

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інженерії,
Назва факультету

транспорту та архітектури

Олег ПОЛІЩУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

20__ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Проектування та моделювання робототехнічних систем

Назва дисципліни

Галузь знань – G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність – G7 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Рівень вищої освіти – Другий (магістерський)

Освітньо-професійна програма – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Обсяг дисципліни – 5 кредитів ЄКТС, Шифр дисципліни – ОФП.02

Мова навчання – українська

Статус дисципліни: обов'язкова (фахової підготовки)

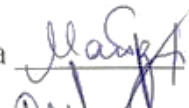
Факультет – Інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра – Машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин						Курсовий проєкт	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
					Аудиторні заняття								Залік	Іспит
			Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Семінарські заняття	Самостійна робота, у т.ч. ІРС				
Д	1	1	5	150	50	16	34	-	-	100				+

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» за спеціальністю G7 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка.

Робоча програма складена


Підпис

канд. техн. наук, доцент

Павло МАЙДАН

канд. техн. наук, доцент

Науковий ступінь, учене звання

Денис МАКАРИШКІН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Схвалена на засіданні кафедри Машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Назва

Протокол № 1 від 29.08 2025 р.

Зав. кафедри МАЕЕС

Підпис


Підпис

Віталій НЕЙМАК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою факультету інженерії, транспорту та архітектури

/Голова вченої ради факультету


Підпис

Олег ПОЛІЩУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2025

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Посада	Назва кафедри	Підпис	Ініціали, прізвище
Завідувач кафедри, канд. техн. наук, доц.	Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки		Людмила КОРЕЦЬКА
Гарант освітньо-професійної програми, д-р. техн. наук, проф.	Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки		Валерій МАРТИНЮК

3. Пояснювальна записка

Дисципліна «Проектування та моделювання робототехнічних систем» є однією із обов'язкових дисциплін фахової підготовки і займає важливе місце у загальній підготовці здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти, очної (денної) (далі – денної) форми здобуття вищої освіти, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» в межах спеціальності G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

Пререквізити – Вихідна

Постреквізити – Технології кіберфізичних систем та цифрових двійників (ОФП.03), Функціональна та кібербезпека систем автоматизації (ОФП.05), Переддипломна практика (ОФП.06), Кваліфікаційна робота (ОФП.07).

Відповідно до освітньої програми дисципліна сприяє забезпеченню:

компетентностей Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки 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 (ІК), 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 (ФК.01), 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 (ФК.02), Здатність аналізувати виробничо-технологічні системи і комплекси як об'єкти автоматизації, визначати способи та стратегії їх автоматизації та цифрової трансформації (ФК.04), Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій (ФК.07), 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 (ФК.08), Здатність розробляти цифрові двійники компонентів та кіберфізичних систем керування розумних мереж, технологій цифрової трансформації розподілених систем генерації та накопичення електроенергії на основі мікромереж (УК.02), Здатність проектувати, моделювати та впроваджувати робототехнічні системи і розробляти їх програмне забезпечення (УК.04).

програмних результатів навчання: 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 (ПРН01), Створювати високонадійні системи автоматизації з високим рівнем функціональної та інформаційної безпеки програмних та технічних засобів (ПРН02), Аналізувати виробничо-технічні системи у певній галузі діяльності як об'єкти автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації та цифрової трансформації (ПРН07), 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 (ПРН09), Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об'єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами (ПРН10), Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її (ПРН12), Розробляти і використовувати інтелектуальні системи автоматизації сонячної енергетики, автоматизовані системи контролю та обліку електроенергії при проєктуванні систем сонячної енергетики, як складових Industry 4.0 та переходу підприємств до сталої зеленої енергетики (ПРН13), Проектувати, моделювати та застосовувати цифрові двійники компонентів і кіберфізичних систем для керування розумними мережами, а також впроваджувати технології цифрової трансформації в розподілених системах генерації та накопичення електроенергії на основі мікромереж (ПРН14), Проектувати архітектуру робототехнічних систем, моделювати їх функціонування, розробляти програмне забезпечення для керування та здійснювати впровадження таких систем у виробничі або сервісні процеси (ПРН16).

Мета дисципліни. Надання здобувачам компетентностей та результатів навчання, необхідних для самостійного проектування, моделювання та оптимізації робототехнічних систем, інтегрованих у сучасні виробничі процеси, із застосуванням інтелектуальних методів керування та цифрових технологій.

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

Завдання дисципліни. Отримання фундаментальних теоретичних знань, 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).

