

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем (№ 202)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи



(підпис)

Олег БАРАНОВ

(ініціали та прізвище)

«30» серпня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Моделювання та дослідження технічних систем

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: Роботомеханічні системи та комплекси

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)


Харків 2023 рік

Робоча програма «Моделювання та дослідження технічних систем»
(назва дисципліни)


для студентів за спеціальністю 131 Прикладна механіка
освітньою програмою Роботомеханічні системи та комплекси.

« 21 » _____ 06 _____ 2023р., – 12 с.

Розробник: Степаненко Д. Р., асистент каф. 202 _____
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)


(підпис)


Баранов О. О., д.т.н., професор каф. 202 _____
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Теоретичної механіки
машинознавства та роботомеханічних систем
(назва кафедри)

Протокол № 10 від «30» _____ червня _____ 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор
(наукова ступінь та вчене звання)


(підпис)

О.О. Баранов
(ініціали та прізвище)

2. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4	<p>Галузь знань 13 «Механічна інженерія» (шифр і найменування)</p> <p>Спеціальність «Прикладна механіка» (код і найменування)</p> <p>Освітня програма Роботомеханічні системи та комплекси (найменування)</p> <p>Рівень вищої освіти: другий (магістерський)</p>	Обов'язкова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2023/2024
Індивідуальне завдання _____ (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 64/120		1-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 3, 5		Лекції*
		32 годин
		Практичні, семінарські*
		32 годин
		Лабораторні*
	–	
Самостійна робота		
56 годин		
Вид контролю		
модульний контроль, іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: $64/56=1,14$.

* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення – формування знань і навичок формулювання моделей технічних систем та їх дослідження, розуміння процесів, що протікають у технічних системах. Оволодіння шляхами розробки моделей технічних систем.

Завдання – оволодіння навичками побудови моделей технічних систем, освоєння програмного продукту MATLAB для моделювання та дослідження технічних систем.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

1) Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми.

ЗК2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК4. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

ЗК5. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

2) Фахові компетентності спеціальності (ФК):

ФК1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

ФК2. Здатність описати, класифікувати та змодельовати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

ФК3. Здатність до самостійної роботи і ефективного функціонування в якості керівника групи.

ФК4. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, знання та пояснення до фахівців і нефахівців, зокрема і в процесі викладацької діяльності.

Програмні результати навчання:

РН3. Застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень, проектно-конструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в галузі робототехніки.

РН4. Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів робототехнічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп'ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації.

Міждисциплінарні зв'язки: вивчення курсу «Моделювання та дослідження ТС» є базою для вивчення курсів «Динаміка механічних систем» і написання кваліфікаційної роботи.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Основи математичного моделювання.

Тема 1. Математичне моделювання, поняття моделі, класифікація моделей.

Предмет теорії моделювання. Роль і місце моделювання в досліджуваних системах. Класифікація моделей. Моделювання в процесах пізнання і управління. Класифікація об'єктів моделювання. Основні етапи моделювання.

Тема 2. Технологія моделювання.

Створення концептуальної моделі. Підготовка вихідних даних. Розробка математичної моделі. Вибір метода моделювання.

Тема 3. Технологія моделювання.

Вибір засобів моделювання. Перевірка адекватності і корегування моделі.

Тема 4. Моделювання компонентів, форми представлення динамічних об'єктів.

Особливості моделювання компонентів технічних систем. Форми представлення динамічних об'єктів

Тема 5. Аналогове і цифрове моделювання.

Принципи аналогового моделювання. Точність і похибка отриманих рішень. Типовий алгоритм і структура програми для розв'язання диференціальних рівнянь

Тема 6. Моделювання не лінійності електромеханічних систем

Основні не лінійності електромеханічних систем. Інтерполяція і апроксимація нелінійностей. Розділені різниці і інтерполяційна формула Ньютона. Моделювання сил тертя ковзання і кочення. Моделювання механічної частини електропривода з урахуванням пружності. Моделювання зазору в механічній передачі.

Тема 7. Математичне моделювання електричних машин постійного струму.

Загальні положення та допущення. Математичне моделювання двигунів постійного струму. Моделювання генератора постійного струму. Підготовка даних для моделювання двигуна постійного струму.

Тема 8. Математичне моделювання асинхронних машин.

Розрахунок параметрів асинхронних двигунів за даними каталогу. Лінеаризована модель асинхронного двигуна. Система відносних одиниць асинхронного двигуна.

Модульний контроль 1

Змістовний модуль 2. Моделі елементів та моделі паралельних розрахунків.

Тема 9. Математичне моделювання замкнених систем автоматичного керування електроприводом.

