



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

# Динаміка мехатронних та робототехнічних систем

### Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

### Інститут

Навчально-науковий інститут енергетики, електроніки та електромеханіки

### Освітня програма

Електропривод, мехатроніка та робототехніка

### Кафедра

Автоматизовані електромеханічні системи (129)

### Рівень освіти

Магістр

### Тип дисципліни

Професійна профільна підготовка

### Семестр

2

### Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



### Ткаченко Андрій Олександрович

[andrii.tkachenko@khpi.edu.ua](mailto:andrii.tkachenko@khpi.edu.ua)

Кандидат технічних наук, доцент кафедри Автоматизовані електромеханічні системи НТУ «ХПІ»

Досвід роботи – 10 років. Автор понад 30 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Основи мікропроцесорної техніки», «Основи мехатроніки», «Мікропроцесорний електропривод», «Спецкурс з вищої математики».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна спрямована на оволодіння методами побудови мехатронних систем та промислових роботів, вивчення їх кінематики та динаміки, принципів побудови електроприводів, систем керування, математичного та комп'ютерного моделювання, програмування.

### Мета та цілі дисципліни

Виробити у студента практичні навички щодо моделювання мехатронних та робототехнічних систем в пакеті Matlab (SimMechanics).

### Формат занять

Лекції, практичні заняття, розрахункове завдання, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

### Компетентності

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

K02. Здатність використовувати іноземну мову для здійснення професійної, науково-технічної діяльності та спілкування.

K03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

K04. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

- K05. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, працювати самостійно та в команді.
- K13. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.
- K14. Знання і розуміння сучасних технологічних процесів та систем технологічної підготовки виробництва, технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації електроенергетичного, електротехнічного і електромеханічного устаткування та обладнання.
- K15. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи та відповідне програмне забезпечення для вирішення науково-технічних проблем та проводити наукові дослідження в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
- K16. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань, в т.ч. при проектуванні та експлуатації об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
- K17. Здатність застосовувати аналітичні методи аналізу, математичне моделювання та виконувати фізичні, математичні і обчислювальні експерименти для розв'язання інженерних завдань та при проведенні наукових досліджень.
- K18. Здатність застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання типових завдань інженерної та наукової діяльності в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.
- K22. Здатність аналізувати сучасний стан та визначати тенденції розвитку систем електропривода та теорії автоматичного керування, систем числового керування мехатронними системами, металорізальними верстатами, промисловими і мобільними роботами.
- K23. Здатність використовувати сучасні методи математичного апарату при проектуванні електромеханічних і мехатронних систем та мікропроцесорних систем керування електроприводами.
- K25. Здатність розробляти та розраховувати схеми електротехнічних установок різного призначення, визначати склад їх обладнання та розраховувати режими їх роботи.
- K26. Здатність застосовувати сучасні засоби обчислювальної техніки, комунікації та зв'язку при проведенні технічних розрахунків засобів автоматизації підприємств та конструюванні мехатронних систем та модулів.
- K27. Здатність використовувати сучасні методи конструювання та розрахунку окремих мехатронних систем та модулів та методи математичного і комп'ютерного моделювання для дослідження динамічних характеристик мехатронних та робототехнічних систем.

## **Результати навчання**

- ПР02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні.
- ПР03. Опанувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.
- ПР05. Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексах і системах.
- ПР06. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.
- ПР08. Здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності.
- ПР10. Дотримуватися принципів та правил академічної доброчесності в освітній та науковій діяльності.
- ПР12. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. Числове програмне керування мехатронними системами.
- ПР14. Реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу.
- ПР15. Вирішувати професійні задачі з проектування, монтажу та експлуатації електроенергетичних, електротехнічних, електромеханічних комплексів та систем.

ПР16. Опанувати нові методи синтезу електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних установок та систем із заданими показниками.

ПР18. Аналізувати сучасний стан та визначати тенденції розвитку систем електропривода та теорії автоматичного керування, систем числового керування мехатронними системами, металорізальними верстатами, мобільними та промисловими роботами.

ПР19. Вміти використовувати сучасні методи математичного апарату при проектуванні електромеханічних систем, мікропроцесорних систем керування електроприводами мехатронних систем.

ПР21. Вміти застосовувати сучасні засоби обчислювальної техніки, комунікації та зв'язку при проведенні технічних розрахунків автоматизації підприємств та конструюванні мехатронних систем та модулів.

ПР22. Вміти використовувати сучасні методи конструювання та розрахунку окремих мехатронних систем та модулів та методи математичного і комп'ютерного моделювання для дослідження динамічних характеристик мехатронних та робототехнічних систем.

