

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

Кафедра технічного сервісу

«Затверджую»

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

_____ **(В.Б.Тарельник)**

Моделювання та оптимізація технічних систем

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

Факультет: *Інженерно-технологічний факультет*

2019 – 2020 навчальний рік

Робоча програма з дисципліни *«Моделювання та оптимізація технічних систем»* 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

Програма вивчення навчальної дисципліни «Моделювання та оптимізація технічних систем» складена відповідно до освітньо-наукової програми та навчального плану підготовки докторів філософії галузі знань 13 «Механічна інженерія», спеціальності «Галузеве машинобудування». Дисципліна «Моделювання та оптимізація технічних систем» присвячена прикладним питанням вивчення особливостей формування методів досліджень за допомогою математичних моделей, принципів оптимізації технічних систем в машинах і механізмах, оптимізації технологічних процесів на виробництві.

Мета дисципліни – формування професійних та інформативних компетентностей, які базуються на основних положеннях, знаннях та навичках, що до теорії математичного моделювання технічних систем, оптимізації їх параметрів та організаційно-технічних систем і їх застосування в практичній і науковій роботі.

Предметом є закономірності створення та використання математичних моделей для оптимального проектування організаційно-технічних систем і технологічних процесів, що реалізують їх використання в області дослідження, виробництва і експлуатації машин.

Основним завданням вивчення навчальної дисципліни є формування комплексу знань, вмінь та уявлень з питань застосування сучасного математичного апарату в поєднанні з комп'ютерною технікою для математичного моделювання і оптимізації технічних систем і машин в процесі їх проектування і дослідження.

Компетентності:

ЗК.2 Здатність до критичного аналізу та оцінювання сучасних наукових досягнень, синтезу цілісних знань, комплексного вирішення проблем

ЗК.3 Здатність до абстрактного креативного мислення, виявлення, отримання, систематизації, синтезу й аналізу інформації з різних джерел із застосуванням сучасних інформаційних технологій у науковій діяльності.

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

Результати навчання:

ПРН2. Володіти методологічним інструментарієм проведення наукових досліджень у галузі «Механічна інженерія» зі спеціальності «Галузеве машинобудування», керуючись принципами академічної доброчесності та наукової етики.

ПРН 3. Генерувати власні ідеї, приймати обґрунтовані рішення, розуміти та визначати мету власного наукового дослідження.

ПРН 4. Володіти методами статистичного оброблення отриманих результатів наукових досліджень з використанням сучасних інформаційних технологій.

ПРН 7. Кваліфіковано відображати результати наукових досліджень у наукових статтях, опублікованих як у фахових вітчизняних виданнях, так і у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз.

ПРН 8. Уміти проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових наукових положень та ідей щодо галузевого машинобудування.

ПРН 9. 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.

ПРН 12. Проводити професійну інтерпретацію отриманих результатів досліджень, в тому числі з використанням сучасного програмного забезпечення.

ПРН 13. Професійно презентувати результати своїх досліджень на вітчизняних та міжнародних наукових конференціях, семінарах, в тому числі іноземною мовою у науковій, інноваційній та педагогічній діяльності.

ПРН 15. Використовувати сучасні інформаційні та комунікативні технології під час спілкування, обміну інформацією, збору, аналізу, оброблення, інтерпретації різних джерел.

ПРН 17. Ініціювати, організовувати та проводити комплексні дослідження з галузевого машинобудування, які приводять до отримання нових знань.

ПРН 18. Планувати створення інноваційних об'єктів та управляти ними протягом їх життєвого циклу.

ПРН 19. Розуміти шляхи впровадження результатів наукових досліджень з галузевого машинобудування у виробництво, навчальний процес та науку.

ПРН 21. Презентувати результати досліджень у вигляді дисертаційної роботи, захищати результати проведених досліджень.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. *Наукові основи моделювання технічних систем.*

Тема 1 *Методологія та моделювання системи.*

Поняття моделі. Логіка системного аналізу. Формування загальних уявлень про систему. Виявлення призначення, мети, головних цілей, функцій властивостей системи. Формування основних предметних понять що використовуються в системі. Формування поглиблених уявлень про систему. Моделювання системи, як етап її дослідження.