Результати навчання. Після вивчення дисципліни студент має: досконало *володіти* професійною термінологією та основними поняттями; самостійно *вирішувати* конструкторські та виробничо-технологічні завдання в галузі конструювання, проектування та сервісного обслуговування робототехнічних систем та комплексів, призначених для автоматизації виробничих (технологічних) процесів; *використовувати* інженерні методики, аналітичні та числові методи розрахунку та аналізу відомих та розробки нових механізмів, вузлів та комплексів обладнання робототехнічних систем.

4. Структура залікових кредитів дисципліни

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:		
	Денна форма		
	лекції	лабораторні роботи	СРС
Тема 1. Мехатронні системи в різних сферах виробничої діяльності.	8	12	48
Тема 2. Технології та засоби побудови мехатронних модулів та систем.	4	8	24
Тема 3. Методи керування мехатронними модулями та системи.	4	14	28
Разом:	16	34	100

5. Програма навчальної дисципліни

5.1 Зміст лекційного курсу

Перелік лекцій для студентів денної форми здобуття освіти

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
	<i>Тема 1. Мехатронні системи в різних сферах виробничої діяльності</i>	8
1	Засоби для проектування інтегрованих мехатронних систем. Засоби провідних фірм Siemens та ABB. 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], [3], [4] Проектування систем автоматизації на основі промислових роботів та їх розрахунок. Застосування на моделі технологічної лінії фірми Siemens. 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
2	Застосування приводів промислових роботів. Дослідження систем керування на основі промислових роботів. 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] Дослідження автоматизованого технологічного обладнання на основі інтегрованих у них мехатронних систем. Застосування на моделі технологічної лінії фірми Siemens. Проектування складальних робототехнічних комплексів та мехатронних систем. Літ.: [1], [2], [3], [4]	2
3	Дослідження систем технічного зору в робототехнічних комплексах. Приклад системи технічного зору на роботі-маніпуляторі Nigyo One із стрічковим конвеєром. 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] Методи виявлення рухомих об'єктів інтелектуальних систем технічного зору на стрічкових конвеєрних лініях. 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
4	Дослідження конструкцій промислових та мобільних роботів. Модель мобільної системи Zumo Robot. 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] Приклади застосування мехатронних систем в автомобільному, водному та повітряному транспорті. 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 транспортування і складування на виробництві Літ.: [1], [2] Дослідження конструкцій технологічних машин-гексаподів. Дослідження та моделювання паралельних механізмів: гексапод, ротопод, дельта-механізм, трипод. Дослідження машин-гексаподів в машинобудуванні. Літ.: [3], [4]	2
	<i>Тема 2. Технології та засоби побудови мехатронних модулів та систем</i>	4
5	Методи конструювання мехатронних систем. Методи та алгоритми проектування багаторівневої мехатронної системи. Синтез інтерфейсів мехатронної системи. Літ.: [1], [2] Методи інтеграції мехатронних модулів. Метод виключення проміжних перетворювачів і інтерфейсів. Метод об'єднання елементів мехатронного модуля. Метод перенесення функціонального навантаження на інтелектуальні пристрої. Літ.: [1], [2]	2
6	Моделювання процесів динаміки мехатронних систем. 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

	<i>Тема 3. Методи керування мехатронними модулями та системи</i>	4
7	Проблеми та сучасні методи керування мехатронними системами. Багаторівневе керування в мехатронних системах. Інтелектуальні методи керування. Приклади провідних фірм Siemens. Синтез узагальнених координат маніпулятора. Дослідження виконавчого, тактичного, стратегічного та інтелектуального рівні керування. Літ.: [1], [2] 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] 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
8	Синтез нечіткого регулятора електроприводу постійного струму на основі електроприводів фірм ABB та Siemens. Синтез нечіткого регулятора з одним входом та виходом. Основні компоненти нечіткого логічного висновку. Фаззифікатор. Дефаззифікатор. Оптимізація нечіткого регулятора. Літ.: [1], [2], [3] Синтез комплексного закону керування електроприводом постійного струму фірм ABB та Siemens за допомогою нечіткої логіки. Налаштування швидкодіючого регулятора. Налаштування точного регулятора. Підвищення точності. Синтез комбінованого керування. Літ.: [1], [2], [3]	2
Разом:		16

