

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інформаційних технологій

Тетяна ГОВОРУЩЕНКО

\_\_\_\_\_ 2024 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Проектування та моделювання робототехнічних систем

Титульний  
Спеціальність

17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації  
174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка  
денної форми навчання (магістратура)

Оквісія програми

Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та  
робототехніка (освітньо-професійна)

Статус дисципліни обов'язкова, дисципліна професійної підготовки

Факультет

Інформаційних технологій

Кафедра

Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Форма навчання	Курс	Семестр	Загальне навантаження		Кількість годин						Курсовий проєкт	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
			Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ІРС			Залік	Іспит
					Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
д	1 маг	1	5	150	72	36	36			78				+

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Програма складена:

  
Підпис

Денис МАКАРИШКІН

Схвалена на засіданні кафедри Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Протокол № 1 від 30.08.2024 р.


Зав. кафедри Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

  
Підпис

Валерій МАРТИНЮК  
Ім'я, прізвище

Робоча програма розглянута та схвалена Вченою радою факультету інформаційних технологій

Голова Вченої ради

  
Підпис

Тетяна ГОВОРУЩЕНКО  
Ім'я, прізвище

Хмельницький 2024

## ВСТУП

**Мета викладання дисципліни.** Метою дисципліни "Проектування та моделювання робототехнічних систем" є: 1) ознайомлення із базовими принципами проектування та експлуатації інтелектуальних мехатронних модулів та роботизованих виробничих систем, а також типовими прикладами їх побудови та функціонування; 2) формування у студентів умінь і навичок в галузі комплексної автоматизації виробничих процесів різного призначення із застосуванням сучасних гнучких засобів автоматизації – мехатронних пристроїв і промислових роботів.

**Предмет дисципліни.** Будова, принцип дії та основні методи проектування і експлуатації мехатронних виробничих систем та їх елементів.

**Завдання дисципліни.** Надати студентам знання і практичні навички, які дозволяють виконувати аналіз та синтез складних робототехнічних систем та комплексів на основі синергетичних взаємозв'язків та інформаційних характеристик; формування прикладних практичних навиків об'єктно орієнтованого проектування робототехнічних систем та комплексів (реалізація програмного забезпечення).

Після вивчення дисципліни "Робототехнічні та інтелектуальні мехатронні пристрої і системи" студент має досягти таких результатів навчання (сукупність знань, умінь, навичок, компетентностей):

**знати:**

- об'єкт дисципліни, предмет дисципліни, задачі дисципліни, проблематику дисципліни та її основні розділи;
- основні поняття мехатроніки і робототехніки, принципи побудови мехатронних пристроїв, модулів та систем;
- будову та принцип дії промислових роботів, маніпуляторів та їх окремих модулів, класифікацію мехатронних модулів, роботів і маніпуляторів, їх основні технічні характеристики;
- принципи розробки та використання програмного забезпечення для промислових роботів і роботизованих комплексів; основні прийоми керування мехатронними модулями за допомогою мікроконтролерів.

**уміти:**

- застосовувати знання для самостійного проектування структури мехатронних систем;
- використовувати сучасні інформаційні технології для розробки та налаштування програмне забезпечення для керування маніпулятором або мобільним роботом;
- здійснювати пошук інформації в різних джерелах для аналізу та обирати робототехнічні засоби для автоматизації конкретних технологічних процесів.

**бути здатним:**

- аналізувати та обирати робототехнічні засоби для автоматизації конкретних технологічних процесів;
- самостійно проектувати структуру мехатронних систем;
- розробляти та налаштовувати програмне забезпечення для керування маніпулятором або мобільним роботом.

**Компетентності, на формування яких спрямовано ОК:**

Інтегральна. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності та характеризується комплексністю та невизначеністю умов і вимог

ФК1. Здатність здійснювати автоматизацію складних технологічних об'єктів та комплексів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв

ФК2. Здатність проектувати та впроваджувати високонадійні системи автоматизації та їх прикладне програмне забезпечення, для реалізації функцій управління та опрацювання інформації, здійснювати захист прав інтелектуальної власності на нові проєктні та інженерні рішення

ФК4. Здатність аналізувати виробничо-технологічні системи і комплекси як об'єкти автоматизації, визначати способи та стратегії їх автоматизації та цифрової трансформації

ФК7. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

ФК8. Здатність розробляти функціональну, технічну та інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованих систем управління організаційно-технологічними комплексами із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, програмно-технічних керуючих комплексів, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв та засобів людино-машинного інтерфейсу

ФК10. Здатність розробляти цифрові двійники компонентів та кіберфізичних систем керування розумних мереж, технологій цифрової трансформації розподілених систем генерації та накопичення електроенергії на основі мікромереж