Моделювання систем автоматичного керування з загальним суматором. Моделювання систем підпорядкованого керування.

Тема 10. Моделювання технологічних процесів і механізмів.

Моделювання механічної частини підйомної установки, електроприводів

турбомеханізмів, моделювання руху механічної частини суглоба робота маніпулятора.

Тема 11. Ідентифікація параметрів електроприводів.

Апроксимація перехідних характеристик елементарними динамічними ланками. Аперіодична перехідна характеристика. Коливальна перехідна характеристика. Методи апроксимації передатною функцією з запізнюванням.

Тема 12. Моделі на основі штучних нейронних мереж.

Загальні положення. Математична модель нейрона. Налагодження нейронної мережі для розв'язання задач. Застосування апарату штучних нейронних мереж в електроприводі.

Тема 13. Імітаційне моделювання.

Загальні положення методу. Формування значень випадкових величин. Моделювання дискретних розподілів.

Тема 14. Кінцеві автомати. Способи представлення.

Кінцеві автомати. Автомати. Марковані графи.

Тема 15. Графи операцій. Графи переходів.

Графи розрахунків. P/V системи. та інші.

Тема 16. Сітка Петрі.

Сітки Петрі. Розширені сітки Петрі

Модульний контроль 2

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усьо го	у тому числі			
		лекції	прак.р.	лаб.р.	сам.р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Основи математичного моделювання.					
Тема 1. Математичне моделювання, поняття моделі, класифікація моделей.	7	2	–	–	3
Тема 2. Технологія моделювання.	9	2	2	–	3
Тема 3. Технологія моделювання.	7	2	–	–	4
Тема 4. Моделювання компонентів, форми представлення динамічних об'єктів.	9	2	2	–	4
Тема 5. Аналогове і цифрове моделювання.	12	2	–	–	4
Тема 6. Моделювання нелінійності електромеханічних систем	9	2	2	–	4
Тема 7. Математичне моделювання електричних машин постійного струму	16	2	4	–	4
Тема 8. Математичне моделювання асинхронних машин	7	2	–	–	4
Модульний контроль 1	2		2		
Разом за змістовим модулем 1	78	16	12	–	30
Змістовий модуль 2. Моделі елементів та моделі паралельних розрахунків.					
Тема 9. Математичне моделювання замкнених систем автоматичного керування електроприводом.	21	2	4	–	5
Тема 10. Моделювання технологічних процесів і механізмів.	14	2	2	–	5
Тема 11. Ідентифікація параметрів електроприводів	16	2	4	–	5
Тема 12. Моделі на основі штучних нейронних мереж	7	2	–	–	5
Тема 13. Імітаційне моделювання	21	2	4	–	5
Тема 14. Кінцеві автомати. Способи представлення.	9	2	2	–	5
Тема 15. Графи операцій. Графи переходів	4	2	–	–	2
Тема 16. Сітка Петрі	8	2	2	–	4
Модульний контроль 2	2	–	2	–	–
Разом за змістовим модулем 2	102	16	20	–	36
Усього годин	180	32	32	–	56

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Знайомство з програмним середовищем MATLAB Simulink	2
2	Побудова моделей простих елементів в бібліотеці Simulink.	2
3	Вивчення та дослідження основних блоків Simscape	2
4	Вивчення та дослідження основних блоків Simscape	4
5	Вивчення та дослідження основних блоків Simhydraulic	2
6	Вивчення та дослідження основних блоків Simmechanics	2
7	Створення та дослідження моделі приводу ДПТ	2
8	Моделювання П, ПИ, ПИД регуляторів	4
9	Методи мінімізації функціонально блокової схеми.	2
10	Моделювання три ланкового маніпулятора.	8
11	Вивчення та дослідження мережі Петрі	2
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Оцінка і моделювання випадкових процесів	6
2	Моделювання випадкових сигналів	6
3	Оптимізація систем при випадкових обуреннях	6
4	Оптимальні слідкуючі системи, замкнуті системи	6
5	Аналогове і цифрове моделювання	6
6	Моделювання не лінійності електромеханічних систем	6
7	Математичне моделювання асинхронних машин	6
8	Математичне моделювання замкнених систем автоматичного керування електроприводом	7
9	Моделювання систем електропривода	7
	Разом	56

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (за необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Виконання та захист практичних робіт, письмовий модульний контроль, фінальний контроль (іспит) у вигляді підсумку балів за семестр, семестровий контроль (іспит).

