

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 9/ 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

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

_____ 2023 р., протокол № ____

Голова Вченої ради

_____ Олексій ГРОМОВИЙ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Основи мехатроніки та робототехніки, промислові роботи»

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

Схвалено на засіданні кафедри
робототехніки, електроенергетики та
автоматизації ім. проф. Б.Б.

Самотокіна

25 січня 2023 р., протокол № 1

Завідувач кафедри

_____ Андрій ТКАЧУК

Гарант освітньо-професійної
програми

_____ Олександр ПІДТИЧЕНКО

Розробник: ст.викл. кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації
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 9/2

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 4	Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»	Нормативна (нормативна, за вибором)	
Модулів – 2	Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2022-2023	2022-2023
Загальна кількість годин - 90		Семестр	
		3	3
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 3 самостійної роботи - 3,37	Освітній ступінь «бакалавр»	Лекції	
		16 год.	4 год.
		Практичні	
		Лабораторні	
		32 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		42 год.	82 год.
Вид контролю: іспит			

Примітка.

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

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

для заочної форми навчання 8 % аудиторних занять, 92 % 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 9/ 3

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: Метою навчальної дисципліни є ознайомлення студента із основами побудови промислових роботів та проектування мехатронних систем, методами аналізу їх функціональних властивостей шляхом математичного моделювання кінематичних та динамічних характеристик. Розглянути основні задачі та принципи управління мехатронними системами. Представити електромеханічні властивості та системи управління мехатронних пристроїв. Розглянути програмне забезпечення та парадигму реалізації задач проектування та моделювання характеристик мехатронних систем та роботизованих комплексів.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

отримання студентами практичних навичок та теоретичних знань у наступних питаннях: опис функціональних та структурних властивостей мехатронних систем; перетворення систем координат руху і основи кінематики та динаміки мехатронних систем; математичне моделювання та аналіз характеристик руху електромеханічних систем; алгоритмічне та програмне забезпечення моделювання роботизованих комплексів та механізмів.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»:

ПРО4. Розуміти суть процесів, що відбуваються в об'єктах автоматизації (за галузями діяльності) та вміти проводити аналіз об'єктів автоматизації і обґрунтовувати вибір структури, алгоритмів та схем керування ними на основі результатів дослідження їх властивостей.

ПРО6. Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

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 9/ 4

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Вступ. Історія становлення та розвитку мехатроніки. Напрямки та ринок робототехніки. Означення мехатроніки, та основні етапи її розвитку. Структура та ієрархія мехатронних пристроїв. Відмінні риси мехатронних систем від класичних систем автоматики та електромеханіки руху. Функціональні характеристики, що висуваються до сучасних електромеханічних систем руху. Ринок робототехніки по галузях застосування.

Тема 2. Архітектура та концепція створення мехатронних систем, мехатронні принципи в робототехніці. Еволюція створення мехатронних систем. Структура взаємодії компонентів мехатронної системи. Споріднені та відмінні характеристики систем управління мехатронними модулями руху в порівнянні з класичними електромеханічними системами. Принцип супервізорного управління. Системи з еталонною моделлю. Принцип паралельного проектування та інверсного аналізу мехатронних систем. Структурний аналіз мехатронних систем на основі показників функціонального навантаження. Мехатронні технології в сучасному верстатобудуванні, структура систем управління що їх реалізують та порівняння з класичними системами.

Тема 3. Будова промислових роботів. Основні характеристики та задачі управління на прикладі промислових роботів KUKA та ABB. Сфери застосування промислових роботів по галузях та задачі управління. Представлення просторово-кінематичних властивосте промислових роботів. Будова промислових роботів, модульність та взаємозамінність елементів систем. Основні характеристики промислових роботів. Режими роботи. Способи управління промисловими роботами. Розрахунок нормативних показників роботи в складі роботизованого комплексу.

Тема 4. Основи кінематики просторових механізмів. Однорідні перетворення систем координат. 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.