***Програмні результати навчання, на забезпечення яких спрямовано ОК:***

ПРН1. Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв

ПРН2. Створювати високонадійні системи автоматизації з високим рівнем функціональної та інформаційної безпеки програмних та технічних засобів

ПРН7. Аналізувати виробничо-технічні системи у певній галузі діяльності як об'єкти автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації та цифрової трансформації

ПРН9. Розробляти функціональну, організаційну, технічну та інформаційну структури систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, розробляти програмно-технічні керуючі комплекси із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв, засобів людино-машинного інтерфейсу та з урахуванням технологічних умов та вимог до управління виробництвом

ПРН10. Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об'єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами

ПРН12. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її

ПРН13. Розробляти і використовувати інтелектуальні системи автоматизації сонячної енергетики

ПРН14. Розробляти і використовувати цифрові двійники компонентів та кіберфізичних систем керування розумних мереж, технологій цифрової трансформації розподілених систем генерації та накопичення електроенергії на основі мікромереж.

## ПРОЕКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Тип дисципліни	Обов'язкова
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Мова викладання	Українська
Семестр	1
Кількість встановлених кредитів ЄКТС	5
Форми здобуття вищої освіти	Денна

**Результати навчання.** Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв (1); Створювати високонадійні системи автоматизації з високим рівнем функціональної та інформаційної безпеки програмних та технічних засобів(2); Аналізувати виробничо-технічні системи у певній галузі діяльності як об'єкти автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації та цифрової трансформації (7); Розробляти функціональну, організаційну, технічну та інформаційну структури систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, розробляти програмно-технічні керуючі комплекси із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв, засобів людино-машинного інтерфейсу та з урахуванням технологічних умов та вимог до управління виробництвом (9); Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об'єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами (10); Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її (12); Розробляти і використовувати інтелектуальні системи автоматизації сонячної енергетики (13); Розробляти і використовувати цифрові двійники компонентів та кіберфізичних систем керування розумних мереж, технологій цифрової трансформації розподілених систем генерації та накопичення електроенергії на основі мікромереж (14).

**Зміст навчальної дисципліни:** Засоби для проектування інтегрованих мехатронних систем. Проектування систем автоматизації на основі промислових роботів та їх розрахунок. Застосування приводів промислових роботів. Дослідження систем керування на основі промислових роботів. Дослідження автоматизованого технологічного обладнання на основі інтегрованих у них мехатронних систем. Дослідження систем технічного зору в робототехнічних комплексах. Методи виявлення рухомих об'єктів інтелектуальних систем технічного зору на стрічкових конвеєрних лініях. Дослідження конструкцій промислових та мобільних роботів. Приклади застосування мехатронних систем в автомобільному, водному та повітряному транспорті. Дослідження конструкцій технологічних машин-гексаподів. Методи конструювання мехатронних систем. Методи інтеграції мехатронних модулів. Моделювання процесів динаміки мехатронних систем. Проблеми та сучасні методи керування мехатронними системами. Багаторівневе керування в мехатронних системах. Інтелектуальні методи керування. Синтез нечіткого регулятора електроприводу постійного струму. Синтез комплексного закону керування електроприводом постійного струму за допомогою нечіткої логіки.

**Запланована навчальна діяльність:** лекції - 34 год., лабораторні заняття - 34 год., самостійна робота - 82 год.; разом - 150 год.

**Методи навчання:** словесні, наочні, проблемно-пошукові, проблемного навчання і візуалізації; методи комп'ютерного моделювання.

**Форми оцінювання результатів навчання:** захист лабораторних робіт; усне опитування, підсумковий контрольний захід

**Вид семестрового контролю:** іспит.

**Навчальні ресурси:**

1. Моделювання роботи маніпулятора в програмному середовищі Tia Portal V.15.1./ Майдан П.С., Макаришкін Д.А., Михайловський Ю.Б., Золотенко Е.О. // Вісник Хмельницького національного університету Серія: «Технічні науки», 2022. - №4. С. 150-158.
2. Робототехнічні системи: проектування і моделювання [Електронний ресурс]: навч. Посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / М. М. Поліщук, М.М. Ткач; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 41,6 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 112 с.
3. Проектування промислових роботів та маніпуляторів: Навчальний посібник / Ковальов Ю.А., Кошель С.О., Маноїленко О.П.. — К.: ЦУЛ, 2021. — 256 с.. — (МОН України. КНУ технологій та дизайну). — ISBN 978-611-01-1690-9
4. Нікольський Ю. В. Системи штучного інтелекту : навч. посіб. / Ю. В. Нікольський, В.В. Пасічник, Ю. М. Щербина. — Львів : Магнолія, 2021. — 280 с
5. Троцько В.В. Методи штучного інтелекту: навчально-методичний і практичний посібник. — Київ: Університет економіки та права «КРОК», 2020 – 86 с Youngsu Cho. Screw based kinematic calibration method for robot manipulators with joint compliance using circular point analysis / Youngsu Cho, Hyun Min Do, Joono Cheong -Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 60, Issue CDec - 2019 pp 63–76.
6. Моделювання роботи та візуалізація стану стрічкового конвеєра в програмному середовищі TIA PORTAL v.15.1 (повідомлення 1) / Слободян А.С., Макаришкін Д.А., Майдан П.С., Соколан Ю.С. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2022. - №2. - С. 96-107.
7. Debashish Roy. Computer Vision Application in Industrial Automation / Debashish Roy - Letterkenny Institute of Technology Port Road, Letterkenny Co. Donegal, Ireland.- 14 February 2021.
8. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua>.
9. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: <http://library.khmnua.edu.ua>