5.2 Зміст лабораторних занять

Перелік лабораторних робіт для студентів денної форми здобуття освіти

№ п/п	Тема лабораторного заняття	Кількість годин
	<i>Тема 1. Мехатронні системи в різних сферах виробничої діяльності</i>	12
1	Моделювання задач кінематики роботів-маніпуляторів Niryo One та Siemens для стрічкових конвеєрних ліній. Літ.: [1] с.5-10.	4
2	Моделювання конфігураційного простору маніпулятора Niryo One та Siemens для стрічкових конвеєрних ліній. Літ.: [1] с.11-39.	4
3	Дослідження матричного представлення положення маніпуляторів Niryo One та Siemens для стрічкових конвеєрних ліній. Літ.: [1] с.11-39.	4
	<i>Тема 2. Технології та засоби побудови мехатронних модулів та систем</i>	8
4	Дослідження конструкції колаборативного робота UR-3. Літ.: [1] с. 40-52.	4
5	Моделювання роботи механічного захвату промислового маніпулятора. Літ.: [1] с. 53-67.	4
	<i>Тема 3. Методи керування мехатронними модулями та системи</i>	14
6	Моделювання руху мобільного робота pioneer 3dx. Літ.: [1] с. 68-74.	4
7	Візуальне представлення прямої задачі кінематики промислового робота ABB IRB 140 за допомогою CoppeliaSim. Літ.: [1] с. 75-81.	4
8	Моделювання роботи автономного мобільного робота. Літ.: [1] с. 82-87.	4
9	Узагальнююче заняття	2
Разом:		34

5.3 Зміст самостійної (у т. ч. індивідуальної) роботи здобувача вищої освіти

Самостійна робота студентів усіх форм здобуття освіти полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу з відповідних джерел інформації, підготовці до виконання та захисту лабораторних робіт та індивідуального завдання.

Крім цього до послуг студентів сторінка навчальної дисципліни у Модульному середовищі для навчання, де розміщені Робоча програма дисципліни та необхідні документи з її навчально-методичного забезпечення.

Зміст самостійної роботи студентів денної форми здобуття освіти

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кіл-сть годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №1.	6
2	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №1.	6
3	Опрацювання лекційного матеріалу та видача теми ІДЗ. Підготовка до лабораторної роботи №2.	6
4	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №2, робота над виконанням ІДЗ.	6

5	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №3, робота над виконанням ІДЗ.	6
6	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №3, робота над виконанням ІДЗ.	6
7	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №4, робота над виконанням ІДЗ.	6
8	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №4, робота над виконанням ІДЗ.	6
9	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №5, робота над виконанням ІДЗ.	6
10	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №5, робота над виконанням ІДЗ.	6
11	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №6, робота над виконанням ІДЗ.	6
12	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №6, робота над виконанням ІДЗ.	6
13	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №7, робота над виконанням ІДЗ.	6
14	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №7, робота над виконанням ІДЗ.	6
15	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №8, робота над виконанням ІДЗ.	6
16	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №8, робота над виконанням ІДЗ.	10
Разом:		100

Примітка: Т – тема навчальної дисципліни, ІДЗ – індивідуальне домашнє завдання

На самостійне опрацювання студентів виноситься визначене у методичних рекомендаціях до лабораторних занять та самостійної роботи індивідуальне домашнє завдання (ІДЗ) з відповідних тем. Керівництво самостійною роботою та контроль за виконанням індивідуального завдання здійснюється викладачем згідно з розкладом консультацій у позаурочний час.

6. Технології та методи навчання

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних технологій та методів навчання, зокрема:

- лекції з використанням мультимедійних презентацій, методів візуалізації, пояснення, проблемного й інтерактивного навчання, методів стимулювання і мотивації, інформаційно-комунікаційних технологій, інтенсифікації та індивідуалізації навчання;
- лабораторні заняття з використанням методів натурного експерименту, комп'ютерного моделювання, методів проєктної діяльності, пояснення, дискусії;
- самостійна робота: робота над засвоєнням теоретичного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, виконання індивідуального домашнього завдання, підготовка до підсумкового контролю.

Необхідні інструменти, обладнання, програмне забезпечення: комп'ютерна техніка та засоби машинної графіки, пакети прикладних програм, доступ до мережі Internet.

7. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час аудиторних лабораторних робіт, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочою програмою і графіком освітнього процесу, в т.ч. з використанням Модульного середовища для навчання. При цьому використовуються такі методи поточного контролю:

- усне опитування перед допуском до лабораторного заняття;
- захист лабораторних робіт;
- оцінювання результатів виконання індивідуального домашнього завдання.

