

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра технічного сервісу

«Затверджую»

**Завідувач кафедри
«Технічний сервіс»
«__»_____2019 р.**

_____ **(В.Б.Тарельник)**

Оптимальні та адаптивні системи

**Спеціальність: для аспірантів спеціальності
133 «Галузеве машинобудування»**

Факультет: *Інженерно-технологічний факультет*

2019 – 2020 навчальний рік

Робоча програма з дисципліни «*Оптимальні та адаптивні системи*» для аспірантів спеціальності *133 «Галузеве машинобудування»*.

Розробники: Кирик Г.В., д.т.н., Коноплянченко Є.В., к.т.н., доцент

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри *технічного сервісу*.
Протокол від «27» травня 2019 року № 16

Завідувач кафедри *технічного сервісу* _____ (Тарельник В.Б.)

Погоджено:

Декан факультету _____ (М.Я. Довжик)
на якому викладається дисципліна

Декан факультету _____ (М.Я. Довжик)
до якого належить кафедра

Методист навчального відділу _____ (_____)

Зареєстровано в електронній базі: дата: _____ 201__ р.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»	Вибіркова
Модулів – 2	Напрямок підготовки: Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»	Рік підготовки: 2019-2020
Змістових модулів: 2		Курс 2
Індивідуальне науково-дослідне завдання:		Семестр
Загальна кількість годин - 120		4-й
		Лекції
		44 год.
		Практичні
	44 год.	
	Лабораторні	
	-	
	Самостійна робота	
	32 год.	
	Індивідуальні завдання:	
	-	
	Вид контролю: залік	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання - 73/27 (88/32)

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: вивчення принципів створення систем оптимального та адаптивного управління, алгоритмів їх функціонування та методів оптимізації.

Завдання: отримання аспірантами, наукові дослідження яких пов'язані з *механотронікою*, практичних навичок та теоретичних знань у наступних питаннях: вивчення методів оптимізації систем автоматичного управління та об'єктів управління; опанування методиками формулювання задач оптимізації і використання засвоєних методів для їх розв'язання; набуття знань, умінь і навичок розробки систем оптимізації, оптимального й адаптивного управління.

Згідно затвердженої освітньо-наукової програми та навчального плану підготовки докторів філософії галузі знань 13 «Механічна інженерія», спеціальності «Галузеве машинобудування» вивчення дисципліни «Оптимальні та адаптивні системи» забезпечує:

- формування загальних компетенцій:

ЗК2. Здатність до критичного аналізу та оцінювання сучасних наукових досягнень, синтезу цілісних знань, комплексного вирішення проблем

ЗК3. Здатність до абстрактного креативного мислення, виявлення, отримання, систематизації, синтезу й аналізу інформації з різних джерел із застосуванням сучасних інформаційних технологій у науковій діяльності.

ЗК4. Здатність планувати і здійснювати комплексні дослідження на сучасному рівні з використанням новітніх інформаційних і комунікаційних технологій та дотриманням параметрів безпечної діяльності на основі цілісного системного наукового світогляду з використанням знань в області історії і філософії науки.

- формування спеціальних (фахових, предметних) компетенцій

СК1. Знання сучасних тенденції розвитку і найбільш важливі нові наукові досягнення в області галузевого машинобудування, а також у суміжних галузях

СК2. Фундаментальне наукове пізнання класичного та сучасного інструментарію дослідження явищ та процесів у галузевому машинобудуванні.

СК3. Здатність інтегрувати знання з інших дисциплін, застосовувати системний підхід та враховувати природничі і високотехнологічні процеси при розв'язанні інженерних задач та проведенні досліджень.

СК7. Здатність виявляти та розуміти причинно-наслідкові зв'язки між досліджуваними процесами та вихідними характеристиками об'єкту дослідження, ідентифікувати та оцінювати фактори впливу.

- програмні результати навчання:

ПРН3. Генерувати власні ідеї, приймати обґрунтовані рішення, розуміти та визначати мету власного наукового дослідження.

ПРН4. Володіти методами статистичного оброблення отриманих результатів наукових досліджень з використанням сучасних інформаційних технологій.