**Викладачі:** к.т.н., доцент Макаришкін Денис Анатолійович, к.т.н.

## 1 СТРУКТУРА ЗАЛКОВИХ КРЕДИТІВ ДИСЦИПЛІНИ

Назва теми	Кількість годин, відведених на:		
	лекції	лабораторні роботи	самостійну роботу
<i>Тема 1.</i> Мехатронні системи в різних сферах виробничої діяльності.	16	10	36
<i>Тема 2.</i> Технології та засоби побудови мехатронних модулів та систем.	8	16	22
<i>Тема 3.</i> Методи керування мехатронними модулями та системами.	10	8	24
<b>Разом за семестр:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>82</b>

## 2.1 Зміст лекційного курсу

№ лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кільк. годин
	<i>Перший семестр</i>	
	<b>Тема 1. Мехатронні системи в різних сферах виробничої діяльності.</b>	
1	<b>Засоби для проектування інтегрованих мехатронних систем. Засоби провідних фірм Siemens та АВВ.</b> Двигуни-редуктори (мотор-редуктори), мехатронні поворотні модулі руху на основі двигунів з високим моментом, мехатронні модулі лінійного руху, мехатронні модулі типу «двигун-робочий орган», інтелектуальні мехатронні модулі руху. Літ.: [1], [2], [4]	2
2	<b>Проектування систем автоматизації на основі промислових роботів та їх розрахунків. Застосування на моделі технологічної лінії фірми Siemens.</b> Методи розрахунку кінематики промислових роботів. Основні завдання мехатроніки в контексті проектування промислових роботів, які використовуються в комп'ютерно-інтегрованих системах керування. Приклад розрахунку кінематики промислового робота. Літ.: [2], [5]	2
3	<b>Застосування приводів промислових роботів. Дослідження систем керування на основі промислових роботів.</b> Приводи промислових роботів (ПР) в контексті проектування систем автоматизації. Методи обґрунтування вибору технічних засобів пневматичних приводів ПР. Дослідження конструкції пневматичних приводів ПР. Моделювання роботи ПР з пневматичним приводом. Дослідження конструкції гідравлічного приводу ПР. Синтез систем керування на основі промислових роботів. Програмування промислових робототехнічних систем та дослідження їх циклової роботи. Літ.: [1], [2], [5]	2
4	<b>Дослідження автоматизованого технологічного обладнання на основі інтегрованих у них мехатронних систем. Застосування на моделі технологічної лінії фірми Siemens.</b> Проектування складальних робототехнічних комплексів та мехатронних систем. Літ.: [1], [2], [3], [4]	2
5	<b>Дослідження систем технічного зору в робототехнічних комплексах. Приклад системи технічного зору на роботі-маніпуляторі Niryo One із стрічковим конвеєром.</b> Критерії оцінювання роботизованих систем зору. Методи перетворення координат. Дослідження розташування камер огляду. Аналіз додатків Vision System. Дослідження систем 3D-бачення. Синтез структур та алгоритми роботи систем технічного зору. Літ.: [1], [2], [3], [4]	2
6	<b>Методи виявлення рухомих об'єктів інтелектуальних систем технічного зору на стрічкових конвеєрних лініях.</b> Дослідження слідкуючих систем технічного зору в робототехнічних та інтелектуальних мехатронних комплексах. Моделювання систем комп'ютерного зору. Методи обробки зображень, які здійснюють слідкування за рухомими об'єктами. Метод слідкування за рухомими об'єктами на основі систем комп'ютерного зору. Літ.: [1], [2], [3], [4]	2
7	<b>Дослідження конструкцій промислових та мобільних роботів. Модель мобільної системи Zumo Robot.</b> Моделювання та дослідження промислових роботів. Моделювання та дослідження мобільних роботів військового призначення. Дослідження роботів для війни на морі. Дослідження бойової безпілотної авіації. Літ.: [1], [2]	2
8	<b>Приклади застосування мехатронних систем в автомобільному, водному та повітряному транспорті.</b> Дослідження системи комплексної безпеки автомобіля. Light-Imaging Detection and Ranging або Laser Measurement Sensor, LMS. Мехатронні системи на рельсовому транспорті. Мехатронні системи в легких транспортних засобах. Мехатронні системи на водному транспорті. Мехатронні системи в авіації. Мехатронні системи	2