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту у вигляді письмового іспиту (комплексне завдання). При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Всього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні

семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Складові білету семестрового іспиту	Бали за одне завдання	Кількість завдань	Сумарна кількість балів
Теоретичне запитання 1	0..20	1	0...20
Теоретичне запитання 2	0..30	1	0...30
Практичне завдання	0..50	1	0...50
Всього за семестровий іспит			0...100

Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування. Знати основні поняття та закони кінематики і динаміки маніпуляторів. Знати технологію моделювання. Знати основу моделювання приводів маніпуляторів. Виконати та захистити практичні роботи. Вміти самостійно формулювати однорідні матриці простих та складних перетворень, формулювати пряму та зворотну задачі кінематики маніпулятора. Вміти формувати модель маніпулятора (механіка, приводи, система керування) в системі MatLab Simulink.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, здати тестування. Вміти самостійно вирішувати пряму та зворотну задачі кінематики маніпулятора. Робити моделі приводів маніпулятора, механічної частини та системи керування. За допомогою викладача налаштовувати роботу моделі маніпулятора. Аналізувати та пояснювати результат роботи моделі.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

1. Роздавальний матеріал на кожному практичному занятті для виконання практичних робіт.
2. Робоча програма дисципліни.
3. Виконання типових завдань.
4. Питання, тести для контрольних заходів.

14. Рекомендована література

Базова

1. Дубовой В.М. Моделювання систем контролю та керування. – Вінниця: ВНТУ, 2005 <https://zavantag.com/docs/374/index-208295-1.html>
2. Чорний О. П. Моделювання електромеханічних систем: Підручник [текст] / О.П. Чорний, А.В. Луговой, Д.Й. Родькін, О.В. Садовой. – Кременчук, 2001. – 410с.
https://elprivod.nmu.org.ua/files/modeling/%D0%A7%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%95%D0%9C%D0%A1.pdf
3. MATLAB Simulink SimMechanics User's Guide COPYRIGHT 2001 – 2009 by The MathWorks. Ink. – 290 p.
4. Maxon motor [Електронний ресурс] Компанія Maxon motor. Режим доступа: <http://www.maxonmotor.com/maxon/view/content/products>
5. Corke P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB.– Springer, 2011.– 558 page.
https://www.academia.edu/43653746/Vision_and_Control_FUNDAMENTAL_ALGORITHMS_IN_MATLAB
6. Melchiorri C. Kinematic Model of Robot Manipulators. Presentation. Universit`a di Bologna. Електронний ресурс. Режим доступа: http://www-lar.deis.unibo.it/people/cmelchiorri/Files_Robotica/FIR_04_Kinem.pdf

Допоміжна

1. Пономаренко В.С. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів напрямку підготовки «комп'ютерні науки» освітньо-кваліфікаційного рівня магістр / Укл. С. В. Мінухін, І. О. Золотарьова, С. В. Знахур, О. В. Дорохов. – Харків.: Вид. ХНЕУ, 2001. – 48 с. (Укр. Мов.)
<https://drive.google.com/file/d/1PHd-8ZegdQiOH6Rz76G0wUnETYqDruT4/view?usp=sharing>
2. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / [Р. Н. Кветний, І. В. Богач, О. Р. Бойко та інші]; за заг. ред. Р. Н. Кветного. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 191 с.
<https://drive.google.com/file/d/1IjNZTRmfVNZjVkvR8oPtqZVRjwIQfqw6/view?usp=sharing>
3. Губарев О.П., Левченко О.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Програмовані контролери в системах керування гідропневмоавтоматики” (частина 2) студентам, що навчаються за фахом

“Гідравлічні і пневматичні машини”.– Київ, НТУУ “КПІ”, 2006.- 52 с.
<https://drive.google.com/file/d/1mb88uBReG-gjr70SSZnfWofsd-dYK-zM/view?usp=sharing>

4. TP201 Electropneumatics Basic level Workbook / Markus Pany, Sabine Scharf, Ralph-Christoph Weber, Frank Ebel - Festo Didactic SE, Rechbergst. 3,73770 Denkendorf, Germany, 2016. – 121 с. - <https://www.festo-didactic.com/int-en/services/printed-media/workbooks/pneumatics/electropneumatics,basic-level-tp-201-workbook-541090.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj44NjMuNTM2MA>.

5. Marcus Hoffman FluidSIM Pneumatics User’s guide /Dr. Daniel Quratolo, Dr. Marcus Hoffman Dr. habil. Benno Stein «Festo». 2001. – 277 с. - https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiOh5Pi-aftAhWsl4sKHYUXBi8QFjAAegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.lagos.udg.mx%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fadjuntos%2Fmanualfluidsimeng.pdf&usg=AOvVaw1C_uyGrF7NDK0wZ_Y2wC0O

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k202.tilda.ws/>

Сайт дисципліни <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2306>