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховуються результати як поточного контролю, так і підсумкового контрольного заходу, який проводиться з усього матеріалу дисципліни за білетами, попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри. Здобувач вищої освіти, який набрав з будь-якого виду навчальної роботи, суму балів нижчу за 60 відсотків від максимального балу, **не допускається** до семестрового контролю, поки не виконає обсяг роботи, передбачений Робочою програмою. Здобувач вищої освіти, який набрав позитивний середньозважений бал (60 відсотків і більше від максимального балу) з усіх видів поточного контролю і не склав іспит, вважається таким, який **має** академічну заборгованість. Ліквідація академічної заборгованості із семестрового контролю здійснюється у період екзаменаційної сесії або за графіком, встановленим деканатом відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». Ліквідація академічної заборгованості із семестрового контролю здійснюється у період екзаменаційної сесії або за графіком, встановленим деканатом відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання

здобувачів вищої освіти у ХНУ».

8 Політика дисципліни

Політика навчальної дисципліни загалом визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, що передбачені чинними положеннями Університету про організацію і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу. Зокрема, проходження інструктажу з техніки безпеки; відвідування занять з дисципліни є обов'язковим. Успішне опанування дисципліни і формування фахових компетентностей і програмних результатів навчання передбачає необхідність підготовки до лабораторного заняття (вивчення теоретичного матеріалу з теми роботи, попередню підготовку протоколу роботи, підготовку до усного опитування для допуску до заняття, активно працювати на занятті, якісно підготувати звіт (звіт з лабораторної роботи відповідно до теми), захистити результати виконаної роботи, брати участь у дискусіях щодо прийнятих конструктивних рішень при виконанні здобувачами лабораторних робіт тощо.

Здобувачі вищої освіти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт у встановлені терміни, передбачених робочою програмою навчальної дисципліни. Термін виконання лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент здав її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущену лабораторну роботу студент зобов'язаний виконати самостійно у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж до останнього тижня в семестрі.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється за результатами письмового контролю.

Здобувач вищої освіти, виконуючи самостійну або індивідуальну роботу з дисципліни, має дотримуватися політики доброчесності (заборонені списування та плагіат (в т.ч. із використанням мобільних девайсів)). У разі виявлення плагіату в будь-яких видах навчальної роботи здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати завдання з відповідної теми (виду роботи) за новим варіантом, що передбачені робочою програмою. Будь-які форми порушення академічної доброчесності **не допускаються**.

У межах вивчення навчальної дисципліни здобувачам вищої освіти передбачено визнання і зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти, що розміщені на доступних платформах, які сприяють поглибленню результатів навчання, визначених робочою програмою дисципліни, або забезпечують вивчення відповідної теми та/або виду робіт з програми навчальної дисципліни (детальніше у Положенні про порядок визнання та зарахування результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ).

9. Оцінювання результатів навчання студентів у семестрі

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». Залежно від важливості окремих видів навчальної роботи, і їх ролі у формуванні компетентностей і результатів навчання, визначених освітньою програмою, розробники Робочої програми присвоюють кожному виду навчальної роботи з дисципліни певну кількість балів. При поточному оцінюванні виконаної здобувачем роботи з кожної структурної одиниці і отриманих ним результатів викладач виставляє йому певну кількість балів із встановлених Робочою програмою для цього виду роботи. При цьому кожна структурна одиниця навчальної роботи може бути зарахована, якщо здобувач набрав не менше 60 відсотків (мінімальний рівень для позитивної оцінки) від максимально можливої суми балів, призначеної структурній одиниці.

Будь-які форми порушення академічної доброчесності **не допускаються**.

При оцінюванні результатів навчання здобувачів вищої освіти з будь-якого виду навчальної роботи рекомендується використовувати наведені нижче узагальнені критерії:

Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти

Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей	Узагальнений зміст критерія оцінювання
Відмінно (високий)	Здобувач вищої освіти глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується і вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає логічний виклад відповіді мовою викладання (в усній або у письмовій формі), демонструє якісне оформлення роботи і володіння спеціальними приладами та інструментами, прикладними програмами. Здобувач не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки, демонструє практичні навички з вирішення фахових завдань. При відповіді допустив дві-три несуттєві помилки .

Добре (середній)	Здобувач вищої освіти виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання правил, закономірностей тощо. Відповідь здобувача вищої освіти будується на основі самостійного мислення. Здобувач вищої освіти у відповіді допустив дві–три <i>несуттєві помилки</i> .
Задовільно (достатній)	Здобувач вищої освіти виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь здобувача вищої освіти будується на рівні репродуктивного мислення, здобувач вищої освіти має слабкі знання структури навчальної дисципліни, допускає неточності і <i>суттєві помилки</i> у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання. Разом з тим, набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.
Незадовільно (недостатній)	Здобувач вищої освіти виявив 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» виставляється здобувачеві вищої освіти, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення навчальної дисципліни.

Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання студентів денної форми здобуття освіти у семестрі

Аудиторна робота								Самостійна робота	Семестровий контроль	
Лабораторні роботи №:								ІДЗ	Іспит	Разом балів
1	2	3	4	5	6	7	8			
Кількість балів за вид навчальної роботи (мінімум-максимум)										
4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-6	4-12	24-40	60-100*
32-48								4-12	24-40	

Примітки: *За набрану з будь-якого виду навчальної роботи з дисципліни кількість балів, нижче встановленого мінімуму, здобувач отримує незадовільну оцінку і має її перездати у встановлений викладачем (деканом) термін. Інституційна оцінка встановлюється відповідно до таблиці «Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЕКТС».

Оцінювання результатів захисту лабораторної роботи

Виконана й оформлена відповідно до встановлених Методичними рекомендаціями вимог лабораторна робота комплексно оцінюється викладачем при її захисті з урахуванням таких критеріїв: самостійність та правильність виконання; повнота відповіді та знання теорії з теми лабораторної роботи.

Результат виконання і захисту здобувачем вищої освіти кожної лабораторної роботи оцінюється відповідно до таблиці Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти та рівня досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей з присвоєнням йому відповідної суми балів.

У випадку виявлення здобувачем рівня знань, нижчого ніж 60 відсотків від максимального балу, встановленого Робочою програмою для кожної структурної одиниці, лабораторна робота йому *не зараховується* і для її захисту він має детальніше опрацювати матеріал з теми роботи, методику її виконання, виправити грубі помилки та повторно вийти на її захист у призначений для цього викладачем час.

Оцінювання результатів виконання індивідуального домашнього завдання

Виконане та оформлене відповідно до вимог, визначених Методичними рекомендаціями, індивідуальне домашнє завдання (ІДЗ) комплексно оцінюється викладачем з урахуванням таких критеріїв: самостійність виконання; правильність розв'язання поставлених задач; обґрунтованість вибору методів розв'язання; повнота пояснень та аргументованість відповідей; якість оформлення та дотримання вимог до структури і змісту роботи.

Результат виконання здобувачем вищої освіти кожного ІДЗ оцінюється відповідно до таблиці **Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти** з урахуванням рівня досягнення запланованих програмних результатів навчання та сформованих компетентностей. За підсумками захисту присвоюється відповідна сума балів (мінімальний позитивний бал – 4 балів, максимальний – 12 балів).

Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю (іспит)

Освітня програма передбачає підсумковий семестровий контроль з дисципліни у формі іспиту, завданням якого є системне й об'єктивне оцінювання як теоретичної, так і практичної підготовки здобувача з навчальної дисципліни. Складання іспиту відбувається за попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри білетами. Відповідно до цього в екзаменаційному білеті пропонується поєднання питань теоретичного характеру.

Таблиця – Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю здобувачів денної форми навчання

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань		
	Мінімальний (достатній) бал (задовільно)	Потенційні позитивні бали* (середній бал) (добре)	Максимальний (високий) бал (відмінно)
Теоретичне питання № 1	5	7	9
Теоретичне питання № 2	5	7	9
Теоретичне питання № 3	5	7	9
Практичне завдання № 4	9	11	13
Разом:	24		40

Примітка. *Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (24 бали) та максимального (40 балів), знаходиться в межах 25-39 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту.

Таблиця – Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Рейтингова шкала балів	Інституційна шкала	
		Залік	Іспит/диференційований залік
A	90-100	Зараховано	Відмінно/Excellent – високий рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни, що свідчить про безумовну готовність здобувача до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
B	83-89		Добре/Good – середній (максимально достатній) рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
C	73-82		
D	66-72		
E	60-65		Задовільно/Satisfactory – Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати навчання з навчальної дисципліни
FX	40-59	Незараховано	Незадовільно/Fail – Низка запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни відсутня. Рівень набутих результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
F	0-39		Незадовільно/Fail – Результати навчання відсутні

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС визначається в автоматизованому режимі після внесення викладачем результатів оцінювання з усіх видів робіт до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС у наведеній вище таблиці.