	транспортування і складування на виробництві Літ.: [1], [2]	
9	<b>Дослідження конструкцій технологічних машин-гексаподів.</b> Дослідження та моделювання паралельних механізмів: гексапод, ротопод, дельта-механізм, трипод. Дослідження машин-гексаподів в машинобудуванні. Літ.: [3], [4]	2
	<b>Тема 2.</b> Технології та засоби побудови мехатронних модулів та систем.	
10	<b>Методи конструювання мехатронних систем.</b> Методи та алгоритми проектування багаторівневої мехатронної системи. Синтез інтерфейсів мехатронної системи. Літ.: [1], [2]	2
11	<b>Методи інтеграції мехатронних модулів.</b> Метод виключення проміжних перетворювачів і інтерфейсів. Метод об'єднання елементів мехатронного модуля. Метод перенесення функціонального навантаження на інтелектуальні пристрої. Літ.: [1], [2]	2
12	<b>Моделювання процесів динаміки мехатронних систем.</b> Методи математичного моделювання та проектування мехатронних систем. Автоматизація моделювання динаміки мехатронної системи. Порівняльний аналіз методів динаміки. Метод зв'язкових графів. Моделювання та автоматизація динаміки систем з використанням методу зв'язкових графів. Літ.: [1], [2], [3], [5]	2
	<b>Тема 3.</b> Методи керування мехатронними модулями та системами.	
13	<b>Проблеми та сучасні методи керування мехатронними системами. Багаторівневе керування в мехатронних системах. Інтелектуальні методи керування. Приклади провідних фірм Siemens.</b> Синтез узагальнених координат маніпулятора. Дослідження виконавчого, тактичного, стратегічного та інтелектуального рівні керування. Літ.: [1], [2]	2
14	<b>Проблеми та сучасні методи керування мехатронними системами. Багаторівневе керування в мехатронних системах. Інтелектуальні методи керування. Приклади провідних фірм Siemens.</b> Дослідження системи керування виконавчого, тактичного і стратегічного рівнів. Синтез функціональних схем систем керування. Моделювання блок-схеми контурного силового керування. Синтез структури системи керування стратегічного рівня. Способи програмування траєкторій технологічних роботів. Літ.: [1], [2], [3]	2
15	<b>Проблеми та сучасні методи керування мехатронними системами. Багаторівневе керування в мехатронних системах. Інтелектуальні методи керування. Приклади провідних фірм Siemens.</b> Моделі і алгоритми інтелектуальних систем для рухомих робототехнічних та мехатронних систем різного призначення. Моделювання інтелектуальної системи керування переміщення робота маніпулятора по запланованій траєкторії. Літ.: [1], [2], [3]	2
16	<b>Синтез нечіткого регулятора електроприводу постійного струму на основі електроприводів фірм АВВ та Siemens.</b> Синтез нечіткого регулятора з одним входом та виходом. Основні компоненти нечіткого логічного висновку. Фаззифікатор. Дефаззифікатор. Оптимізація нечіткого регулятора. Літ.: [1], [2], [3]	2
17	<b>Синтез комплексного закону керування електроприводом постійного струму фірм АВВ та Siemens за допомогою нечіткої логіки.</b> Налаштування швидкодіючого регулятора. Налаштування точного регулятора. Підвищення точності. Синтез комбінованого керування. Літ.: [1], [2], [3]	2
	<b>Разом:</b>	34

## 2.2 Зміст лабораторних занять

№ п/п	Тема лабораторного заняття	Кількість годин
1	Моделювання задач кінематики роботів-маніпуляторів Niryо One та Siemens для стрічкових конвеєрних ліній.	4
2	Моделювання конфігураційного простору маніпулятора Niryо One та Siemens для стрічкових конвеєрних ліній.	4
3	Дослідження матричного представлення положення маніпуляторів Niryо One та Siemens для стрічкових конвеєрних ліній.	4
4	Моделювання кривошипно-коромислового та кривошипно-повзунного механізмів.	4
5	Моделювання роботи маніпулятора фірми Siemens.	4
6	Моделювання роботи стрічкового конвеєра на основі роботи маніпулятора фірми Siemens.	4
7	Дослідження нечіткої логіки в системах керування.	4
8	Математичне моделювання нейромережових систем керування.	4
9	Підсумкове заняття	2
<b>Разом:</b>		<b>34</b>



