

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Ректор ДДМА

В. Д. Ковальчук
“ ” 2018 року


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

Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність 151 „Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

Освітній рівень – магістр

Факультет «Автоматизація машинобудування та інформаційні технології»
(назва інституту, факультету, відділення)

Денна форма навчання

КРАМАТОРСЬК, 2018

Робоча програма навчальної дисципліни

«Теорія оптимального управління»

(назва навчальної дисципліни)

для студентів галузі знань 15 «Автоматика та приладобудування»


спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»,

„27” серпня 2018 року, стор.

Розробник: **Циганаш Віктор Євграфович**, к. т. н., доц.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри «Автоматизація виробничих процесів»
Протокол № 1 від “ 27.” серпня 2018 року.

Завідувач кафедри АВП


_____ Климєнко Г.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
“ ” _____ 2018 року

©Циганаш В.Є., 2018 рік

©ДДМА, 2018 рік

I. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

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) входить до циклу загальної підготовки як обов'язкова дисципліна підготовки магістра. Для її засвоєння необхідно вивчення наступних дисциплін, змістовні блоки і модулі які наведені в таблиці:

Дисципліна, змістовні блоки	Назва змістовних модулів дисципліни
Вища математика	Похідні, дослідження функції, екстремум, інтеграли та інтегрування, диференційні рівняння.
Числові методи і моделювання на ЕОМ	Моделювання систем чисельними методами
Теорія автоматичного управління	Теорія управління лінійними системами
	Теорія управління спеціальними системами
Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації	Ідентифікація, критерії та умови
	Ідентифікація параметрів в часовій та в частотній області
Системний аналіз складних систем управління	Проектування автоматизованої системи управління з ЕОМ
Основи автоматики і автоматизації	Пристрої на базі комбінаційних логічних схем
	Пристрої на базі послідовних логічних схем
	Управляючі автомати з жорсткою логікою
Автоматизований електропривод	Системи автоматичного керування ЕП
	Проектування САК ЕП верстатів та роботів

Знання та вміння, отримані при засвоєнні дисципліни ТОУ будуть використані при виконанні і захисту кваліфікаційної роботи магістра.

II. РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Триместр	Кількість кредитів ECTS	Загальна кількість годин	Розподіл за триместрами та видами занять								Триместрова атестація
			Лекції.	Практичні	Семінари	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	СРС			
								Всього	Контроль знань	У т.ч. ІСЗ	
2а	3	90	27	18	-	-	-	45	6	11	Екз.

III. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мета дисципліни – спираючись на принципи та методи, розроблені в цій дисципліні, сформувати здатності та вміння розробки і програмної реалізації алгоритмів оптимізації.

На основі вимог Освітньо-кваліфікаційної характеристики та Освітньо-професійної програми підготовки фахівця зі спеціальності “Автоматизоване управління технологічних процесів” в результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

ЗНАТИ:

- методику постановки оптимізаційних задач в точних термінах;
- методи оцінки стану об'єктів управління;
- методи оптимізації стану об'єктів управління;
- способи реалізації оптимального управління;

ВМІТИ:

- вибрати критерії оптимізації;
- визначити цільову функцію і обмеження;
- визначити повноту інформації про технологічний об'єкт управління;
- вибрати метод розв'язку задачі та алгоритм оптимізації;
- реалізувати алгоритм оптимізації програмно з використанням комп'ютерно-інтегрованого середовища (MATLAB, Multisim, Scilab/Scicos).

IV. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

IV.1. Розподіл навчального часу за темами

Найменування розділів, тем	Розподіл за триместрами та видам занять							
	Всього	Лекції	Практичні роботи	Семинар	Лабораторні роботи	Комп'ютерний практикум	Контроль знань	СРС
Модуль 1. <u>Теорія і методи оптимізації</u>								
<u>Тема 1.1.</u> Загальна постановка задачі оптимального управління	14	6	4					4
<u>Тема 1.2.</u> Формулювання, структура та загальна схема вирішення оптимізаційних задач . Контрольна робота з розділу 1.2.	19	9	4					6
	7						2	5
<u>Тема 1.3.</u> Оптимізація процесів, модульний підхід до одержання умов оптимальності. Контрольна робота з розділу 1.3.	32	12	10					10
	8						2	6
Індивідуальне завдання з модулю 1.	10						2	8
Всього	90	27	18				6	39

IV.2 Лекції

Модуль 1. Теорія і методи оптимізації

Тема 1.1 Загальна постановка задачу оптимального управління

Лекція 1. Загальна постановка задачі оптимального управління.

Динаміка об'єкту, клас допустимих управлінь, початковий і кінцевий стан об'єкту, цільова функція. Приклади задач оптимального управління.

[1], с. 8-12; [2], с. 8-11;

Дидактичні засоби: графопроєктор (функція, функціонал, оператор, приклади задач).

Лекція 2. Основні питання математичної теорії оптимального управління.

