

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 8/ 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету
комп'ютерно-інтегрованих
технологій, мехатроніки і
робототехніки

_____ 2023 р., протокол № _____

Голова Вченої ради

_____ Олексій ГРОМОВИЙ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Динаміка мехатронних систем»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Схвалено на засіданні кафедри
автоматизації та комп'ютерно-
інтегрованих технологій
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

25 січня 2023 р., протокол № 1

Завідувач кафедри

_____ Андрій ТКАЧУК

Гарант освітньо-професійної
програми

_____ Олександр ПІДТИЧЕНКО

Розробник: старший викладач кафедри автоматизації та комп'ютерно-
інтегрованих технологій ім. проф. Б.Б. Самотокіна БОГДАНОВСЬКИЙ Мартін

Житомир
2022 – 2023 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 8/ 2

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»	За вибором
Модулів – 2	Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»	Рік підготовки: 4-й
Змістових модулів – 2		Семестр
Індивідуальне науково-дослідне завдання (назва)		
Загальна кількість годин - 90		Лекції
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 3		24 год.
		Практичні
	Лабораторні	
	24 год.	
	Самостійна робота	
	42 год.	
	Вид контролю: Залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 53 % аудиторних занять, 47 % самостійної та індивідуальної роботи;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 8/ 3

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: ознайомлення студента із архітектурою та принципами побудови мехатронних систем, методами аналізу їх функціональних властивостей шляхом математичного моделювання кінематичних та динамічних характеристик. Вивчення та опису механічних властивостей руху та функціональних перетворень енергії, як необхідної основи подальшого проектування мехатронних пристроїв та складних електромеханічних систем з наперед заявленими характеристиками руху.

Завдання: отримання теоретичних знань та практичних навичок в таких питаннях, як:

1. перетворення систем координат руху і методи формування рівнянь кінематики;
2. методи формування рівнянь динаміки опорної та приводної частин систем;
3. математичне моделювання та аналіз характеристик руху електромеханічних систем;
4. алгоритмічне та програмне забезпечення моделювання кінематики та динаміки мехатронних пристроїв та структурні принципи їх побудови.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 8/ 4

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Мехатроніка. Поняття, характеристики, методи опису та моделювання мехатронних систем.

Тема 1. Вступ. Загальна структура та ієрархія мехатронних систем. Означення мехатроніки, та основні етапи її розвитку. Структура та ієрархія мехатронних пристроїв. Відмінні риси мехатронних систем від класичних систем автоматичного управління та електромеханіки руху. Функціональні характеристики, що висуваються до сучасних електромеханічних систем руху. Загальна методологія, структура та принцип побудови мехатронних пристроїв. Людино-машинний інтерфейс.

Тема 2. Мехатронні модулі руху. Еволюція створення мехатронних модулів руху (ММР). Побудова ММР, їх структура, як систем автоматичного управління. Споріднені та відмінні характеристики систем управління мехатронними модулями руху в порівнянні з класичними електромеханічними системами. ММР в машинобудуванні, характеристики та вимоги до забезпечення механічних характеристик руху з боку різних технологічних задач. Структурний аналіз мехатронних систем та ММР на основі показників функціонального навантаження. Мехатронні технології в сучасному верстатобудуванні, структура систем управління що їх реалізують та порівняння з класичними системами.

Тема 3. Основи кінематики та динаміки просторових механізмів мехатронних систем. Узагальнені системи координат просторових механізмів, афінні матричні та векторні перетворення координат руху матеріальних точок. Типи ланок та елементів передачі руху при описі кінематичних зв'язків. Приклади кінематичного опису маніпуляційних систем.

Змістовий модуль 2. Моделювання динаміки виконавчих механізмів та засоби програмної реалізації динаміки мехатронних систем.

Тема 1. Моделювання динаміки виконавчих механізмів на базі електродвигуна та гідروприводу. Основні компоненти функціонального перетворення енергії виконавчого приводу. Рівняння динаміки системи з голономними та не голономними зв'язками. Модель динаміки приводу на базі двигуна постійного струму (ДПС). Структурна схема заміщення двигуна. Формування зв'язаного графу динамічних параметрів ММР. Модель динаміки гідроприводу з силовим гідроциліндром. Структурна схема заміщення приводу. Формування зв'язаного графу динамічних параметрів ММР на базі гідроприводу. Автоматизоване формування рівнянь динаміки приводів та аналіз руху, що ними створюється.

Тема 2. Програмні засоби аналізу динаміки мехатронних систем. Математичний опис неперервних та дискретних процесів в мехатронних системах. Характеристики та інструментарій програмних середовищ MathCAD та MATLAB для моделювання динаміки мехатронних систем. Формалізація,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 8/ 5

чисельні методи та програмні функції MathCAD та MATLAB при реалізації кінематичних та динамічних перетворень.

Тема 3. Програмна реалізація рівнянь динаміки електроприводу та моделювання динаміки маніпуляційної систем робота з абсолютно жорсткими ланками. Реалізація закону управління електроприводом. Формування рівнянь динаміки електроприводу постійного та змінного струму. Моделювання руху виконавчого механізму, трансмісії. Формування узагальненої моделі динаміки маніпуляційної системи.