### 2.3 Зміст самостійної (індивідуальної) роботи

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кіл-сть годин
1	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т1. Підготовка до виконання лабораторної роботи №1.	4
2	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т2. Підготовка до захисту лабораторної роботи.	4
3	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т3. Підготовка до виконання лабораторної роботи №2.	4
4	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т4. Підготовка до захисту лабораторної роботи.	4
5	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т5. Підготовка до виконання лабораторної роботи №3.	4
6	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т6. Підготовка до захисту лабораторної роботи.	4
7	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т7. Підготовка до виконання лабораторної роботи №4.	4
8	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т8. Підготовка до захисту лабораторної роботи.	4
9	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т9. Підготовка до виконання лабораторної роботи №5.	4
10	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т10. Підготовка до захисту лабораторної роботи.	4
11	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т11. Підготовка до виконання лабораторної роботи №6.	6
12	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т12. Підготовка до захисту лабораторної роботи.	6
13	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т13. Підготовка до виконання лабораторної роботи №7.	6
14	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т14. Підготовка до захисту лабораторної роботи.	6
15	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т15. Підготовка до виконання лабораторної роботи №8.	6
16	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т16. Підготовка до захисту лабораторної роботи.	6
17	Опрацювання теоретичного матеріалу з Т17. Захист лабораторних робіт.	6
<b>Разом:</b>		<b>82</b>

### 3. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних методів. Зокрема, лекції проводяться в основному словесними методами та із застосуванням мультимедійних систем, а лабораторні заняття проводяться з використанням інформаційних технологій, практикумів і мають за мету – набуття студентами практичних навичок з дисципліни.

### 4. ФОРМИ І МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточний контроль здійснюється під час лекційних та лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочим планом дисципліни. Семестровий контроль проводиться у формі іспиту (підсумкової контрольної роботи). При цьому при виведенні остаточної оцінки враховуються результати поточного контролю.

Перед вивченням дисципліни, як правило, проводиться вхідний контроль знань з

дисциплін, що їй передують і забезпечують. При цьому необхідно встановити рівні та критерії сформованості знань щодо змісту навчальних елементів. Такими рівнями є:

Ознайомчо-орієнтовний (ОО) – особа має орієнтовне уявлення щодо понять, які вивчаються, здатна: моделювати та проектувати програмні системи, оцінювати якість програмного забезпечення на системному рівні; взаємодіяти та працювати в команді при проектуванні програмних систем: володіти методами і засобами підтримки командної роботи, планувати та ефективно організовувати роботу, соціальну комунікацію та безперервний контроль якості результатів роботи; діяти у складних і непередбачуваних умовах, що потребує застосування нових підходів, креативності, самостійного пошуку помилок, оцінювання своєї поведінки та постійного самовдосконалення; проводити дослідницьку та/або інноваційну діяльність в галузі системної інженерії.

Понятійно-аналітичний (ПА) – особа має чітке уявлення щодо навчального об'єкту, здатна перенести раніше засвоєні знання на типові ситуації.

Продуктивно-синтетичний (ПС) – особа має глибоке розуміння щодо навчального об'єкту, здатна здійснювати синтез, генерувати нові ідеї та уявлення, переносити раніше засвоєні знання на нетипові, нестандартні ситуації.

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за чотирибальною шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних зданих позитивно з врахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих її видів робіт. Студент, який набрав позитивний середньозважений бал за поточну роботу і не здав підсумковий контрольний захід (іспит), вважається невстигаючим.

При оцінюванні знань студентів викладач керується такими критеріями.

Оцінку „відмінно”, за шкалою ECTS – А, отримує студент за глибоке і повне опанування змісту навчального матеріалу, в якому він легко орієнтується, понятійного апарату, за уміння зв'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає грамотний, логічний виклад відповіді (як в усній, так і в письмовій формі), якісне зовнішнє оформлення. Студент повинен набути практичних навичок із прикладного застосування аспектів системного аналізу при проектуванні програмних систем. Оцінка "відмінно" виставляється студенту, який глибоко засвоїв основні принципи прикладного застосування аспектів системного аналізу та вміє раціонально застосовувати системний аналіз при проектуванні програмних систем. Студент не повинен вагатися при видозміні запитання, повинен робити детальні та узагальнюючі висновки.

Оцінку „добре”, за шкалою ECTS – В, отримує студент за повне засвоєння навчального матеріалу, володіння понятійним апаратом, орієнтування у вивченому матеріалі, свідоме використання знань для вирішення практичних завдань, грамотний виклад відповіді, але у змісті і формі відповіді мали місце окремі неточності (похибки), нечіткі формулювання закономірностей тощо. Відповідь студента повинна будуватись на основі самостійного мислення.

