



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету \_\_\_\_\_

ІТ

Говорущенко Т.О.

2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Технології кіберфізичних систем та цифрових двійників**

Назва дисципліни

**Галузь знань** 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

**Спеціальність** 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

**Освітня програма** – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

**Шифр дисципліни** ОПП.03

**Статус дисципліни:** обов'язкова, дисципліна професійної підготовки

**Факультет** – Інформаційних технологій

**Кафедра** – Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Форма навчання	Курс	Семестр	Обсяг дисципліни		Кількість годин						Форма семестрового контролю			
					Аудиторні заняття				Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, у т.ч. ІРС	Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
			Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття						
Д	1 (маг)	2	4	120	54	18	36			66				+
<b>Разом ДФН</b>			<b>4</b>	<b>120</b>	<b>54</b>	<b>18</b>	<b>36</b>			<b>66</b>				<b>1</b>

Складена на основі освітньо-професійної програми підготовки магістрів

Програма складена \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Микола ФЕДУЛА  
 Підпис автора Вчений ступінь, звання, ініціали, прізвище автора

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

Протокол № 1 від 30.08. 2024 р. Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Валерій МАРТИНЮК  
 Підпис Ініціали, прізвище

Робоча програма розглянута та схвалена Вченою радою факультету інформаційних технологій

Голова Вченої ради \_\_\_\_\_ Т.О. Говорущенко  
 Підпис Ініціали, прізвище

## ТЕХНОЛОГІЇ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ ТА ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ

Тип дисципліни	Обов'язкова
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Мова викладання	Українська
Кількість встановлених кредитів ЄКТС	4
Форми навчання, для яких викладається дисципліна	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; застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки для розв'язування складних задач професійної діяльності; застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами; аналізувати виробничо-технічні системи у певній галузі діяльності як об'єкти автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації та цифрової трансформації; застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв; розробляти і використовувати цифрові двійники компонентів та кіберфізичних систем керування розумних мереж, технологій цифрової трансформації розподілених систем генерації та накопичення електроенергії на основі мікромереж.

**Зміст навчальної дисципліни.** Методи розроблення кіберфізичних систем та цифрових двійників. Аналітичні методи моделювання. Числові методи моделювання. Стохастичні системи. Системи із складною динамікою. Використання спеціалізованих пакетів програм для реалізації цифрових двійників.

**Запланована навчальна діяльність:** лекції – 18 год., лабораторні роботи – 36 год., самостійна робота – 66 год.; разом – 120 год.

**Методи навчання:** пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, дослідницький, евристичний, інтерактивний, метод проблемного викладу, імітаційне моделювання.

**Форми оцінювання результатів навчання:** усне опитування, письмові самостійні та контрольні роботи, тестування, підсумковий контрольний захід.

**Вид семестрового контролю:** іспит

### Навчальні ресурси:

1. Мельник А.О. (ред.) Кіберфізичні системи: технології збору даних. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 250 с.
2. Цифрові двійники для промислового застосування: Біла книга Industrial Internet Consortium. – Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 60 с.
3. Яцишин С.П., Мідик А.В. Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2021. – 180 с.
4. Цифровий двійник: контроль, ефективність, безпека. – Київ: SmartEAM, 2021. – 45 с.
5. Цифрові двійники: що це за технологія і як вона допоможе відновити Україну. – Київ: PSM7, 2023. – 30 с.
6. Технологічні драйвери цифрової трансформації: цифрові двійники. – Київ: КНЕУ, 2021.–25 с.
7. Модульне середовище для навчання. Доступ до ресурсу: <https://msn.khmnu.edu.ua/>.
8. Електронна бібліотека університету Доступ до ресурсу : <http://library.khmnu.edu.ua/>
9. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <https://elar.khmnu.edu.ua/home>

**Викладач:** кандидат технічних наук, доцент кафедри АКІТтаР Фецула М.В.

## 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Дисципліна «Технології кіберфізичних систем та цифрових двійників» є однією із фахових дисциплін і займає важливе місце у підготовці фахівців освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» за освітньо-професійною програмою «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

**Пререквізити** – проектування систем автоматизації та системи автоматизації проєктувальних робіт, проектування багаторівневих систем керування і збору даних, людино-машинний інтерфейс та програмування систем реального часу, основи комп'ютерно-інтегрованих технологій, систем автоматизованого проектування та 3D-моделювання.

**Кореквізити** – методологія та організація наукових досліджень, теорія керування та проєктування систем сонячної енергетики.

### **компетентності:**

Інтегральна – 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;

ЗК1 – Здатність проведення досліджень на відповідному рівні;

ЗК2 – Здатність генерувати нові ідеї (креативність);

ЗК3 – Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;

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;

ФК3 – здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами;

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

ФК5. Здатність інтегрувати знання з інших галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач та проведенні наукових досліджень.

