оптимізації функцій</i> <i>Динаміка об'єкту, клас допустимих управлінь, початковий і кінцевий стан об'єкту, цільова функція. Приклади задач оптимального управління.</i> Дидактичні засоби: графопроектор (функція, функціонал, оператор, приклади задач). Завдання на СРС: Розглянути наведені приклади. Ознайомитись з умовами індивідуального завдання</p>	2	[1], с. 12-16; [2], с. 8-11;
	2	<p><u>Лекція 2</u> <i>Методи класичного аналізу для розв'язку задач умовної оптимізації.</i> Дидактичні засоби: графопроектор (постановка лінійної задачі швидкодії). СРС: Проаналізувати об'єкт управління, заданий на виробничій практиці. Зробити словесну постановку задачі оптиміального управління.</p>	2	[1], с. 12-16, 75-78; [2], с. 85-90; [3], с. 83-95.
	3	<p><u>Лекція 3</u> <i>Методи одномірної оптимізації.</i> Застосовуються плакати та діапроектор. Дидактичні засоби: графопроектор (приклади формалізації). Завдання на СРС: Розглянути наведені приклади. Визначити узагальнену схему процесу (об'єкту). Ввести позначення для змінних (бажано вказати їх розмірність)</p>	2	[2], с. 11-30; [3], с. 17-34.

	4	<u>Лекція 4</u> <i>Градiєнтні методи багатомірної оптимізації</i> Дидактичні засоби: графопроектор (приклади формалізації). Завдання на СРС: Обґрунтувати критерій оптимальності як функцію від усіх або від частини змінних.	2	[3], с. 17-34.
	5	<u>Лекція 5</u> <i>Методи нульового порядку багатомірної оптимізації. Організація експертизи</i> Дидактичні засоби: графопроектор (обчислювальні алгоритми). Завдання на СРС: Виділити множини допустимих значень змінних. Привести автономні обмеження і умови, які зв'язують їх у сукупності змінних.	2	[2], с. 65-85; [3], с. 36-49.
	6	<u>Лекція 6</u> <i>Лінійне програмування</i> Дидактичні засоби: графопроектор (приклади). Завдання на СРС: дати повну структуру і намітити загальну схему вирішення оптимізаційної задачі.	2	[2], с. 85-90; [3], с. 83-95
	7	<u>Лекція 7</u> <i>Реалізація статичної оптимізації в системах керування</i> Дидактичні засоби: графопроектор (приклади). Завдання на СРС: На прикладі канонічної задачі розглянути можливості модульного підходу.	2	[2], с. 119—131.
1	2	3	4	5
2	8	<u>Лекція 8</u> <i>Основні етапи аналізу і розв'язку оптимізаційних задач.</i> Завдання на СРС: Виділити множини допустимих значень змінних.	2	[2], с65-85; [3], с 36-49
	9	<u>Лекція 9</u> <i>Загальна характеристика задач оптимізації функціоналів</i> Завдання на СРС: дати повну структуру і намітити загальну схему вирішення оптимізаційної задачі.	2	[2], с 85-90; [3], с,83-95

10	<u>Лекція 10</u> <i>Необхідні умови оптимальності, модульний підхід.</i> Завдання на СРС: на прикладі канонічної задачі розглянути можливості модульного підходу	2	[2], с 119-131
11	<u>Лекція 11</u> <i>Принципи побудови екстремальних систем.</i> Завдання на СРС: розглянути структуру простої екстремальної системи, внутрішні та зовнішні взаємозв'язки.	2	[2], с 119-132-163
12	<u>Лекція 12</u> <i>Принципи побудови оптимальної швидкісної системи.</i> Завдання на СРС: розглянути структуру простої швидкісної системи, внутрішні та зовнішні взаємозв'язки.	2	[2], с 119-164-210
13	<u>Лекція 13</u> <i>Динамічне програмування.</i> Завдання на СРС: розглянути можливість використання динамічного програмування для вирішення індивідуальних завдань.	2	[2], с 90-95
14	<u>Лекція 14</u> <i>Принцип максимуму в модульній формі, приклади його використання.</i> Завдання на СРС: розглянути можливість використання принципу максимуму для вирішення індивідуальних завдань	2	[1], с.122-133; [2], с 95-100
15	<u>Лекція 15</u> <i>Необхідні умови оптимальності, модульний підхід.</i> Завдання на СРС: на прикладі канонічної задачі розглянути можливості модульного підходу	2	[2], с 119-131
Усього з дисципліни		30	

Теми практичних занять

Мета практичних робіт - закріплення знань теоретичного матеріалу, здобуття навичок оцінювання якості технологічних систем.