Оцінку „добре”, за шкалою ECTS – С, отримує студент за правильну відповідь з однією-двома суттєвими помилками.

Оцінки "задовільно", за шкалою ECTS – D, заслуговує студент, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, що справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент слабо знає структуру курсу, допускає помилки у відповіді, засвоїв і набув практичних навичок з прикладного застосування аспектів системного аналізу при проектуванні програмних систем, але припустився неточностей. Вагається при відповіді на видозмінене запитання, разом з тим студент володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.

Оцінки "задовільно", за шкалою ECTS – E, заслуговує студент за неповне опанування програмного матеріалу, але отримані знання і набуті практичні навички із прикладного застосування аспектів системного аналізу при проектуванні програмних систем.

Оцінка „незадовільно”, за шкалою ECTS – FX, виставляється, коли студент має розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань.

Як правило, оцінка "незадовільно", за шкалою ECTS – F, виставляється студенту, який не може продовжити навчання без додаткових знань з курсу.

На основі результатів поточного контролю і підсумкового контрольного заходу виставляється підсумкова семестрова оцінка. На основі аналізу контролю знань викладач удосконалює курс лекцій, звертаючи особливу увагу на ті розділи, чи теми, з яких було найбільше неточних відповідей, що свідчить про методичні чи інші недоліки при висвітленні вказаних тем або розділів.

Аналогічно вносяться корективи в методичні посібники для лабораторних робіт, детальніше розглядаються принципові питання при виконанні лабораторних робіт та їх захисті.

### Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання

Аудиторна робота	Семестровий контроль, іспит
Лабораторні роботи №: 1-8	Підсумковий контрольний захід
ВК*: 0,6	0,4

*Примітка:* ВК – ваговий коефіцієнт.

Підсумкова семестрова оцінка за національною шкалою і шкалою ECTS встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ECTS наведені у таблиці.

### Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ECTS

Оцінка ECTS	Інституційна інтервальна шкала балів	Вітчизняна оцінка, критерії	
		Оцінка	Критерії
A	4,75–5,00	5	<b>Відмінно</b> – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навиків
B	4,25–4,74	4	<b>Добре</b> – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками
C	3,75–4,24	4	<b>Добре</b> – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками
D	3,25–3,74	3	<b>Задовільно</b> – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією
E	3,00–3,24	3	<b>Задовільно</b> – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання
FX	2,00–2,99	2	<b>Незадовільно</b> – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни
F	0,00–1,99	2	<b>Незадовільно</b> – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни

## 5. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ СТУДЕНТІВ

1. Особливості застосування в інтегрованій системі функціональних блоків, які входять до мехатронної системи?
2. Вплив функціональних блоків мехатронних систем на інтегровану систему керування та їх призначення?
3. Які загальні ознаки та у чому відмінність систем електроприводу та мехатронної системи в контексті проектування інтегрованих систем?
4. Особливість синергетичного ефекту мехатронного модуля та яким методом його можна виявити?
4. У яких напрямках промислової автоматизації найбільш широко використовуються мехатронні системи та модулі?
5. Проблеми застосування інтелектуальних мехатронних пристроїв та систем у промисловій автоматизації.
6. У чому полягає поняття терміну мехатронний об'єкт в контексті автоматизованих ліній?
7. Яким мехатронним рівням може відповідати технічний об'єкт? Наведіть приклади.
8. Дослідження різниці між поняттям мехатронний пристрій, мехатронна система, багаторівнева мехатронна система та мехатронний комплекс?
9. Дослідження мехатронності технічних об'єктів у промисловій автоматизації та її особливість?
10. Принципи та проблеми побудови інтегрованих систем на основі мехатронних систем?
11. Метод використання мехатронних систем при комп'ютерному керуванні рухом?
12. Функціональне призначення пристроїв комп'ютерного керування в мехатронній системі чи модулі та особливості їх інтеграції (використання) в автоматизації?
13. Метод мехатронного підходу до проектування.
14. Аналіз переваг та недоліків мехатронного підходу при створенні машин з комп'ютерним керуванням у порівнянні з традиційними засобами автоматизації?
15. Аналіз та особливості мехатронних модулів при їх використанні у системі життєзабезпечення?
16. Моделі мехатронних систем?
17. У чому відмінність і в чому подібність мехатронних систем автомобіля – антиблокувальній системи гальм та системи тягового контролю?
18. Регулювання яких параметрів забезпечує покращення характеристик систем керування ефективною роботою електродвигуна?
19. Методи та способи зчитування інформації з датчиків інтегрованими системами керування роботою електродвигуна автомобіля?
20. Оптимальні умови використання систем керування підвіскою?
21. Модель спрацювання подушки безпеки?
22. Моделі інтегрованих навігаційних систем?
23. Методи та особливості використання безпровідних технологій в мехатронних системах?
24. Моделювання радара і ладара (лідара)?
25. Методи зчитування інформації безпілотного автомобіля робота під час моніторингу навколишнього середовища?
26. Метод застосування мехатронних систем у поїзді?
27. Оптимальні умови гальмування поїзда під час його комп'ютерного керування?
28. Моделювання схем механічних рук промислових роботів, що містять двигун обертання та лінійний двигун?
29. Модель схема верстата-гексапода?
30. У чому полягає відмінність моделі гексапода від моделі ротопода?
31. У чому полягає відмінність моделі трипода від моделі гексапода?
32. Моделі гексаподних машин у машинобудуванні?