## **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 90 год. (3 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні роботи – 16 год., самостійна робота – 42 год.

## **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Для успішного проходження курсу необхідно мати кваліфікацію 1 (бакалаврського) рівня підготовки освітньої програми "Електропривод, мехатроніка та робототехніка" або інших освітніх програм спеціальності "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка".

## **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

Під час проведення занять використовуються словесні, наочні та практичні методи навчання. При проведенні лекцій використовується підготовлений та заздалегідь розданий студентам текст лекцій. При цьому з'являється можливість більш детального розгляду деяких розділів лекційного матеріалу та проведення поточного контролю. Практичні заняття пов'язані з конкретизацією і закріпленням теоретичних знань, отриманих на лекціях, вирішенням завдань з розрахунку та моделювання промислових маніпуляторів. Студент виконує індивідуальне розрахункове завдання по розрахунку координат робочого органу дволанкового маніпулятора, розробці комп'ютерної моделі в пакеті MATLAB та моделюванню руху на ЕОМ. Самостійна робота є основним засобом засвоєння навчального матеріалу в час, вільний від обов'язкових видів навчальної діяльності. Студент повинен вивчити теми за рекомендованою літературою, зазначеною робочою програмою навчальної дисципліни.

## **Програма навчальної дисципліни**

### **Теми лекційних занять**

**Тема 1. Вступ. Історія розвитку роботів. Класифікація мехатронних та робототехнічних систем.** Етапи розвитку мехатронних та робототехнічних систем. Їх класифікація за призначенням, способом керування, кількістю й типом електроприводів, вантажопідймальністю, швидкодією, точністю руху.

**Тема 2. Кінематика маніпуляторів промислових роботів. Поняття про кінематичну пару. Типові кінематичні пари.**

Завдання кінематики. Кількість ступенів свободи. Кінематичні пари, ланки та з'єднання. Класифікація кінематичних пар за характером взаємного контакту ланок та кількістю зв'язків. Кінематичні пари 1-5 класів.

**Тема 3. Системи координат. Узагальнені координати. Матриці повороту та переміщення.** Системи координат маніпулятора. Узагальнені координати, їх переваги в порівнянні з декартовими. Геометричний зміст та властивості матриці повороту.

**Тема 4. Рівняння кінематики маніпулятора. Пряма та зворотна задачі кінематики.** Основні задачі кінематики. Особливості вирішення зворотної задачі. Неоднозначності, що виникають.

**Тема 5. Кінетична та потенціальна енергія маніпулятора. Рівняння руху.**

Момент інерції  $J$ , кінетична  $T$  та потенціальна  $\Pi$  енергія ланок. Рівняння руху маніпулятора з обертальними зчленуваннями.

**Тема 6. Методи опису динаміки маніпуляторів. Рівняння динаміки на основі рівнянь Лагранжа II роду.**

Методи Ньютона-Ейлера та Лагранжа-Ейлера. Пряма та зворотна задачі динаміки маніпуляторів. Етапи вирішення задач.

**Тема 7. Побудова траєкторії руху маніпулятора.**

Автономне планування траєкторії та позиційне керування. Особливості врахування перешкод руху.

**Тема 8. Системи керування промислових роботів. Передавальні функції з'єднань.**

Багаторівнева структура системи керування промислових роботів. Характеристики рівнів. Передавальні функції обертальних та поступальних з'єднань.

**Тема 9. Структурні схеми електроприводів роботів. Класифікація електроприводів. Особливості сервосистем.**

Структурна схема лінеаризованого електроприводу маніпулятора. Урахування нелінійностей. Структурна схема пружної передачі. Система позиційного керування.

**Тема 10. Сприйнятливість роботів. Методи вимірювання в дальній та ближній зоні. Індуктивні, ємкісні, ультразвукові, тактильні датчики.**

Вимірювання відстані до об'єкту за часом проходження сигналу. Принцип дії індуктивних, ємкісних, ультразвукових, тактильних датчиків.

**Тема 11. Математичне та комп'ютерне моделювання руху маніпулятора.**

Методи чисельного вирішення рівнянь руху. Блок-схема комп'ютерної програми.

**Тема 12. Моделювання та візуалізація руху маніпулятора в пакеті MATLAB.**

Створення комп'ютерної моделі маніпулятора з використанням блоків бібліотеки Simulink. Моделювання руху на основі диференційних рівнянь.

**Тема 13. Особливості застосування блоків пакету SimMechanics при моделюванні.**

Характеристики блоків твердих тіл Bodies, шарнірних з'єднань Joints, пружно-в'язких елементів Force Elements, збуджувачі та ресстратори руху Sensors&Actuators.