Тема	Тема практичного заняття	Зміст уміння (шифр)
Тема 1.1. Практична робота 1	Загальна постановка задачі оптимального управління. Основні етапи формулювання оптимізаційної задачі. Формулювання задачі для системи з послідовним і паралельним включення підсистем.	Проводити аналіз конструктивних і технологічних особливостей технологічного об'єкту управління та його технологічного регламенту
Тема 2 Практична робота 2 Практична робота 3	Формулювання, структура та загальна схема вирішення оптимізаційних задач. Формулювання оптимізаційної задачі для системи з визначенням рішення у вигляді функції. Практичні схеми реалізації оптимального управління без (з використанням) зворотного зв'язку на основі моделей.	Вибирати критерій оптимізації, визначати цільову функцію і обмеження, визначати повноту інформації про об'єкт управління
Тема 1.3 Практична робота 4 Практична робота 5	Оптимізація процесів, модульний підхід до одержання умов оптимальності. Практичні схеми з використанням еволюційної оптимізації. Схеми з використанням динамічного програмування і принципу максимуму.	Вибирати метод вирішення задачі, вибирати алгоритм оптимізації програмно з використанням комп'ютерно-інтегрованого середовища

Тематика індивідуальних завдань

№ змістовного модулю	№ теми	Індивідуальне завдання	Література
1	1	Формулювання задачі для системи з послідовним і паралельним включення підсистем	[3], [6]
	2	Формулювання оптимізаційної задачі для системи з визначенням рішення у вигляді функції.	[2]
	3	Практичні схеми з використанням еволюційної оптимізації.	[2], [3]
	4	Схеми з використанням динамічного програмування і принципу максимуму	[1], [2]

Контрольні роботи

Контрольні роботи з теоретичної частини розподілені таким чином:

№ з/п	№ теми	Тема контрольної роботи	Кількість варіантів
1	1-9	Методика пошуку оптимальних параметрів розгалуженої системи управління зі змінними вхідними сигналами у вигляді диференційних рівнянь другого порядку.	30
2	10-15	Особливості створення алгоритмів пошуку екстремумів математичних моделей складних систем	30

5. Методи навчання

При викладанні дисципліни передбачається використання мультимедійних засобів, слайдів і натурних зразків. Застосовується методи аналізу та синтезу складних систем оптимального управління. Досліджуються властивості якості з використанням експертних методів. Перед практичними заняттями студенти вивчають самостійно окремі теми, виконують реферати за індивідуальною тематикою.

6. Методи контролю

Підсумкові оцінки за триместр в цілому переводяться за національною шкалою та шкалою ECTS відповідно до таблиці переведення, яка визначається діючим в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців:

Рейтингова оцінка	У національній шкалі	У шкалі ECTS
90-100	Відмінно (зараховано)	A
81-89	Добре (зараховано)	B
75-80	Добре(зараховано)	C
65-74	Задовільно (зараховано)	D
65-64	Задовільно (зараховано)	E
30-54	Незадовільно (не зараховано)	FX
0-29	Незадовільно (не зараховано)	F

Для отримання позитивної оцінки з дисципліни студент повинен скласти всі модулі та одержати не менше ніж 55 балів сумарної оцінки. Студент, який на протязі триместру склав всі модулі і набрав не менше 55 балів сумарної оцінки, має право отримати підсумкову оцінку без складання заліку.

Результати прийому заліку оцінюються за 100 – бальною рейтинговою шкалою. При оцінюванні результатів заліку використовується також національна 5- бальна шкала та вищенаведена таблиця переводу з діючого в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців.

7.Контрольні роботи

Мета контрольних робіт – оцінка рівня засвоєння студентами учбового матеріалу та вмінь, передбачених освітньо-кваліфікаційною характеристикою підготовки спеціаліста і магістра.

В завдання до контрольних робіт включаються питання про загальні принципи та методи розробки оптимальних систем автоматичного управління в рамках індивідуальних завдань, одержаних кожним студентом при проходженні виробничої практики.

Перша контрольна робота передбачає розробку індивідуального завдання в рамках матеріалу, освоєного в темах 1.1, 1.2.

Друга контрольна робота передбачає розробку індивідуального завдання в рамках матеріалу, освоєного в темі 1.3.

V КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів денної форми навчання

№ з/п	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Max балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	2	3	4
1	Задачі статичної оптимізації. Класифікація методів оптимізації функцій Динаміка об'єкту, клас допустимих управлінь, початковий і кінцевий стан об'єкту, цільова функція. Приклади задач оптимального управління.	9	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав клас допустимих управлінь, початковий і кінцевий стан об'єкту, а також навів аргументовані відповіді на уточню загальні та додаткові запитання викладача
2	Методи класичного аналізу для розв'язку задач умовної оптимізації.	9	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент вирішує задачі умовної оптимізації, а також навів аргументовані відповіді на загальні та додаткові запитання викладача та колег.
3	Методи одномірної оптимізації	9	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент володіє методами одномірної оптимізації, а також навів аргументовані відповіді на загальні та додаткові запитання викладача та колег.
4	Гradientні методи багатомірної оптимізації	9	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав використовує gradientні методи багатомірної оптимізації, а також навів аргументовані відповіді на загальні та додаткові запитання викладача

1	2	3	4
5	Методи нульового порядку багатомірної оптимізації. Організація експертизи	9	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав конфігурування станції ПЛК проводить аналіз конструктивних та технологічних особливостей конфігурації механічної відомої децентралізованої периферії з застосуванням шини Profibus, мережі Ethernet, а також навів аргументовані відповіді на запитання викладача та колег.
6	Лінійне програмування	9	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав завдання з лінійного програмування, а також навів аргументовані відповіді на запитання викладача
7	Реалізація статичної оптимізації в системах керування	9	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав реалізацію статичної оптимізації в системах керування, а також навів аргументовані відповіді на загальні та додаткові запитання викладача
8	Основні етапи аналізу і розв'язку оптимізаційних задач	9	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент володіє основними етапами аналізу і розв'язку оптимізаційних задач, а також навів аргументовані відповіді на загальні та додаткові запитання викладача та колег.
9	Загальна характеристика задач оптимізації	9	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав задачу з загальної характеристики задач оптимізації, а також навів аргументовані відповіді на загальні та додаткові запитання викладача та колег.

1	2	3	4
10	Контрольна робота 1 за лекційним матеріалом	9	Студент відповів на всі питання контрольної роботи з лекційного матеріалу
11	Контрольна робота 2 за лекційним матеріалом	10	Студент відповів на всі питання контрольної роботи з лекційного матеріалу
Поточний контроль		100(x0,5)	
Підсумковий контроль		100(x0,5)	Студент виконав тестові та розрахунково-графічні індивідуальні завдання та навів аргументовані відповіді на ситуаційні завдання, що відповідають програмним результатам успішного навчання з дисципліни «Теорія оптимального управління»
Всього		100	

Підсумкові оцінки за триместр в цілому переводяться за національною шкалою та шкалою ECTS відповідно до таблиці перекладу, яка визначається діючим в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців:

Рейтингова оцінка	У національній шкалі	У шкалі ECTS
90-100	Відмінно (зараховано)	A
81-89	Добре (зараховано)	B
75-80	Добре(зараховано)	C
65-74	Задовільно (зараховано)	D
65-64	Задовільно (зараховано)	E
30-54	Незадовільно (не зараховано)	FX
0-29	Незадовільно (не зараховано)	F

Для отримання позитивної оцінки з дисципліни студент повинен скласти всі модулі та одержати не менше ніж 55 балів сумарної оцінки. Студент, який на протязі триместру склав всі модулі і набрав не менше 55 балів сумарної оцінки, має право отримати підсумкову оцінку і буди допущений до іспиту.

Результати прийому екзамену оцінюються за 100 – бальною рейтинговою шкалою. При оцінюванні результатів використовується також національна 5- бальна шкала та вищенаведена таблиця перекладу з діючого в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців.

Критерії оцінювання сформованості програних результатів навчання під час підсумкового контролю