ПРН8. Уміти проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових наукових положень та ідей щодо галузевого машинобудування.

ПРН9. Бути здатним приймати обґрунтовані рішення, саморозвиватися і самовдосконалюватися, нести відповідальність за достовірність і новизну власних

наукових досліджень та прийняття рішень, вміти мотивувати співробітників рухатися до спільної мети.

ПРН12. Проводити професійну інтерпретацію отриманих результатів досліджень, в тому числі з використанням сучасного програмного забезпечення.

ПРН15. Використовувати сучасні інформаційні та комунікативні технології під час спілкування, обміну інформацією, збору, аналізу, оброблення, інтерпретації різних джерел.

ПРН18. Планувати створення інноваційних об'єктів та управляти ними протягом їх життєвого циклу.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 2. *Оптимальні системи.*

Тема 1. Класифікація та характеристика технологічних процесів як об'єктів управління.

Основні поняття і визначення . Класифікація систем управління і контролю. Варіаційні методи в теорії оптимального управління. CALS технології для керування та контролю машинобудівного виробництва. ERP. Огляд існуючих систем. CALS технології MRP рівень.

Тема 2. Математичний опис об'єктів управління.

Аналіз технологічного об'єкта управління. Рівняння системи в нормальній формі Коші. Способи переходу від системи диференціальних рівнянь до рівнянь стану.

Тема 3. Основні поняття та типи задач управління.

Мета та завдання управління. Критерії якості. Керованість, досяжність, спостережуваність. Класифікація задач оптимального управління. Приклади задач оптимального управління.

Тема 4. Методи варіаційного обчислення.

Основи варіаційного обчислення. Рівняння Ейлера. Умови Лежандра. Рівняння Ейлера-Пуассона. Задачі з рухомими кінцями. Екстремалі зі зламами. Задачі на умовний екстремум. Метод невизначених множників Лагранжа. Розв'язання задач оптимального управління варіаційними методами.

Тема 5. Метод динамічного програмування.

Принцип оптимальності. Застосування методу динамічного програмування для одновимірної дискретної задачі. Метод динамічного програмування в неперервній задачі. Рівняння Беллмана.

Тема 6. Принцип максимуму Понтрягіна.

Модифікований вектор стану. Умова оптимальності. Система сполучених рівнянь. Дискретний принцип максимуму.

Тема 7. Задача про максимальну швидкодію.

Визначення задачі про максимальну швидкодію.

Динамічне програмування в задачі про максимальну швидкодію. Оптимальне управління об'єктом другого порядку. Принцип максимуму в задачі про максимальну швидкодію.

Тема 8. Задача аналітичного конструювання регуляторів.

Поставлення задачі. Синтез регуляторів при жорстко заданій структурі. Синтез регуляторів методом варіаційного обчислення. Аналітичне конструювання регуляторів методом динамічного програмування. Аналітичне конструювання регуляторів за принципом максимуму.

Змістовний модуль 2. Адаптивні системи.**Тема 9. Загальні принципи синтезу адаптивних систем.**

Визначення систем управління з адаптивними властивостями.

Класифікація адаптивних систем. Схеми адаптивних систем. Об'єкти управління зі змінними параметрами.

Тема 10. Аналітичні системи, що самі налаштовуються (СНС) зі стабілізацією якості управління.

СНС із еталонною моделлю. СНС із моделлю, що налаштовується. Системи з пасивною адаптацією. Принципи побудови СНС систем управління та контролю. САРР. РДМ рівні управління.

Тема 11. Аналітичні СНС із оптимізацією якості управління.

Аналітичні СНС із налаштуванням за зовнішнім впливом. Аналітичні СНС із налаштуванням за характеристиками об'єкту управління. Системи параметричної оптимізації.

Тема 12. Принципи проектування пошукових СНС із оптимізацією якості управління.