Керованість та спостережуваність Існування оптимального управління, необхідні умови оптимальності. Достатні умови оптимальності. Єдино можливе оптимальне управління. Постановка лінійної задачі швидкодії.

[1], с. 12-16, 75-78.

Дидактичні засоби: графопроєктор (постановка лінійної задачі швидкодії).

Лекція 3. Математичні моделі(ММ) в процесах оптимального управління.

Визначення ММ. Процеси моделювання. Етапи побудови моделі. Вимоги до ММ.

Завдання на СРС: Мова моделей. Класифікація моделей.

Тема 1.2. Формулювання, структура та загальна схема вирішення оптимізаційної задачі

Лекція 4. Основні етапи формулювання задачі.

Приклади формалізації. Класифікація оптимізаційних задач.

[2], с. 11-30; [3], с. 17-34.

Дидактичні засоби: графопроєктор (приклади формалізації).

Завдання на СРС: Розглянути наведені приклади. Визначити узагальнену схему процесу (об'єкту). Ввести позначення для змінних (бажано вказати їх розмірність).

Лекція 5. Варіаційне обчислення. Задача Лагранжа. Майєра, Больца.

Завдання на СРС: Визначити загальну тему рішення оптимізаційної задачі.

Лекція 6. Критерії оптимальності.

Багатокритеріальні задачі, схеми компромісу: справедливий компроміс, принцип жорсткого пріоритету, метод "ідеалу".

[3], с. 17-34.

Дидактичні засоби: графопроєктор (приклади формалізації).

Завдання на СРС: Обґрунтувати критерії оптимальності як функцію від усіх або від частини змінних.

Лекція 7. Класифікація задач структурного синтезу.

Підходи до вирішення задач структурного синтезу. Проектні процедури.

Завдання на СРС: Приклади маршрутів проектування.

Лекція 8. Основні етапи аналізу і розв'язку оптимізаційних задач.

Множини допустимих рішень. Некоректність та регуляризація постановки задачі. Існування оптимальних рішень. Умови оптимальності вирішення задачі. Достатні умови оптимальності. Одержання рішень, обчислювальні алгоритми.

Приклад.

[2], с. 65-85; [3], с. 36-49.

Дидактичні засоби: графопроєктор (обчислювальні алгоритми).

Завдання на СРС: Виділити множини допустимих значень змінних. Привести автономні обмеження і умови, які зв'язують їх у сукупності змінних.

Тема 1.3. Оптимізація процесів, модульний підхід до одержання умов оптимальності

Лекція 9. Загальна характеристика задач оптимізації функціоналів.

Основні види критеріїв оптимальності, зв'язків та обмежень в варіаційних задачах оптимізації. Приклади.

[2], с. 85-90; [3], с. 83-95.

Дидактичні засоби: графопроєктор (приклади).

Завдання на СРС: дати повну структуру і намітити загальну схему вирішення оптимізаційної задачі.

Лекція 10. Необхідні умови оптимальності, модульний підхід

Модульний підхід для одержання умов оптимальності: канонічна задача, приведення критеріїв оптимальності до канонічної форми і одержання модулів, приведення зв'язків до канонічної форми і одержання R-модулів, формулювання умов оптимальності в модульній формі.

Приклади отримання умов оптимальності.

[2], с. 119—131.

Дидактичні засоби: графопроєктор (приклади).

Завдання на СРС: на прикладі канонічної задачі розглянути можливості модульного підходу.

Лекція 11. Принципи побудови екстремальних систем

[2], с.132-163

Завдання на СРС: приклади.

Лекція 12. Принципи побудови оптимальних по швидкодії систем

[2], с. 164-210

Завдання на СРС: Приклади.

Лекція 13. Динамічне програмування.

Принцип оптимальності Беллмана. Обчислювальні алгоритми вирішення задач оптимізації багатостадійних процесів.

[2], с. 90-95.

Дидактичні засоби: графопроєктор (приклади задач).

Завдання на СРС: проаналізувати індивідуальне завдання на предмет використання динамічного програмування для вирішення задачі.

Лекція 14. Принцип максимуму в модульній формі і приклади його використання.

Загальна схема алгоритму. Допоміжні правила і вимоги до умов задачі: правило побудови узагальненої функції Лагранжа, правило виділення змінних першої групи. Формулювання умов оптимальності.

Приклади задач. Обґрунтування умов оптимальності в модульній формі.

[1], с. 122-133; [2], с. 95-100.

Дидактичні засоби: графопроєктор (приклади оптимальних систем управління).

Завдання на СРС: проаналізувати індивідуальне завдання на предмет використання принципу максимуму для вирішення задачі. Дати висновки.

IV.3. Практичні заняття

Ціль практичних занять – закріплення знань, одержаних в теоретичному курсі. Оцінка одержаних знань проводиться по результатам виконання домашніх завдань, які пояснюються і видаються на практичних заняттях і спрямовані на розробку систем оптимального управління об'єктами.