Синтезований опис компетентності	Типові недоліки, які зменшують рівень досягнення програмного результату навчання
1	2
<p>Когнітивні:</p> <ul style="list-style-type: none"> - студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних методів та алгоритмів розв'язку задач моделювання прикладних наукових досліджень; - студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних методів та алгоритмів комп'ютерного розв'язку проектування цифрових систем керування та обробки інформації ; - студент здатний продемонструвати знання і розуміння основних обчислювальних методів та комп'ютерних алгоритмів в рамках практичного застосування програмування програмованих логічних контролерів 	<p>75-89% – студент припускається незначних помилок у описі прикладних алгоритмів та комп'ютерних методів задач, недостатньо повно визначає прикладний науково-статистичний зміст наукометричних співвідношень, неповною мірою розуміє переваги та недоліки застосованої моделі, припускається несуттєвих фактичних помилок при витлумаченні розрахунково-графічних результатів та визначенні точності досліджування обчислювальних методів</p>
	<p>60-74% – студент некоректно формулює алгоритми та методи розв'язання практичних задач та робить суттєві помилки у змісті моделювання, припускається помилок при проектуванні власного комп'ютерного алгоритму, присукається грубих помилок у витлумаченні та розрахунках, а також при оформленні лабораторної роботи</p>
	<p>менше 60% – студент не може обґрунтувати свою позицію посиленням на конкретний алгоритм розв'язання практичних задач, неповно володіє методикою розрахунків, не може самостійно підібрати необхідну елементну базу та розрахункові методи; не має належної уяви про витлумачення одержаних результатів</p>
<p>Афективні:</p> <ul style="list-style-type: none"> - студент здатний критично осмислювати матеріал лекційних та або лабораторних занять; аргументувати власну позицію, спроможний оцінити аргументованість вимог та компетентно дискутувати у професійному та науковому середовищі; 	<p>75-89% – студент припускається певних логічних помилок в аргументації власної позиції в дискусіях на заняттях та під час захисту лабораторних та індивідуальних розрахункових завдань, відчуває певні складності у поясненні фахівцю та колегам певних подробиць та окремих аспектів професійної проблематики</p>

<p>- студент здатний креативно співпрацювати із іншими студентами та викладачем; ініціювати і брати участь у конструктивній та аргументованій дискусії, розділяти цінності колективної та наукової етики у сфері прикладних загальнонаукових досліджень</p>	<p>60-74% – студент припускається істотних логічних помилок в аргументації власної позиції, виявляє недостатню ініціативу до участі у дискусіях та індивідуальних консультаціях за наявності складності у виконанні лабораторних та індивідуальних завдань; відчуває істотні складності при поясненні фахівцю або нефажівцю окремих аспектів професійної проблематики</p>
<p>Психомоторні:</p> <ul style="list-style-type: none"> - студент здатний самостійно працювати, розробляти оригінальні варіанти індивідуальних рішень, впевнено та кваліфіковано звітувати про них; - студент здатний спокійно та зосереджено слідувати методичним підходам до прикладних розрахунків; - студент здатний повною мірою контролювати результати власних зусиль та намагатися оптимально коригувати свої власні зусилля 	<p>менше 60% – студент не здатний продемонструвати вільного володіння логікою та аргументацією у виступах, не виявляє ініціативи до участі у професійній дискусії, до консультування з проблемних питань виконання лабораторних та індивідуальних завдань, не здатний пояснити нефажівцю суть відповідних проблем професійної діяльності; виявляє зневагу до етики навчального процесу</p>
	<p>75-89% – студент припускається певних помилок у стандартних методичних підходах та відчуває ускладнення при їх модифікації за зміни вихідних умов навчальної або прикладної ситуації</p>
	<p>60-74% – студент відчуває ускладнення при модифікації стандартних методичних підходів за зміни вихідних умов навчальної або прикладної ситуації</p>
	<p>менше 60% – студент нездатний самостійно здійснювати пошук та опрацювання методів та алгоритмів розв'язання задач, виконувати індивідуальні завдання, проявляє ознаки академічної не сформовані навички самооцінки результатів навчання і навичок міжособистісної комунікації з прийняття допомоги з виправлення поточної ситуації не доброчесності при підготовці індивідуальних завдань та виконанні контрольних робіт</p>

VI ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

№ з/п	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Характеристика змісту засобів оцінювання
1	Захист лабораторних робіт	- опитування за термінологічним матеріалом, що відповідає темі роботи; - оцінювання аргументованості звіту лабораторних завдань; - оцінювання активності участі у дискусіях
2	Індивідуальне завдання (курсний проект)	- письмовий звіт про виконання курсового проекту; - оцінювання самостійності та якості виконання завдання в ході звіту-захисту та співбесіди
3	Модульні контрольні роботи	- стандартизовані тести; - аналітично-розрахункові завдання
Підсумковий контроль		- стандартизовані тести; - аналітично-розрахункові завдання

VII РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Література основна

1. Кирилич В. М., Терещук О. В., Флюд В. М. Оптимальне керування соціально-економічними системами в середовищі Matlab. Навч. посібник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021.– 412с.
2. Дерев'янку Т., Кирилич В., Мільченко О. Задачі оптимального керування гіперболічними системами / Т. Дерев'янку, В. Кирилич, О. Мільченко.– Globe Edit. Chisinau, 2021.–142с.
3. Моклячук М.П. Варіаційне числення. Екстремальні задачі. Підручник.– К.: Київський університет, 2004.– 384с.
4. Lewis P., Draguna L., Vrabie L., Vassilis L., Syrmos L. Optimal Control: Wiley&Sons, Inc., 2012. – 540 p.
5. Лаврик В. І. Методи математичного моделювання в екології.– К, 2002.– 203 с.
6. Lawrence C. Evans. An Introduction to Mathematical Optimal Control Theory. – University of California, Berkeley, 2017. – 300 p.