Тема 2. *Основні поняття теорії математичного моделювання.*

Сутність математичного моделювання. Моделювання – одна із основних технологій науково-технічної діяльності на етапі сталого розвитку суспільства. Систематичний підхід до моделювання.

Тема 3. Класифікація моделей машин та процесів як систем.

Поняття системи і моделі. Моделі статичні і динамічні, моделі процесів перетворень і систем. Розвинута класифікація математичних моделей. Детерміновані та стохастичні моделі. Динамічні та статичні моделі. Автоматичне, напівавтоматичне та інтегроване моделювання.

Тема 4. Методи статистичного та імітаційного моделювання.

Метод Монте-Карло. Імітаційне моделювання. Постановка задачі по імітаційному моделюванню. Метод імітаційного моделювання. Типова схема реалізації. Точність математичного моделювання.

Тема 5. Методи моделювання динамічних систем.

Динамічні системи з зосередженими параметрами. Коливання в механічних системах. Одномасні та багатомасні системи. Демпфірування коливань. Лінійні та нелінійні системи. Динамічна подібність та моделювання явищ, процесів та систем.

Тема 6. Ідентифікація об'єктів моделювання.

Поняття ідентифікації. Ідентифікаційний експеримент. Ідентифікація алгоритмічної і інформаційної моделей. Методи ідентифікації. Обчислювальні експерименти за допомогою математичних моделей.

Тема 7. Методи дослідження моделей.

Аналітичне і чисельне моделювання. Застосування математичного апарату для моделювання технічних систем.

Тема 8. Чисельне моделювання.

Похибки та властивості обчислювальних методів та алгоритмів. Методи обробки експериментальних даних. Інтерполяція, апроксимація, статистична і цифрова обробка даних

Змістовний модуль 2. Прикладні питання оптимізації технічних систем в машинах і механізмах, та технологічних процесів на виробництві.

Тема 9. Моделювання при оптимізації робочих процесів в техніці.

Введення у теорію оптимізації. Побудова задачі оптимізації. Математичне формулювання задачі оптимізації. Введення у теорію помилок. Аналіз помилок у алгоритмах. Безумовна оптимізація. Одномірний випадок. Багатомірний випадок. Оптимізація в умовах лінійних обмежень.

Тема 10. Застосування моделей для аналізу і оптимізації систем.

Модель, як складова частина оптимізації. Розробка моделей для оптимального прогнозування в техніці. Класифікація задач і методів прогнозування. Моделювання в задачах прийняття оптимальних рішень.

Тема 11. Складання звітів про виконання досліджень моделей технічних систем.

Прогнозування тенденцій розвитку та удосконалення об'єкту досліджень по аналізу функціональних критеріїв подібності. Оцінка техніко-економічної ефективності застосування методів моделювання при дослідженні машин.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1. Наукові основи моделювання технічних систем.												
Змістовий модуль 1. Наукові основи моделювання технічних систем.												
Тема 1. Методологія та моделювання системи.	8	4	-			4						
Тема 2. Основні поняття теорії математичного моделювання.	8	4	-			4						
Тема 3. Класифікація моделей машин та процесів як систем.	8	4	-			4						
Тема 4. Методи статистичного та імітаційного моделювання.	12	4	4			4						
Тема 5. Методи моделювання динамічних систем.	14	4	6			4						
Тема 6. Ідентифікація об'єктів моделювання.	12	4	4			4						
Тема 7. Методи дослідження моделей.	8	4	4			-						
Тема 8. Чисельне моделювання.	8	4	4			-						
Разом за змістовим модулем 1	78	32	22			24						
Модуль 2. Прикладні питання оптимізації технічних систем в машинах і механізмах, та технологічних процесів на виробництві.												
Змістовий модуль 2. Прикладні питання оптимізації технічних систем в машинах і механізмах, та технологічних процесів на виробництві.												
Тема 9. Моделювання при оптимізації робочих процесів в техніці.	14	4	6			4						
Тема 10. Застосування моделей для аналізу і оптимізації систем.	12	4	8			-						
Тема 11. Складання звітів про виконання досліджень моделей технічних систем.	16	4	8			4						