Градентні методи пошуку екстремуму. Методи визначення градієнта. Пошукові СНС із оптимізацією якості управління.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	Усьо-го	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
Модуль 1. Оптимальні системи.												
Змістовий модуль 1. Оптимальні системи												
Тема 1. Класифікація та характеристика технологічних процесів як об'єктів управління.	6	4	-			2						
Тема 2. Математичний опис об'єктів управління.	6	4	-			2						
Тема 3. Основні	6	4	-			2						

поняття та типи задач управління.												
Тема 4. Методи варіаційного обчислення.	20	4	12			4						
Тема 5. Метод динамічного програмування.	6	4	-			2						
Тема 6. Принцип максимуму Понтрягіна.	8	4	4			-						
Тема 7. Задача про максимальну швидкість.	18	4	6			8						
Тема 8. Задача аналітичного конструювання регуляторів.	2	-	-			2						
Разом за змістовим модулем 1	72	28	22			22						
Модуль 2. Адаптивні системи												
Змістовий модуль 2. Адаптивні системи												
Тема 9. Загальні принципи синтезу адаптивних систем.	12	4	6			2						
Тема 10. Аналітичні системи, що самі налаштовуються (СНС) зі стабілізацією якості управління.	6	4	-			2						
Тема 11. Аналітичні СНС із оптимізацією якості управління.	16	4	8			4						
Тема 12. Принципи проектування пошукових СНС із оптимізацією якості управління.	14	4	8			2						
Разом за змістовим модулем 2	48	16	22			10						
Усього годин	120	44	44	-	-	32						

5. Теми та план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Класифікація та характеристика технологічних процесів як об'єктів управління. Основні поняття і визначення . Класифікація систем управління і	4

	контролю. Варіаційні методи в теорії оптимального управління. CALS технології для керування та контролю машинобудівного виробництва. ERP. Огляд існуючих систем.	
2	Тема 2. Математичний опис об'єктів управління. Аналіз технологічного об'єкта управління. Рівняння системи в нормальній формі Коші.	4
3	Тема 3. Основні поняття та типи задач управління. Мета та завдання управління. Критерії якості. Керованість, досяжність, спостережуваність. Класифікація задач оптимального управління.	4
4	Тема 4. Методи варіаційного обчислення. Основи варіаційного обчислення. Рівняння Ейлера. Умови Лежандра. Рівняння Ейлера-Пуассона. Задачі з рухомими кінцями. Екстремалі зі зламами. Задачі на умовний екстремум.	4
5	Тема 5. Метод динамічного програмування. Принцип оптимальності. Застосування методу динамічного програмування для одновимірної дискретної задачі. Метод динамічного програмування в неперервній задачі.	4
6	Тема 6. Принцип максимуму Понтрягіна. Модифікований вектор стану. Умова оптимальності. Система сполучених рівнянь. Дискретний принцип максимуму.	4
7	Тема 7. Задача про максимальну швидкодію. Визначення задачі про максимальну швидкодію. Динамічне програмування в задачі про максимальну швидкодію. Оптимальне управління об'єктом другого порядку.	4
8	Тема 9. Загальні принципи синтезу адаптивних систем. Визначення систем управління з адаптивними властивостями. Класифікація адаптивних систем. Схеми адаптивних систем.	4
9	Тема 10. Аналітичні системи, що самі налаштовуються (СНС) зі стабілізацією якості управління. СНС із еталонною моделлю. СНС із моделлю, що налаштовується. Системи з пасивною адаптацією. Принципи побудови СНС систем управління та контролю.	4
10	Тема 11. Аналітичні СНС із оптимізацією якості управління. Аналітичні СНС із налаштуванням за зовнішнім впливом. Аналітичні СНС із налаштуванням за характеристиками об'єкту управління.	4
11	Тема 12. Принципи проектування пошукових СНС із оптимізацією якості управління. Гradientні методи пошуку екстремуму. Методи визначення градієнта.	4
	Разом	44

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Задачі оптимізації функціоналів. Рівняння Ейлера-Лагранжа.	8
2	Задачі на умовний екстремум функціоналів.	4
3	Точний розв'язок задач варіаційного числення для	4