Тема 1. Теорія та практика розв'язання задач кінематики промислови роботів. Узагальнена постановка задач управління промисловими роботами. Постановка задач кінематики для промислових роботів. Математичний базис опису кінематичних співвідношення мезанізмів передачі руху. Перетворення Дена віта-Хартенберга. Розв'язання обернених задач кінематики для плоського та об'ємного маніпулятора.

Тема 2. Основи динаміки мехатронних систем. Моделі приводної частини на базі електроприводу.

Основні компоненти функціонального перетворення енергії виконавчого приводу. Рівняння динаміки системи з голономними та не голономними зв'язками.

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 9/5

Модель динаміки приводу на базі двигуна постійного струму (ДПС). Структурна схема заміщення двигуна. Формування зв'язаного графу динамічних параметрів модуля руху. Модель динаміки гідроприводу з силовим гідроциліндром. Структурна схема заміщення приводу. Формування зв'язаного графу динамічних параметрів модуля руху на базі гідроприводу. Автоматизоване формування рівнянь динаміки приводів та аналіз руху, що ними створюється.

Тема 3. Основи методу зв'язаного графу для комплексного переставлення задачі аналізу та управління мехатронною системою.

Методи опису динаміки мехатронних систем. Основні поняття графоаналітичних методів, зв'язок з простором стану системи. Графоаналітичне представлення властивосте електромеханічної системи. Розв'язання задач передасі руху трансмісійної та маніпуляційної частини робота методом зв'язаних графів. Моделювання руху виконавчого механізму, трансмісії. Формування узагальненої моделі динаміки маніпуляційної системи.

Тема 4. Програмні засоби проектування та моделювання роботизованих систем та комплексів. Математичний опис неперервних та дискретних процесів в мехатронних системах. Характеристики та інструментарій програмних середовищ MathCAD та MATLAB для моделювання динаміки мехатронних систем. Формалізація, чисельні методи та програмні функції MathCAD та MATLAB при реалізації кінематичних та динамічних перетворень. Виртуальне проектування та управління промисловими комплексами: основи створення та програмування в програмному середовищі RoboDK.

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	Всього	Лекції	Лабораторні	Практичні	Самостійна робота	Всього	Лекції	Лабораторні	Практичні	Самостійна робота
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Змістовний модуль 1										
Тема 1. Вступ. Історія становлення та розвитку мехатроніки. Напрямки та ринок робототехніки.	11	2	4	-	5	11	1	-	-	10
Тема 2. Архітектура та концепція створення мехатронних систем, мехатронні принципи в робототехніці.	11	2	4	-	5	11	1	-	-	10
Тема 3. Будова промислових роботів. Основні характеристики та задачі управління на прикладі промислових роботів KUKA та ABB.	11	2	4	-	5	10	-	-	-	10

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 9/ 6

Тема 4. Основи кінематики просторових механізмів. Однорідні перетворення систем координат.	11	2	4	-	5	12	-	2	-	10
Разом змістовний модуль 1	44	8	16	-	20	44	2	-	2	40
Змістовний модуль 2										
Тема 1. Теорія та практика розв'язання задач кінематики промислової роботи. Узагальнена постановка задач управління промисловими роботами.	11	2	4	-	5	12	1	-	1	10
Тема 2. Основи динаміки мехатронних систем. Моделі приводної частини на базі електроприводу.	11	2	4	-	5	12	1	-	1	10
Тема 3. Основи методу графів для комплексного перетворення задачі аналізу та управління мехатронною системою.	12	2	4	-	6	10	-	-	-	10
Тема 4. Програмні засоби проектування та моделювання роботизованих систем та комплексів.	12	2	4	-	6	12	-	-	-	12
Разом змістовний модуль 2	46	8	16	-	22	46	2	-	2	42
ВСЬОГО	90	16	32	-	42	90	4	-	4	82