Разом за змістовим модулем 2	42	12	22			8					
Усього годин	120	44	44	-	-	32					

5. Теми та план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Методологія та моделювання системи. Поняття моделі. Логіка системного аналізу. Формування загальних уявлень про систему. Виявлення призначення, мети, головних цілей, функцій властивостей системи. Формування основних предметних понять що використовуються в системі.	4
2	Тема 2. Основні поняття теорії математичного моделювання. Сутність математичного моделювання. Моделювання – одна із основних технологій науково-технічної діяльності на етапі сталого розвитку суспільства.	4
3	Тема 3. Класифікація моделей машин та процесів як систем. Поняття системи і моделі. Моделі статичної і динамічної, моделі процесів перетворень і систем. Розвинута класифікація математичних моделей.	4
4	Тема 4. Методи статистичного та імітаційного моделювання. Метод Монте-Карло. Імітаційне моделювання. Постановка задачі по імітаційному моделюванню.	4
5	Тема 5. Методи моделювання динамічних систем. Динамічні системи з зосередженими параметрами. Коливання в механічних системах. Одномасні та багатомасні системи. Демпфірування коливань.	4
6	Тема 6. Ідентифікація об'єктів моделювання. Поняття ідентифікації. Ідентифікаційний експеримент. Ідентифікація алгоритмічної і інформаційної моделей. Методи ідентифікації.	4
7	Тема 7. Методи дослідження моделей. Аналітичне і чисельне моделювання. Застосування математичного апарату для моделювання технічних систем.	4
8	Тема 8. Чисельне моделювання. Похибки та властивості обчислювальних методів та алгоритмів. Методи обробки експериментальних даних. Інтерполяція, апроксимація, статистична і цифрова обробка даних	4
9	Тема 9. Моделювання при оптимізації робочих процесів в техніці. Введення у теорію оптимізації. Побудова задачі оптимізації. Математичне формулювання задачі оптимізації. Введення у теорію помилок. Аналіз помилок у алгоритмах. Безумовна оптимізація.	4
10	Тема 10. Застосування моделей для аналізу і оптимізації систем. Модель, як складова частина оптимізації. Розробка моделей для оптимального прогнозування в техніці. Класифікація задач і методів прогнозування. Моделювання в задачах прийняття	4

	оптимальних рішень.	
11	Тема 11. Складання звітів про виконання досліджень моделей технічних систем. Прогнозування тенденцій розвитку та удосконалення об'єкту досліджень по аналізу функціональних критеріїв подібності.	4
	Разом	44

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження сучасного програмного забезпечення, що застосовується при моделюванні та оптимізації технічних систем	8
2	Побудова одно факторних регресійних моделей	4
3	Побудова лінійної багатофакторної моделі	4
4	Фізичне моделювання робочого обладнання, складання структурно-логічних схем	6
5	Моделювання та оптимізація технічної системи методом лінійного програмування	6
6	Моделювання та оптимізація технічної системи методом динамічного програмування	8
7	Розробка фізичної моделі та методики досліджень технічної системи у відповідності з темою дисертаційної роботи	8
	Разом	44