Семестровий іспит виставляється, якщо загальна сума балів, яку набрав студент з дисципліни за результатами поточного та підсумкового контролю, знаходиться у межах від 60 до 100 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «відмінно/добре/задовільно», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом сумі балів відповідно до таблиці Співвідношення.

10. Питання для самоконтролю результатів навчання

- Особливості застосування в інтегрованій системі функціональних блоків, які входять до мехатронної системи?
- Вплив функціональних блоків мехатронних систем на інтегровану систему керування та їх призначення?
- Які загальні ознаки та у чому відмінність систем електроприводу та мехатронної системи в контексті проектування інтегрованих систем?
- Особливість синергетичного ефекту мехатронного модуля та яким методом його можна виявити?
- У яких напрямках промислової автоматизації найбільш широко використовуються мехатронні системи та модулі?
- Проблеми застосування інтелектуальних мехатронних пристроїв та систем у промисловій автоматизації.
- У чому полягає поняття терміну мехатронний об'єкт в контексті автоматизованих ліній ?
- Яким мехатронним рівням може відповідати технічний об'єкт? Наведіть приклади.
- Дослідження різниці між поняттям мехатронний пристрій, мехатронна система, багаторівнева мехатронна система та мехатронний комплекс ?
- Дослідження мехатронності технічних об'єктів у промисловій автоматизації та її особливість?
- Принципи та проблеми побудови інтегрованих систем на основі мехатронних систем?
- Метод використання мехатронних систем при комп'ютерному керуванні рухом?

13. Функціональне призначення пристроїв комп'ютерного керування в мехатронній системі чи модулі та особливості їх інтеграції (використання) в автоматизації?
14. Метод мехатронного підходу до проектування.
15. Аналіз переваг та недоліків мехатронного підходу при створенні машин з комп'ютерним керуванням у порівнянні з традиційними засобами автоматизації?
16. Аналіз та особливості мехатронних модулів при їх використанні у системі життєзабезпечення?
17. Моделі мехатронних систем?
18. У чому відмінність і в чому подібність мехатронних систем автомобіля – антиблокувальній системи гальм та системи тягового контролю?
19. Регулювання яких параметрів забезпечує покращення характеристик систем керування ефективною роботою електродвигуна?
20. Методи та способи зчитування інформації з датчиків інтегрованими системами керування роботою електродвигуна автомобіля?
21. Оптимальні умови використання систем керування підвіскою?
22. Модель спрацювання подушки безпеки?
23. Моделі інтегрованих навігаційних систем?
24. Методи та особливості використання безпроводних технологій в мехатронних системах?
25. Моделювання радара і ладара (лідара)?
26. Методи зчитування інформації безпілотного автомобіля робота під час моніторингу навколишнього середовища?
27. Метод застосування мехатронних систем у поїзді?
28. Оптимальні умови гальмування поїзда під час його комп'ютерного керування?
29. Моделювання схем механічних рук промислових роботів, що містять двигун обертання та лінійний двигун?
30. Модель схема верстата-гексапода?
31. У чому полягає відмінність моделі гексапода від моделі ротопода?
32. У чому полягає відмінність моделі трипода від моделі гексапода?
33. Моделі гексаподних машин у машинобудуванні?
34. Моделі робототехнічних комплексів у машинобудуванні.
35. Особливості використання промислових роботів в інтегрованих системах керування?
36. Інтеграційні завдання, які вирішуються при конструювання мехатронних пристроїв, систем та модулів під час проектування систем автоматизації.
37. Моделі багаторівневої інтеграції у мехатронних системах.
38. Людино-машинний інтерфейс при комп'ютерному керуванні.
39. Перерахуйте основні інтерфейси, які існують в узагальненій структурі мехатронних машин.
40. Напрямки теорії системного проектування мехатронних систем.
41. Функціонально-структурний підхід.
42. Структурний синтез та оптимізації технічних систем за критеріями складності.
43. Методології паралельного проектування.
44. Процедура проектування інтегрованих мехатронних модулів та машин.
45. Методи інтеграції при проектуванні вбудованих мехатронних модулів.
46. Метод виключення проміжних перетворювачів та інтерфейсів?
47. Проміжні перетворювачі використовувані в мехатронних модулях.
48. Структурна модель мехатронного модуля.
49. Метод поєднання елементів мехатронного модуля.
50. Основні функціональні елементи інтелектуального мехатронного модуля?
51. Аналіз переваг та недоліків, а також особливості застосування інтелектуальних мехатронних модулів в системах автоматизації?
52. Метод перенесення функціональне навантаження на інтелектуальні пристрої?
53. Модель розподілу функціонального навантаження у виробничих машинах і тенденції його зміни у процесі розвитку мехатроніки?
54. Особливості застосування цифрових сигнальних процесорів у робототехнічних та мехатронних системах ?
55. Мехатронні модулі в контексті проектування систем автоматизації.
56. Аналіз понять «модуль руху», «мехатронний модуль руху» та відмінності між ними.
57. Моделі модулів руху.
58. Елементи моделі мехатронного модуля руху
59. Структурна та функціональна схеми мехатронних модулів руху.
60. Модель контролера руху?
61. Модель інтелектуального силового модуля?
62. Модель інтелектуального рецептора?
63. Інтелектуальні мехатронні модулі?
64. Структура та модель мікромехатронних пристроїв.
65. Мікромехатронні пристрої в промисловій автоматизації.
66. Принципи та моделі функціонування мікромехатронних пристроїв.