ФК7 – здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

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:**

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.

ПРН3. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки для розв'язування складних задач професійної діяльності;

ПРН4. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами;

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

ПРН8. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв.

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.

**Мета дисципліни.** Формування особистості фахівця, здатного виконувати типові та складні завдання автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій з використанням методів та засобів реалізації цифрових двійників.

**Предмет дисципліни.** Методи та засоби ідентифікації і моделювання цифрових двійників.

**Завдання дисципліни.** Формування практичних навичок з ідентифікації і моделювання цифрових двійників у системах автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологіях, з використанням відповідних пакетів прикладних програм.

**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 мережових технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв; застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері Автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки для розв'язування складних задач професійної діяльності; застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами; аналізувати виробничо-технічні системи у певній галузі діяльності як об'єкти автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації та цифрової трансформації; застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв; розробляти і використовувати цифрові двійники компонентів та кіберфізичних систем керування розумних мереж, технологій цифрової трансформації розподілених систем генерації та накопичення електроенергії на основі мікромереж.

## 1. СТРУКТУРА ЗАЛІКОВИХ КРЕДИТІВ ДИСЦИПЛІНИ

Назва теми	Кількість годин, відведених на:		
	лекції	лабораторні роботи	СРС
<i>Тема 1.</i> Структура та характеристики кіберфізичних систем	4	6	11
<i>Тема 2.</i> Теорія, методи та технології кіберфізичних систем	6	12	11
<i>Тема 3.</i> Структура та характеристики цифрових двійників	2	4	11
<i>Тема 4.</i> Теорія, методи та технології цифрових двійників	2	4	11
<i>Тема 5.</i> Кіберфізичні системи з цифровими двійниками	2	4	11
<i>Тема 6.</i> Мережева інтеграція кіберфізичних систем та цифрових двійників	2	6	11
<b>Разом:</b>	18	36	66

## 2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1. Зміст лекційного курсу

№ лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
<b>Тема 1.</b> Структура та характеристики кіберфізичних систем		
1	Структура кіберфізичних систем. Характеристики кіберфізичних систем. Літ.: [1] с.7-8, [3] с.8-18	2
2	Класифікація кіберфізичних систем. Літ.: [1] с.8-9, [2]	2
<b>Тема 2.</b> Теорія, методи та технології кіберфізичних систем		
3	Теорія кіберфізичних систем. Літ.: [1] с.14-18, [3] с.16-19	2
4	Методи реалізації кіберфізичних систем. Літ.: [1] с.24-29, [3] с.40-45	2
5	Технології кіберфізичних систем. Літ.: [1] с.35-45, [2]	2
<b>Тема 3.</b> Структура та характеристики цифрових двійників		
6	Структура цифрових двійників. Характеристики цифрових двійників. Літ.: [1] с.62-64,76-84,122-123, [2], [3] с.111-131, [5] с.107-133,197-230, [8] с.171-185	2
<b>Тема 4.</b> Теорія, методи та технології цифрових двійників		
7	Теорія цифрових двійників. Методи реалізації та технології цифрових двійників. Літ.: [4] с.69-139,183-257, [5] с.141-230, [12] розділ 5	2
<b>Тема 5.</b> Кіберфізичні системи з цифровими двійниками		
8	Властивості кіберфізичних систем з цифровими двійниками. Літ.: [2], [6] с.16-21	2
<b>Тема 6.</b> Мережева інтеграція кіберфізичних систем та цифрових двійників		
9	Методи інтеграції кіберфізичних систем та цифрових двійників у сучасних веб-середовищах та промислових мережах. Літ.: [1] с.87-96, [2], [7] с.33-40	2
<b>Загалом</b>		18