33. Моделі робототехнічних комплексів у машинобудуванні.
34. Особливості використання промислових роботів в інтегрованих системах керування?
35. Інтеграційні завдання, які вирішуються при конструюванні мехатронних пристроїв, систем та модулів під час проектування систем автоматизації.
36. Моделі багаторівневої інтеграції у мехатронних системах.
37. Людино-машинний інтерфейс при комп'ютерному керуванні.
38. Перерахуйте основні інтерфейси, які існують в узагальненій структурі мехатронних машин.
39. Напрямки теорії системного проектування мехатронних систем.
40. Функціонально-структурний підхід.
41. Структурний синтез та оптимізації технічних систем за критеріями складності.
42. Методології паралельного проектування.
43. Процедура проектування інтегрованих мехатронних модулів та машин.
44. Методи інтеграції при проектуванні вбудованих мехатронних модулів.
45. Метод виключення проміжних перетворювачів та інтерфейсів?
46. Проміжні перетворювачі використовувані в мехатронних модулях.
47. Структурна модель мехатронного модуля.
48. Метод поєднання елементів мехатронного модуля.
49. Основні функціональні елементи інтелектуального мехатронного модуля?
50. Аналіз переваг та недоліків, а також особливості застосування інтелектуальних мехатронних модулів в системах автоматизації?
51. Метод перенесення функціональне навантаження на інтелектуальні пристрої?
52. Модель розподілу функціонального навантаження у виробничих машинах і тенденції його зміни у процесі розвитку мехатроніки?
53. Особливість застосування цифрових сигнальних процесорів у робототехнічних та мехатронних системах ?
54. Мехатронні модулі в контексті проектування систем автоматизації.
55. Аналіз понять «модуль руху», «мехатронний модуль руху» та відмінності між ними.
56. Моделі модулів руху.
57. Елементи моделі мехатронного модуля руху
58. Структурна та функціональна схеми мехатронних модулів руху.
59. Модель контролера руху?
60. Модель інтелектуального силового модуля?
61. Модель інтелектуального рецептора?
62. Інтелектуальні мехатронні модулі?
63. Структура та модель мікромехатронних пристроїв.
64. Мікромехатронні пристрої в промисловій автоматизації.
65. Принципи та моделі функціонування мікромехатронних пристроїв.
66. Інтеграція мікромехатронних систем в складні системи керування.
67. Багаторівневі мехатронні системи керування?
68. Завдання, які вирішуються багаторівневими мехатронними системами керування?
69. Модель фазі-системи керування?
70. Модель обробки інформації після дефазифікації?
71. Які методи дефазифікації найчастіше використовуються?
72. Критерії оцінювання роботизованих систем зору.
73. Методи перетворення координат.
74. Методи та способи розташування камер огляду.
75. Аналіз додатків Vision System.
76. Моделі систем 3D-бачення.
77. Синтез структур та алгоритми роботи систем технічного зору.
78. Моделі слідкуючих систем технічного зору в робототехнічних та інтелектуальних мехатронних комплексах.
79. Принципи та особливості моделювання систем комп'ютерного зору.

80. Методи обробки зображень, які здійснюють слідування за рухомими об'єктами.
81. Метод слідування за рухомими об'єктами на основі систем комп'ютерного зору.
81. Комп'ютерні системи технічного зору в режимі реального часу у промисловій автоматизації.
82. Архітектура та методи комп'ютерного зору.
83. Методи взаємодії людини та роботів з технічним зором.
84. Сучасні 3D методи для автоматизації.
85. Інтегрований машинний зір.
86. Метод технічного зору на основі OPC-серверу.
87. Метод децентралізованого технічного зору на основі комунікацій програмованих логічних контролерів.
88. Метод планування архітектури комп'ютерного зору з використанням RGB-камери.
89. Метод планування архітектури систем вибору.
90. Метод систем технічного зору для промислових роботів у промисловості.
91. Метод систем технічного зору для зварювання.
92. Метод розпізнавання об'єктів для промислової автоматизації.
93. Алгоритми та методи виявлення об'єктів для промислової автоматизації.
94. Метод комп'ютерного нейрона.
95. Синтез нейронної мережі та нечіткого регулятора.
96. Метод генетичних алгоритмів для робототехнічних та мехатронних систем?
97. Моделі генетичних алгоритмів?
98. Моделі і алгоритми інтелектуальних систем для рухомих робототехнічних та мехатронних систем.
99. Метод керування переміщення роботи маніпулятора по запланованій траєкторії на основі інтелектуальних систем.
100. Метод керування переміщення роботи маніпулятора для конвеєрної стрічки на обладнанні SIEMENS.