67. Інтеграція мікромехатронних систем в складні системи керування.
68. Багаторівневі мехатронні системи керування?
69. Завдання, які вирішуються багаторівневими мехатронними системами керування?
70. Модель фазі-системи керування?
71. Модель обробки інформації після дефазифікації?
72. Які методи дефазифікації найчастіше використовуються?
73. Критерії оцінювання роботизованих систем зору.
74. Методи перетворення координат.
75. Методи та способи розташування камер огляду.
76. Аналіз додатків Vision System.
77. Моделі систем 3D-бачення.
78. Синтез структур та алгоритми роботи систем технічного зору.
79. Моделі слідкуючих систем технічного зору в робототехнічних та інтелектуальних мехатронних комплексах.
80. Принципи та особливості моделювання систем комп'ютерного зору.
81. Методи обробки зображень, які здійснюють слідкування за рухомими об'єктами.
82. Метод слідкування за рухомими об'єктами на основі систем комп'ютерного зору.
83. Комп'ютерні системи технічного зору в режимі реального часу у промисловій автоматизації.
84. Архітектура та методи комп'ютерного зору.
85. Методи взаємодії людини та роботів з технічним зором.
86. Сучасні 3D методи для автоматизації.
87. Інтегрований машинний зір.
88. Метод технічного зору на основі OPC-серверу.
89. Метод децентралізованого технічного зору на основі комунікацій програмованих логічних контролерів.
90. Метод планування архітектури комп'ютерного зору з використанням RGB-камери.
91. Метод планування архітектури систем вибору.
92. Метод систем технічного зору для промислових роботів у промисловості.
93. Метод систем технічного зору для зварювання.
94. Метод розпізнавання об'єктів для промислової автоматизації.
95. Алгоритми та методи виявлення об'єктів для промислової автоматизації.
96. Метод комп'ютерного нейрона.
97. Синтез нейронної мережі та нечіткого регулятора.
98. Метод генетичних алгоритмів для робототехнічних та мехатронних систем?
99. Моделі генетичних алгоритмів?
100. Моделі і алгоритми інтелектуальних систем для рухомих робототехнічних та мехатронних систем.
101. Метод керування переміщення робота маніпулятора по запланованій траєкторії на основі інтелектуальних систем.
102. Метод керування переміщення робота маніпулятора для конвеєрної стрічки на обладнанні SIEMENS

11. Навчально-методичне забезпечення

Освітній процес з дисципліни «Проектування та моделювання робототехнічних систем» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою. Зокрема, викладачами кафедри підготовлені і видані такі роботи:

1. 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» / Д. А. Макаришкін, П. С. Майдан. – Хмельницький : ХНУ, 2022.

12. Рекомендована література:

Основна

1. Поліщук М. М., Ткач М.М. Робототехнічні системи: проектування і моделювання : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.
2. Ковальов Ю., Кошель С., Манойленко О. Проектування промислових роботів та маніпуляторів: Навчальний посібник. Київ : ЦУЛ, 2021. 256 с.
3. Нікольський Ю. В., Пасічник В., Щербина Ю. М. Системи штучного інтелекту : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2021. 280 с.
4. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навчальний посібник / Т. П. Павленко та ін. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 116 с.
5. Троцько В. Методи штучного інтелекту: навчально-методичний і практичний посібник. Київ : Університет економіки та права «КРОК», 2020. 86 с.
6. Youngsu C., Hyun M. D., Joono C. Screw based kinematic calibration method for robot manipulators with joint compliance using circular point analysis. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2019. Т. 2. С. 63–76.
7. Моделювання роботи маніпулятора в програмному середовищі Tia Portal V.15.1. / П. Майдан та ін. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: «Технічні науки»*. 2022. вип. 4. С. 150–158.