	двомірних задач.	
4	Точний розв'язок задач оптимального управління	6
5	Синтез оптимальних за швидкодією систем.	6
6	Наближені методи знаходження розв'язку крайових задач.	8
7	Синтез оптимальних системи автоматичного управління за допомогою методу динамічного програмування.	8
	Разом	44

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Класифікація та характеристика технологічних процесів як об'єктів управління. CALS технології MRP рівень.	2
2	Тема 2. Математичний опис об'єктів управління. Способи переходу від системи диференціальних рівнянь до рівнянь стану.	2
3	Тема 3. Основні поняття та типи задач управління. Приклади задач оптимального управління.	2
4	Тема 4. Методи варіаційного обчислення. Метод невизначених множників Лагранжа. Розв'язання задач оптимального управління варіаційними методами.	4
5	Тема 5. Метод динамічного програмування. Рівняння Беллмана.	2
6	Тема 7. Задача про максимальну швидкодію. Принцип максимуму в задачі про максимальну швидкодію.	2
7	Тема 8. Задача аналітичного конструювання регуляторів. Поставлення задачі. Синтез регуляторів при жорстко заданій структурі. Синтез регуляторів методом варіаційного обчислення. Аналітичне конструювання регуляторів методом динамічного програмування. Аналітичне конструювання регуляторів за принципом максимуму.	8
8	Тема 9. Загальні принципи синтезу адаптивних систем. Об'єкти управління зі змінними параметрами.	2
9	Тема 10. Аналітичні системи, що самі налаштовуються (СНС) зі стабілізацією якості управління. САРР. PDM рівні управління.	2
10	Тема 11. Аналітичні СНС із оптимізацією якості управління. Системи параметричної оптимізації.	4
11	Тема 12. Принципи проектування пошукових СНС із оптимізацією якості управління. Пошукові СНС із оптимізацією якості управління.	2
	Разом	32

8. Методи навчання

1. Методи навчання за джерелом знань:

1.1. *Словесні*: розповідь, пояснення, бесіда (евристична і репродуктивна), лекція, інструктаж.

1.2. *Наочні*: демонстрація, ілюстрація, спостереження.

1.3. *Практичні*: лабораторний метод, практична робота, вправа, виробничо-практичні методи.

2. Методи навчання за характером логіки пізнання.

2.1. *Аналітичний*

2.2. *Методи синтезу*

2.3. *Індуктивний метод*

3. Методи навчання за характером та рівнем самостійної розумової діяльності студентів.

3.1. *Частково-пошуковий (евристичний)*

3.2. *Репродуктивний*

3.3. *Пояснювально-демонстративний*

4. Активні методи навчання - використання технічних засобів навчання, диспути, використання проблемних ситуацій, самооцінка знань, імітаційні методи навчання (побудовані на імітації майбутньої професійної діяльності), використання навчальних та контролюючих тестів, використання опорних конспектів лекцій.

5. Інтерактивні технології навчання - використання мультимедійних технологій.

9. Методи контролю

1. Рейтинговий контроль за 100-бальною шкалою оцінювання ЄКТС

2. Проведення проміжного контролю протягом семестру (проміжна атестація)

3. Полікритеріальна оцінка поточної роботи здобувача:

- рівень знань, продемонстрований на практичних, лабораторних та семінарських заняттях;

- активність під час обговорення питань, що винесені на заняття;

- результати виконання та захисту лабораторних робіт;

- експрес-контроль під час аудиторних занять;

- самостійне опрацювання теми в цілому чи окремих питань;

- виконання аналітично-розрахункових завдань;

- написання рефератів, есе, звітів;

- результати тестування;

- письмові завдання при проведенні контрольних робіт;

4. Пряме врахування у підсумковій оцінці виконання здобувачем певного індивідуального завдання : - навчально-дослідна робота

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота												СРС	Разом за модулі та СРС	Тестування	Сума
Змістовий модуль 1 - 40 балів								Змістовий модуль 2 - 30 балів							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	15	85	15	100
4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		(70+ 15)		

T1, T2 ... T12 – теми змістових модулів, див. стор. 5.

11. Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
69-74	D	задовільно	
60-68	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

12. Рекомендована література

Базова

1. Лисенко В. П., Кузьменко Б. В., Головінський Б. Л. Оптимальні системи автоматичного управління: Навчальне видання, – К.: Видавничий центр НАУ, 2003. – 96 с., ил.
2. Александров А. Г. Оптимальные и адаптивные системы : учебн. пос. – М. : Электронная книга, 2003. – 278 с.
3. Штаєр, Л. О. Оптимальні та адаптивні системи : конспект лекцій / Л. О. Штаєр. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2015. - 52 с.

4. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування: підручник для студентів / М.Г.Попович, О.В. Ковальчук, Вид. 2-е. К.: Либідь, 2007 р. - 656 с.
5. Оптимальні та адаптивні системи: конспект лекцій / С. В. Соколов. – Суми : Сумський державний університет, 2012. – 165 с.
6. Романенко В. Д. Адаптивное управление технологическими процессами на базе микроЭВМ / В. Д. Романенко, Б. В. Игнатенко. – К. : Вища школа, 1990. – 334 с.
7. Лисенко В. П., Кузьменко Б. В., Ботвин В. Л., Кондратюк В. Г. Математичні моделі технологічних процесів та розрахунки за ними на ПК, Частина 2: Навчальне видання, – К.: Видавничий центр НАУ, 2001. – 35 с., ил.
8. Куропаткин П. В. Оптимальные и адаптивные системы. /Куропаткин П. В. — М. : Высш. шк., 1980. — 287 с.
9. Чураков Е. П. Оптимальные и адаптивные системы : уч. пос. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 256 с.

Допоміжна

- 10.Летова Т. А. , Пантелеев А. В. Методы оптимизации. Практический курс: учебное пособие, М.: Логос, 2011 - 424с.
- 11.Грешилов А. А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие. М.: Логос, 2006 - 288с.
- 12.Szuster M., Hendzel Z. Intelligent Optimal Adaptive Control for Mechatronic Systems, Series: Studies in Systems, Decision and Control Vol. 120, 1st ed. Springer, 2018, XI - 382 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68826-8>
- 13.Jorge Nocedal, Stephen J. Wright. Numerical Optimization // Springer, 2006. – 664 p.
- 14.George B. Dantzig, Mukund N. Thapa. Linear programming. 1: Introduction // Springer-Verlag, 1997.
- 15.George B. Dantzig, Mukund N. Thapa. Linear Programming. 2: Theory and Extensions // Springer-Verlag, 2003. - 474 p.
- 16.Лотов В.А., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений: учебное пособие. М.: МАКС Пресс, 2008. – 197 с.
- 17.Поддиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 256 с.
- 18.Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 240 с.
- 19.Корбут А.А., Финкельштейн Ю.Ю. Дискретное программирование. М.: Наука, 1969. – 370 с.
- 20.Хансен Э., Уолстер Дж. У. Глобальная оптимизация с помощью методов интервального анализа. Изд-во УдГУ, 2012. – 516 с.
- 21.F. Csaki, R. Bars and T. J. Higgins, "Modern Control Theories: Nonlinear, Optimal and Adaptive Systems," in IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. SMC-3, no. 5, pp. 530-531, Sept. 1973. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1973.4309292>

22. Belegundu, A. D., & Chandrupatla, T. R. (2019). Optimization Concepts and Applications in Engineering (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108347976>
23. Calafiore, G., & El Ghaoui, L. (2014). Optimization Models. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107279667>
24. Baldick, R. (2006). Applied Optimization: Formulation and Algorithms for Engineering Systems. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511610868>
25. Guenin, B., Könemann, J., & Tunçel, L. (2014). A Gentle Introduction to Optimization. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107282094>
26. Ponstein, J. P. (1980). Approaches to the Theory of Optimization. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511526527>
27. Sundaram, R. K. (1996). A First Course in Optimization Theory. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511804526>
28. Lau, L. C., Ravi, R., & Singh, M. (2011). Iterative Methods in Combinatorial Optimization. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511977152>
29. Jurdjevic, V. (2016). Optimal Control and Geometry: Integrable Systems. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316286852>