## **6. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

1. Д. А. Макаришкін Робототехнічні та інтелектуальні мехатронні пристрої і системи: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: Д. А. Макаришкін, П. С. Майдан. – Хмельницький : ХНУ, 2022. – 142 с.

## **7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**

### **Основна література**

1. Моделювання роботи маніпулятора в програмному середовищі Tia Portal V.15.1./ Майдан П.С., Макаришкін Д.А., Михайловський Ю.Б., Золотенко Е.О. // Вісник Хмельницького національного університету Серія: «Технічні науки», 2022. - №4. С. 150-158.
2. Робототехнічні системи: проектування і моделювання [Електронний ресурс]: навч. Посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / М. М. Поліщук, М.М. Ткач; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 41,6 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 112 с.
3. Проектування промислових роботів та маніпуляторів: Навчальний посібник / Ковальов Ю.А., Кошель С.О., Манойленко О.П.. — К.: ЦУЛ, 2021. — 256 с.. — (МОН України. КНУ технологій та дизайну). — ISBN 978-611-01-1690-9
4. Нікольський Ю. В. Системи штучного інтелекту : навч. посіб. / Ю. В. Нікольський, В.В. Пасічник, Ю. М. Щербина. –Львів : Магнолія, 2021. – 280 с
5. Троцько В.В. Методи штучного інтелекту: навчально-методичний і практичний посібник. – Київ: Університет економіки та права «КРОК», 2020 – 86 с Youngsu Cho. Screw based kinematic calibration method for robot manipulators with joint compliance using circular point analysis / Youngsu Cho, Hyun Min Do, Joono Cheong -Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 60, Issue CDec - 2019 pp 63–76.

6. Моделивання роботи та візуалізація стану стрічкового конвеєра в програмному середовищі TIA PORTAL v.15.1 (повідомлення 1) / Слободян А.С., Макаришкін Д.А., Майдан П.С., Соколан Ю.С. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2022. - №2. - С. 96-107.

7. Debashish Roy. Computer Vision Application in Industrial Automation / Debashish Roy - Letterkenny Institute of Technology Port Road, Letterkenny Co. Donegal, Ireland.- 14 February 2021.

8. Нікольський Ю. В. Системи штучного інтелекту : навч. посіб. / Ю. В. Нікольський, В.В. Пасічник, Ю. М. Щербина. –Львів : Магнолія, 2021. – 280 с.

9. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с.

### Додаткова

1. Робототехнічні системи: проектування і моделювання [Електронний ресурс]: навч. Посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / М. М. Поліщук, М.М. Ткач; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 41,6 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.

2. Основи мехатроніки : навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 372 с.

3. Дудюк Д.Л., Мазепа С. С. Гнучке автоматизоване виробництво і роботизовані комплекси. Навч. пос. Рек. МОН. – К: Ліра-К, 2019. – 278 с.

4. Робототехніка. Практикум. Частина 1 [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерноінтегровані системи та технології в приладобудуванні» спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (151 Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології) / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; автори: С. М. Лісовець, С. В. Барилко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 78 с.

5. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Крушельницький В. В. Мехатроніка: підручник. Київ, 2020. 404 с.

6. Семенюк В. Ф., Михайлов Є. П. Мехатроніка: навчальний посібник. Одеса: ОП, 2021. 130 с.

7. Sulym A., Lomonos A., Bialobrzheskyi O., Safronov O., Khozia P. Analysis of technical solutions for the implementation of on-board energy storage on the electric stock. NAUKOVYI VISNYK Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. № 3 (177), 2020. С. 59–66.

8. Advanced Applications of Industrial Robotics: New Trends and Possibilities / A. Dzedzickis et al. Applied Sciences. 2021. Vol. 12, no. 1. P. 135.

## 8. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

### Електронний університет:

1. Модульне середовище для навчання (розміщені усі необхідні матеріали з дисципліни, в тому числі тестові завдання для поточного та семестрового контролю знань). <https://msn.khmnu.edu.ua>.

2. Електронна бібліотека університету <http://library.khmnu.edu.ua>

3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <https://elar.khmnu.edu.ua/home>