8. Моделювання роботи та візуалізація стану стрічкового конвеєра в програмному середовищі TIA PORTAL v.15.1 (повідомлення 1) / А. Слободян та ін. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2022. вип. 2. С. 96–107.

Допоміжна

1. Артюх О. М., Дударенко О. В., Кузьмін В. В. Основи мехатроніки : навчальний посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. 372 с.
2. Дудюк Д., Мазепа С. Гнучке автоматизоване виробництво і роботизовані комплекси : навчальний посібник. Київ : Ліра-К, 2019. 278 с.
3. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О., Крушельницький В. В. Мехатроніка: підручник. Київ, 2020. 404 с.
4. Лісовець С. М., Барилко С. В. Робототехніка. Практикум. Частина 1 : 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). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 78 с.
5. Семенюк В. Ф., Михайлов Є. П. Мехатроніка: навчальний посібник. Одеса: ОП, 2021. 130 с.
6. Analysis of technical solutions for the implementation of on-board energy storage on the electric stock / Sulym A., Lomonos A., Bialobrzheskyi O., Safronov O., Khozia P. *NAUKOVYI VISNYK Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. вип. 3 (177). С. 59–66.

13. Інформаційні ресурси

1. Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=7609>
2. Електронна бібліотека ХНУ. URL: <http://library.khmnu.edu.ua/>
3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <https://elar.khmnu.edu.ua/home>

ПРОЄКТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Тип (статус) дисципліни	Обов'язкова фахової підготовки
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Мова викладання	Українська
Семестр	Перший
Кількість призначених кредитів ЄКТС	5,0
Форми навчання, для яких викладається дисципліна	Денна

Результати навчання. Після вивчення дисципліни студент має: досконало *володіти* професійною термінологією та основними поняттями; самостійно *вирішувати* конструкторські та виробничо-технологічні завдання в галузі конструювання, проєктування та сервісного обслуговування робототехнічних систем та комплексів, призначених для автоматизації виробничих (технологічних) процесів; *використовувати* інженерні методики, аналітичні та числові методи розрахунку та аналізу відомих та розробки нових механізмів, вузлів та комплексів обладнання робототехнічних систем.

Зміст навчальної дисципліни. Засоби для проєктування інтегрованих мехатронних систем. Проєктування систем автоматизації на основі промислових роботів та їх розрахунків. 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.

Пререквізити – Вихідна.

Кореквізити – Технології кіберфізичних систем та цифрових двійників (ОФП.03), Функціональна та кібербезпека систем автоматизації (ОФП.05), Переддипломна практика (ОФП.06), Кваліфікаційна робота (ОФП.07).

Запланована навчальна діяльність. лекції – 16 год., лабораторні роботи – 34 год.

Форми (методи) навчання: лекції (з використанням мультимедійних презентацій, методів візуалізації, пояснення, проблемного й інтерактивного навчання, методів стимулювання і мотивації, інформаційно-комунікаційних технологій, інтенсифікації та індивідуалізації навчання); лабораторні заняття (з використанням методів натурного експерименту, комп'ютерного моделювання, методів проєктної діяльності, пояснення, дискусія); самостійна робота (робота над засвоєнням теоретичного матеріалу, підготовка до лабораторних робіт, виконання індивідуального домашнього завдання, підготовка до підсумкового контролю).

Форми оцінювання результатів навчання: захист лабораторних робіт, оцінювання індивідуального завдання.

Вид семестрового контролю: іспит – 1 семестр.

Навчальні ресурси:

1. Поліщук М. М., Ткач М.М. Робототехнічні системи: проєктування і моделювання : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.
2. Ковальов Ю., Кошель С., Манойленко О. Проєктування промислових роботів та маніпуляторів: Навчальний посібник. Київ : ЦУЛ, 2021. 256 с.
3. Нікольський Ю. В., Пасічник В., Щербина Ю. М. Системи штучного інтелекту : навчальний посібник. Львів : Магнолія, 2021. 280 с.
4. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навчальний посібник / Т. П. Павленко та ін. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 116 с.
5. Троцько В. Методи штучного інтелекту: навчально-методичний і практичний посібник. Київ : Університет економіки та права «КРОК», 2020. 86 с.
6. Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=7609>
7. Електронна бібліотека ХНУ. URL: <http://library.khmnu.edu.ua/>.

Викладач: канд. техн. наук, доц. Майдан П.