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин				
	денна форма				
	Всього	Лекції	Лабораторні	Практичні	Самостійна робота
2	3	4	5	6	7
Змістовний модуль 1					
Тема 1. Вступ. Загальна структура та ієрархія мехатронних систем.	15	4	4	-	6
Тема 2. Мехатронні модулі руху	15	4	4	-	6
Тема 3. Основи кінематики та динаміки просторових механізмів мехатронних систем.	15	4	4	-	8
Разом змістовний модуль 1	45	12	12	-	20
Змістовний модуль 2					
Тема 1. Моделювання динаміки виконавчих механізмів на базі електродвигуна та гідроприводу.	15	4	4	-	8
Тема 2. Програмні засоби аналізу динаміки мехатронних систем.	15	4	4	-	6
Тема 3. Програмна реалізація рівнянь динаміки електроприводу та моделювання динаміки маніпуляційної систем робота з абсолютно жорсткими ланками.	15	4	4	-	8
Разом змістовний модуль 2	45	12	12	-	22
ВСЬОГО	90	24	24	-	42

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 8/ 6

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження афінних перетворень систем координат для побудови кінематичної моделі промислових роботів.	4
2	Математичне моделювання та візуалізація габаритів промислового робота в середовищі MathCAD.	4
3	Розв'язання прямої та оберненої задач кінематики у середовищі MathCAD.	4
4	Моделювання характеристик приводів постійного змінного струму промислових роботів в середовищі MathCAD та MATLAB Simulink.	4
5	Знайомство з інтерфейсом та програмними можливостями системи автоматизованого проектування RoboDK.	4
6	Створення робочої сцени роботизованого технологічного комплексу за використанням системи автоматизованого проектування RoboDK.	4
	Разом	24

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Передумови розвитку мехатронних систем. Методологія створення та ринкові умови. Людино-машинний інтерфейс. Сучасні мехатронні системи та сфери їх застосування.	6
2	Типи рухомих ланок та способи задачі систем координат. Основні математичні операції над матрицями та векторами: добуток, векторний добуток, якобіан. Формалізм представлення динаміки за методом Ньютона-Єйлера. Рекурсивний метод формування рівнянь динаміки.	6
3	Принцип спонукання Даламбера. Врахування динамічних реакцій в ланках просторово розподілених систем. Автоматизовані методи формування рівнянь динаміки Лагранжа, Ньютона-Єйлера, Апеля.	8

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 8/ 7

4	Динамічні алгоритми керування маніпуляційними системами. Синтез керування рухом по заданій траєкторії. Алгоритми керування маніпуляційними системами з силовим зворотним зв'язком.	8
5	Програмне моделювання промислових роботів. Формування моделей динаміки передатних механізмів та трансмісій. Моделювання силових частин електроприводу та гідроприводу.	6
6	Основний інструментарій роботи MATLAB Simulink. Елементи моделювання систем силової електроніки в пакеті Sim Power System. Моделювання електричних машин в пакеті Sim Power System.	8
Разом		42

7. Методи навчання

Навчальний процес побудований на сполученні лекційних і практичних занять з самостійною роботою студентів.

Лекційні заняття призначені для теоретичного ознайомлення та узагальнення складних розділів курсу, що визначають основний матеріал та проблемні питання.

Практичні заняття призначені для демонстрації методів дослідження та математичного і комп'ютерного моделювання складових мехатронних систем, а також формування в студентах навичок і вмінь самостійного і творчого мислення при розв'язуванні науково-практичних задач.

8. Методи контролю

Кредитна модульна робота проводиться у вигляді письмової аудиторної роботи. До складу роботи входять теоретичні питання та практичні завдання у формі задач.

Кінцевим видом контролю є залік, що проводиться у письмовій формі за завданнями, сформованими з теоретичних і практичних питань до модулів.

9. Розподіл балів

Зимовий залік

Поточне тестування та самостійна робота (Модуль 1 та 2)					Сума	
Змістовий модуль №1			Змістовий модуль №2			100
Л1	МКР1	СР1	Л2	МКР2	СР2	
20	20	10	20	20	10	

МКР1–МКР2 – модульні контрольні роботи;

Л1–Л2 – оцінювання лабораторних задач;

СР1 – оцінювання самостійної роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.10- 05.01/151.00.1/Б/ВК9.1- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 8/ 8

Шкала оцінювання

За шкалою	Екзамен	Залік	Бали
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре	Зараховано	82-89
C			74-81
D	Задовільно	Зараховано	64-73
E			60-63
FX	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F		Не зараховано	0-34

10. Рекомендована література

Базова

1. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. Мехатроніка. Навчальний посібник. – К., 2012. - 357 с.
2. Дмитрів В. Т., Ланець О. С. Динаміка та точність роботів.: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 200 с.

Додаткова

4. Проектування промислових роботів та маніпуляторів: Навчальний посібник / Ковальов Ю.А., Кошель С.О., Манойленко О.П. К. : ЦУЛ, 2021. – 256с.
5. Щокін В.П. Моделювання електромеханічних систем: Навчальний посібник/ В.П. Щокін, Б.Т. Федосов, С.Г. Чорний, Івановська О.В., А.О. Жиленков. – К.: Кондор-Видавництво, 2014. – 204 с.с.

11. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://www.mathcad.com/en/blogs/complete-beginners-guide-ptc-mathcad>
[Електронний ресурс] - COMPLETE BEGINNERS GUIDE TO PTC MATHCAD
2. <https://nl.mathworks.com/help/matlab/getting-started-with-matlab.html>
[Електронний ресурс] - Get Started with MATLAB