Перелік тем практичних занять приведений у таблиці.

Тема	Тема практичного заняття	Зміст уміння (шифр)
Модуль 1. Теорія і методи оптимізації		
Тема 1 Практична робота 1,2 Практична робота 3	Загальна постановка задачі оптимального управління. Експериментальні визначення перехідних характеристик. Основні етапи формулювання оптимізаційної задачі. Формулювання задачі для системи з послідовним і паралельним включенням підсистем.	Проводити аналіз конструктивних і технологічних особливостей технологічного об'єкту управління та його технологічного регламенту
Тема 2 Практична робота 4 Практична робота 5	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 3 Практична робота 6 Практична робота 7 Практична робота 8, 9	Оптимізація процесів, модульний підхід до одержання умов оптимальності. Практичні схеми з використанням еволюційної оптимізації. Схеми з використанням динамічного програмування і принципу максимуму. Розробка і аналіз індивідуального завдання з дипломної роботи.	Вибирати метод вирішення задачі, вибирати алгоритм оптимізації програмно з використанням комп'ютерно-інтегрованого середовища (MATLAB, Multisim, Scilab/Scicos)

IV.4 Індивідуальні завдання

Ціль індивідуальних завдань - формування навиків та вмінь у постановці та розробці задачі оптимального управління в рамках теми, одержаної для дипломного проектування при проходженні виробничої практики. Оцінка одержаних знань проводиться по результатам поточного завдання, яке при подальшому поглибленні розробки може бути включене у вигляді складової частини в дипломний проект або магістерську роботу.

IV.5 Самостійна робота

Мета самостійної роботи – засвоєння окремих питань дисципліни, які не увійшли до аудиторних занять.

Питання до самостійної роботи.

Модуль 1. Теорія і методи оптимізації

Тема: практичне рішення задач оптимізації.

Процес рішення. Програми оптимізації. Тестові задачі і результати обчислень.

[9], с.336-360

IV. 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 переведення з діючого в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців.

IV.6 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 включається 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 темах 1.3.

V. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

При вивченні дисципліни виконуються практичні роботи (п.IV.3), індивідуальні завдання (п.IV.4) і контрольні роботи за індивідуальними завданням (п.IV.6), які захищаються викладачеві. За цих умов студент отримує залік.

VI. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література

1. Благодатских В.И. Введение в оптимальное управление (линейная теория): Учебник/ В.И.Благодатских. Под ред.В.А.Садовниченко. – М.:Высш.шк., 2001. – 239 с.
2. Куропаткин П.В. Оптимальные и адаптивные системы : Уч.пос. для вузов. – М.:Высш.шк., 1980. – 287 с.
3. Банди Б.Методы оптимизации. Вводный курс. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
4. Фельдбаум А.А.Основы теории +оптимальных автоматических систем. – М.:Наука, 1966. – 623 с.
5. Пантелеев А.В., Летова Т.А.Методы оптимизации в примерах и задачах: Уч.пос./А.В.Пантелеев, Т.А.Летова. – М.: Высш.шк., 2002. –544 с.

Додаткова література

6. Брайсон А., Хо Ю-Ши прикладная теория оптимального управления. – М.: Мир, 1972. – 389 с.
7. Системы: декомпозиция, оптимизация и управление / Сост. М.Сингх, А.Титли; Сокр.пер.с англ. – М.: Машиностроение, 186. 96 с.
8. Мочалов С.П.Методы оптимизации металлургических процессов: Уч.пос.- Кузбасский политехн.ин-т. – Новокузнецк: 1989. – 80 с.
9. Поляк Б.Т. «Введение в оптимизацию» .-М:Наука, 1983.-384с.
10. Гиля Ф., Мюррей У., Райт М. «Практическая оптимизация».-М: Мир, 1985-510с.

ДОДАТОК А

Склад модулів дисципліни «Теорія оптимального управління», розподіл часу на їх засвоєння, терміни контролю

N п/п	Стислий зміст модуля	Триместр	Загальна кількість годин	Кредити ECTS	Кількість ауд. годин	Форми та методи контролю	Тиждень проведення
1	Модуль 1. Теорія і методи оптимізації. Теорія вирішення оптимізаційних задач і методи оптимізації.	2а	90	3	45	Контрольні роботи за індивідуальним завданням	5 і 9

ДОДАТОК Б

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ

Дисципліни «Теорія оптимального управління»

Оцінка засвоєння знань з дисципліни «Теорія оптимального управління» та набутку умінь відбувається по результатам контрольних робіт і захисту індивідуального завдання. Кожен студент веде розробку задачі оптимального управління в рамках своєї теми. Оцінка за дисципліну в цілому складається за сумою балів, одержаних при виконанні двох контрольних робіт(максимум 2х30 балів) і по результатам захисту індивідуального завдання (максимум 40 балів).

Максимальна сума може бути 100 балів.