Література додаткова

7. Sethi S. P., Tomson G. L. Optimal Control Theory. Applications to Management and Economics.– Springer, 2002.– 414p.
8. Hritonenko N., Yatsenko Yu. Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment: Springer, 2013.– 296p.
9. Lachowicz M.-A. Teoria Sternowania.– UW: Warszawa, 2012.– 88p.
<http://www.mimuw.edu.pl/~lahowic>

ДОДАТОК А

Питання для підготовки до контрольної роботи та екзамену з дисципліни «Теорія оптимального управління»

1. Загальні поняття. Структурне уявлення систем управління.
2. Перетворення структурних схем: декомпозиція, агрегування.
3. Класифікація систем управління.
4. Завдання проектування систем управління.
5. Проблеми якості управління, закони управління.
6. Аналіз безперервних лінійних стаціонарних систем управління. Рівняння стану.
7. Вирішення рівнянь стану. Перехідна матриця. Обчислення перехідної матриці.
8. Стійкість управління. Перший та другий методи Ляпунова.
9. Аналіз дискретних систем управління. Взаємозв'язок методів опису дискретних та безперервних систем управління.
10. Зрівняння стану дискретних систем керування, перехідна матриця.
11. Синтез систем управління, якість управління, динамічні та статичні характеристики управління.
12. Оптимальне керування. Критерії та завдання оптимального управління.
13. Завдання оптимальної швидкодії щодо витрати енергії та палива.
14. Варіаційне обчислення та оптимальне управління. Завдання Лагранжа.
15. Необхідні та достатні умови оптимального управління.
16. Оптимальне керування в задачах про кінцевий стан. Завдання Майєра, Больця.
17. Принцип максимуму Понтрягіна. Завдання про максимальну швидкодію.
18. Застосування принципу максимуму вирішення економічних завдань.
19. Динамічне програмування. Принцип оптимальності.
20. Динамічне програмування для безперервних систем управління. Рівняння Беллмана.
21. Дискретний аналіз динамічного програмування. Додатки до економічних завдань.
22. Спільність методів оптимального управління та їх взаємозв'язок.
23. Зв'язок динамічного програмування та принципу максимуму Понтрягіна.
24. Зв'язок динамічного програмування з варіаційним обчисленням.
25. Якісне дослідження оптимальних траєкторій динамічних систем, магістральна теорія.

Приклади завдань з практичної частини

1. Дани рівняння стану системи

$$\dot{x}_1 = x_2(t),$$

$$\dot{x}_2 = -2x_1(t) - 3x_2(t) + 2,$$

$$x_1(0) = x_2(0) = 0.$$

Знайти рішення рівнянь стану, записати вираз для перехідної матриці.

2. Задано рівняння системи управління

$$\begin{aligned}\dot{X} &= AX + BU, \\ Y &= CX + DU.\end{aligned}$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}, \quad B = [1 \quad 2], \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Намалювати структурну схему системи управління.

3. Задано рівняння системи управління

$$\dot{X} = AX + BU, \quad Y = CX.$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad B = [1, \quad 1], \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Визначити керованість та спостерігальність системи.

4. Знайти функцію, що задовольняє граничні умови: при $t = 0$ $x = 0$, при $t = 1$ $x(1) = 1$ та мінімізуючу функціонал $J = \int_0^1 \frac{1}{\dot{x}(t)} dt$.

Відповідь: $x(t) = t$.

5. Визначити лінійне оптимальне керування для системи

$$\begin{aligned}\dot{x}_2 &= x_2(t), \\ \dot{x}_1 &= -x_2(t) + U,\end{aligned}$$

беручи до уваги показник якості

$$J = \int_0^{\infty} \left(x_1^2(t) + x_2^2(t) + \frac{1}{9} U(t)^2 \right) dt$$

та граничні умови $x(0) = x_0$, $x(\infty) = 0$.