**Тема 14. Програмування роботів. Характеристики роботоорієнтованих мов програмування.**

Етапи розробки керуючої програми. Роботоорієнтовані мови AL та AML. Переваги проблемно-орієнтованих мов програмування.

**Тема 15. Мобільний робот DaNI Robotics Starter kit. Характеристики та взаємозв'язок модулів робота.**

Призначення робота DaNI Robotics, вирішувани завдання. Характеристики двигуна, перетворювача, оптичного енкодера, ультразвукового датчика, сервоприводу, пристрою комп'ютерного керування NI 9632 Single-Board.

**Тема 16. Програмування робота DaNI Robotics Starter kit в пакеті LabVIEW.**

Бібліотеки пакету LabVIEW Robotics. Налаштування та зв'язок блоків.

## **Теми практичних занять**

**Тема 1. Знаходження координат  $(X, Y, Z)$  робочого органу дволанкового маніпулятора по його кінематичній схемі і заданій орієнтації ланок.**

**Тема 2. Знаходження узагальнених координат  $(Q_1, Q_2)$  робочого органу дволанкового маніпулятора по заданому положенню.**

**Тема 3. Знаходження узагальнених прискорень  $(a_1, a_2)$  по заданим зусиллям та моментам робочого органу дволанкового маніпулятора.**

**Тема 4. Знаходження зусиль та моментів, діючих в з'єднаннях дволанкового маніпулятора.**

**Тема 5. Створення моделі маніпулятора з 2, 3, 4 ланками.**

**Тема 6. Візуалізація відпрацювання заданого закону руху.**

**Тема 7. Розробка керуючої програми знаходження та об'їзду перешкод. Перевірка виконання програми в різних умовах.**

**Тема 8. Розробка керуючої програми слідкування за об'єктом, що рухається. Перевірка виконання програми.**

## Теми лабораторних робіт

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбачені.

## Самостійна робота

Курс передбачає виконання індивідуального розрахункового завдання «Розрахунок кінематичної схеми дволанкового маніпулятора. Моделювання руху». За результатами розрахунків та моделювання оформлюється письмовий звіт. Після перевірки звіту студент повинен захистити розрахункове завдання.

## Література та навчальні матеріали

### Основна література

1. Грабченко А.І., Клепиков В.Б., Доброскок В.Л., Крижний Г.К., Аніщенко М.В., Кутовий Ю.М., Пшеничников Д.О., Гаращенко Я.М. Вступ до мехатроніки. Навчальний посібник. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – 274 с.
2. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. Мехатроніка. Навчальний посібник. – Київ, 2012. – 357 с.
3. Костюк В. І., Спиноу Г. О., Ямпольський Л. С., Ткач М. М. Робототехніка. Підручник. – К.: Вища школа. – 1994. – 447 с.
4. Цвіркун Л.І., Грулер Г. Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро: НГУ, 2017. – 224 с.
5. Михайлов Є.П. Маніпулятори та промислові роботи [Текст]: підручник / Михайлов Є.П., Лінгур В.М. – Одеса: ОНПУ, 2019, -233 с.
6. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод. – К.: Либідь, 2005. – 678 с.
7. Frank L.Lewis. Robot Manipulator Control Theory and Practice / Frank L.Lewis, Darren M.Dawson, Chaouki T.Abdallah. – New York, 2004. – 607p. – (Marcel Dekker).
8. Greer, R. Advances in Control Systems for Construction Manipulators / Greer, R., Haas, C., Gibson, G. – Austin, 2014. – 615 p. – (ISARC).
9. Getting Started with the LabVIEW Robotics Starter Kit. – National Instruments Corporation. – 2012.
10. Sumathi S., Surekha P., LabVIEW based Advanced Instrumentation Systems. – Berlin: Springer, 2007. – 727 p.

### Додаткова література

1. Пелевін Л.Є., Почка К.І., Гаркавенко О.М. Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні – К.: Інтерсервіс. – 2016. – 258 с.
2. Robert H. Bishop. Mechatronic System Control, Logic, and Data Acquisition. Boca Raton: CRC Press, 2008. 755 p.
3. Робототехніка та дрони [Електронний ресурс]: <https://robotics.ua>

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді екзамену (60%) практичних занять (20%) та індивідуального розрахункового завдання (20%)

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис  
21.09.2023

Завідувач кафедри  
Богдан ВОРОБІЙОВ

Дата погодження, підпис  
21.09.2023

Гарант ОП  
Віра ШАМАРДІНА