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Основи перетворень систем узагальнених координат для побудови кінематичної моделі промислових роботів.	4
2	Математичне моделювання та візуалізація габаритів промислового робота в середовищі MathCAD.	4
3	Розв'язання оберненої задачі кінематики у середовищі MathCAD для плоского двохланкового маніпулятора.	4
4	Моделювання характеристик приводів постійного струму промислових роботів в середовищі MathCAD	4
5	Моделювання характеристик пневмо- та гідроприводів постійного змінного струму промислових роботів.	4
6	Створення та симуляція переміщення промислового робота з урахуванням динаміки сервоприводів в середовищі MathCAD.	4
7	Знайомство з інтерфейсом та програмними можливостями системи автоматизованого проектування RoboDK.	4
8	Створення робочої сцени роботизованого технологічного комплексу за використанням системи автоматизованого проектування RoboDK.	4
Разом		32

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 9/ 7

6. Завдання для самостійної роботи

Самостійна робота студента є основним способом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових аудиторних занять. Мета виконання самостійної роботи – поглиблення, узагальнення і закріплення теоретичних знань і практичних умінь студентів з дисципліни. Самостійна робота студентів здійснюється у формі: підготовки до лекцій і лабораторних робіт.

Підготовка до лекцій передбачає самостійне вивчення теоретичного навчального матеріалу з кожної теми, наданого в основній та додатковій літературі, конспекті лекцій. Підготовка до лабораторних робіт здійснюється шляхом ознайомлення з методичними вказівками до виконання кожної лабораторної роботи.

№ 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.	10
2	Основні сфери та прикладні задачі застосування промислових роботів АBB на світовому ринку автоматизації.	10
3	Типи рухомих ланок та способи задачі систем координат. Основні математичні операції над матрицями та векторами: добуток, векторний добуток, якобіан.	10
4	Формалізм представлення динаміки за методом Ньютона-Сйлера. Рекурсивний метод формування рівнянь динаміки.	10
5	Принцип спонукання Даламбера. Врахування динамічних реакцій в ланках просторово розподілених систем. Автоматизовані методи формування рівнянь динаміки Лагранжа, Ньютона-Ейлера, Апеля.	10
6	Динамічні алгоритми керування маніпуляційними системами. Синтез керування рухом по заданій траєкторії. Алгоритми керування маніпуляційними системами з силовим зворотним зв'язком.	11
7	Програмне моделювання промислових роботів. Формування моделей динаміки передатних механізмів та трансмісій. Моделювання силових частин електроприводу та гідروприводу.	11
8	Основний інструментарій роботи MATLAB Simulink. Елементи моделювання систем силової електроніки в пакеті Sim Power System. Моделювання електричних машин в пакеті Sim Power System.	10
Разом		82

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 9/ 8

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 іспит, що проводиться у письмовій формі за завданнями, сформованими з теоретичних і практичних питань до модулів.

9. Розподіл балів

У накопичувальній заліково-екзаменаційній відомості структура балів для оцінювання навчальних досягнень студентів має наступну структуру: 40 балів за виконання і здачу лабораторних робіт, 20 балів на поточний контроль за всіма змістовними модулями (опитування), 40 балів за модульні контрольні роботи.

Іспит

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 9/9

Шкала оцінювання

За шкалою	Іспит	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

Основна література

1. Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. / Л.І. Цвіркун, Г. Грулер ; під заг. ред. Л.І. Цвіркуна ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 3-тє вид., переробл. і доповн. – Дніпро: НГУ, 2017. – 224 с.
2. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. Мехатроніка. Навчальний посібник. – К., 2012. - 357 с.

Допоміжна література

3. Проектування промислових роботів та маніпуляторів: Навчальний посібник / Ковальов Ю.А., Кошель С.О., Манойленко О.П. К. : ЦУЛ, 2021. – 256с.
4. Дмитрів В. Т., Ланець О. С. Динаміка та точність роботів.: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 200 с.
5. Палевін Л.Є. Синтез робото технічних систем в машинобудуванні.: Підручник / Л.Є. Палевін, К.І. Почка, О.М. Гаркавенка, Д.О. Міщук, І.В. Русан.: ТОВ «НВП Інтерсервіс», 2016. – 258с.
6. Морзе Н.В. Основи робототехніки: навчальний посібник / Н.В. Морзе, Л.О. ВарченкоТроценко, М.А. Гладун. – Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький О.А., 2016. – 184 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