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1 Методологія та моделювання системи. Формування поглиблених уявлень про систему. Моделювання системи, як етап її дослідження.	4
2	Тема 2. Основні поняття теорії математичного моделювання. Систематичний підхід до моделювання.	4
3	Тема 3. Класифікація моделей машин та процесів як систем. Детерміновані та стохастичні моделі. Динамічні та статичні моделі. Автоматичне, напівавтоматичне та інтегроване моделювання.	4
4	Тема 4. Методи статистичного та імітаційного моделювання. Метод імітаційного моделювання. Типова схема реалізації. Точність математичного моделювання.	4
5	Тема 5. Методи моделювання динамічних систем. Лінійні та нелінійні системи. Динамічна подібність та моделювання явищ, процесів та систем.	4
6	Тема 6. Ідентифікація об'єктів моделювання. Обчислювальні експерименти за допомогою математичних моделей.	4
7	Тема 9. Моделювання при оптимізації робочих процесів в техніці.	4

	Одномірний випадок. Багатомірний випадок. Оптимізація в умовах лінійних обмежень.	
8	Тема 11. Складання звітів про виконання досліджень моделей технічних систем. Оцінка техніко-економічної ефективності застосування методів моделювання при дослідженні машин.	4
	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	15	85 (70+ 15)	15	100
5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	10				

T1, T2 ... T11 – 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. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2013. – 201 с.

2. Дубовой В.М. Моделирование та оптимізація системи: підручник / Дубовой В.М., Кветний Р.Н., Михальов О.І., Усова А.В. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс», 2017. – 804с.
3. Зайцев, С.В. Оптимизация технических систем: учеб. пособие / С.В. Зайцев, М.Ю. Тимофеев. – М.: МАДИ, 2019. – 124 с
4. Кононюк А.Е. Основы теории оптимизации. Безусловная оптимизация Кн.2.Ч.1. Киев: "Освіта України", 2011. - 544 с.
5. Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В.С. Методы оптимизации: Учеб. для вузов/ Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. – 440 с.
6. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учеб. пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. – 2-е изд., исправл. – М.: Высш. шк., 2005. – 544 с.: ил.
7. Гартман, Т.Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : Учеб. пособие для вузов / Т.Н. Гартман, Д.В. Клушин. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. – 416 с.
8. Бурдо О.Г., Калинин Л.Г. Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах: Учебник. – Одесса: Друк, 2008. – 348с.
9. Интеллектуальное управление технологическими процессами (ферросплавное производство) : монография (научное издание) / Бодянский Е. В., Кучеренко Е. И., Михалев А. И., Филатов В. А., Гасик М. М., Куцин В. С. // под. ред. А. И. Михалева. – Днепропетровск : Национальная металлургическая академия Украины, 2013. – 213 с.
10. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя / Льюнг Л –М. : Наука, 1991. – 432 с.
11. Михалев А. И. Адаптивно-поисковые методы и алгоритмы оптимизации и идентификации динамических систем / Михалев А. И. – Киев : УМК ВО, 1992. – 68 с.

Допоміжна

1. Летова Т. А. , Пантелеев А. В. Методы оптимизации. Практический курс: учебное пособие, М.: Логос, 2011 - 424с.
2. Грешилов А. А. Прикладные задачи математического программирования: учебное пособие. М.: Логос, 2006 - 288с.
3. 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>
4. Calafiore, G., & El Ghaoui, L. (2014). Optimization Models. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107279667>
5. Baldick, R. (2006). Applied Optimization: Formulation and Algorithms for Engineering Systems. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511610868>
6. Levi, A. F. J., & Haas, S. (Eds.). (2009). Optimal Device Design. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511691881>

7. Levi, A. F. J., & Haas, S. (Eds.). (2009). *Optimal Device Design*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511691881>
8. Guenin, B., Könemann, J., & Tunçel, L. (2014). *A Gentle Introduction to Optimization*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107282094>
9. Ponstein, J. P. (1980). *Approaches to the Theory of Optimization*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511526527>
10. Messac, A. (2015). *Optimization in Practice with MATLAB®: For Engineering Students and Professionals*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316271391>
11. Sundaram, R. K. (1996). *A First Course in Optimization Theory*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511804526>
12. Lau, L. C., Ravi, R., & Singh, M. (2011). *Iterative Methods in Combinatorial Optimization*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511977152>
13. Jurdjevic, V. (2016). *Optimal Control and Geometry: Integrable Systems*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316286852>