### 2.2. Зміст лабораторних робіт

#### Перелік лабораторних робіт для студентів денної форми навчання

№	Перелік тем лабораторних робіт, їх анотації	Кількість годин
<b>Тема 1.</b> Структура та характеристики кіберфізичних систем		
1	Вивчення структури та характеристик кіберфізичних систем на базі пакету програм muSCADA. Літ.: [1] с.9-12, [2], [3] с.8-18	6
<b>Тема 2.</b> Теорія, методи та технології кіберфізичних систем		
2	Створення кіберфізичних систем для керування лабораторними функціональними пристроями на базі пакету muSCADA. Літ.: [1] с.20-24, [2], [3] с.22-43	4
3	Дослідження характеристик динаміки процесів у кіберфізичних системах засобами пакету muSCADA. Літ.: [2], [3] с.45-62	4
4	Дослідження кіберфізичних систем з хаотичною динамікою засобами пакетів програм muSCADA та MATLAB Online (basic). Літ.: [1] с.35-62, [2]	4
<b>Тема 3.</b> Структура та характеристики цифрових двійників		
5	Вивчення структури та характеристик цифрових двійників з використанням пакетів програм muSCADA та MATLAB Online (basic). Літ.: [1] с.62-64,76-84,122-123, [2], [3] с.111-131, [5] с.107-133,197-230, [8] с.171-185	4
<b>Тема 4.</b> Теорія, методи та технології цифрових двійників		
6	Розробка цифрових двійників лабораторних функціональних пристроїв. Літ.: [4] с.69-139,183-257, [5] с.141-230	4
<b>Тема 5.</b> Кіберфізичні системи з цифровими двійниками		
7	Розробка кіберфізичних систем керування лабораторним обладнанням з	4

	використанням цифрових двійників. [2], [6] с.16-21	
	<b>Тема 6.</b> Мережева інтеграція кіберфізичних систем та цифрових двійників	
8	Мережева інтеграція кіберфізичних систем та цифрових двійників. Розробка спеціалізованих веб-додатків. Літ.: [1] с.96-117, [2], [7] с.47-68, [10] с.4-63	6
<b>Загалом</b>		36

### Зміст самостійної роботи студентів денної форми навчання

Самостійна робота студентів денної форми навчання полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу, підготовці до виконання і захисту лабораторних робіт, тестування з теоретичного матеріалу, виконанні індивідуальних завдань, в тому числі курсового проекту, тощо.

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №1.	4
2	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №1.	2
3	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №2.	4
4	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №2.	4
5	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №3.	4
6	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №3. Підготовка до тестового контролю.	4
7	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №4.	4
8	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №4.	4
9	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №5.	4
10	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №5.	4
11	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №6.	4
12	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №6. Підготовка до контрольної роботи.	4
13	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №7.	4
14	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №7.	4
15	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №8.	4
16	Опрацювання лекційного матеріалу.	4
17	Опрацювання лекційного матеріалу. Опрацювання результатів лабораторної роботи №8. Підготовка до підсумкового контрольного заходу.	4
<b>Загалом</b>		66

### 3. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Лекції проводяться, з використанням наочних, словесних, проблемно-пошукових методів; практичні та лабораторні заняття проводяться практичними, пояснювально-ілюстративними методами та частково-пошуковими методами; самостійна робота передбачає виконання індивідуальних завдань із залученням практичних, дослідницьких, частково-пошукових методів.

### 4. ФОРМИ І МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточний контроль здійснюється під час лекційних, практичних та лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочим планом дисципліни.

Семестровий контроль проводиться у формі іспиту. 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 – особа має орієнтовне уявлення щодо понять, які вивчаються з дисципліни.

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

Продуктивно-синтетичний – 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 і 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 використовуються різні засоби контролю, зокрема: усне опитування перед допуском до виконання лабораторної та практичної робіт – здійснюється на їх початку; засвоєння теоретичного матеріалу з тем перевіряється тестовим контролем; якість виконання, набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом захисту кожної лабораторної та практичної роботи, та індивідуального завдання згідно з робочою програмою дисципліни і робочим навчальним планом.

При оцінюванні знань студентів викладач керується такими критеріями. Оцінку „відмінно” 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 і конструктивні рішення. Відмінна оцінка передбачає грамотний, логічний виклад відповіді (як в усній, так і в письмовій формі), якісне зовнішнє оформлення. Оцінка "відмінно" виставляється студенту, який глибоко засвоїв матеріал дисципліни, та вміє його раціонально застосувати, знає методики та вміє ними користуватися при вирішенні практичних задач. Студент не повинен вагатися при видозміні запитання, повинен робити детальні та узагальнюючі висновки.

Оцінку „добре” отримує студент за повне засвоєння навчального матеріалу, володіння понятійним апаратом, орієнтування в 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 має будуватись на основі самостійного мислення. Оцінку „добре” отримує студент за правильну відповідь з двома-трьома суттєвими помилками.

Оцінки "задовільно" 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, але допустив неточності. Вагається при відповіді на видозмінене запитання, разом з тим студент володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді. Оцінки "задовільно" заслуговує студент за неповне опанування програмного матеріалу, але



отримані знання і набуті практичні навички відповідають мінімальним критеріям оцінювання.

Оцінка „незадовільно” 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" виставляється студенту, який не може продовжити навчання без додаткових знань з курсу.

Як результати навчання, отримані у неформальній освіті, зокрема онлайн-курси, може бути зараховано виконання двох лабораторних робіт.

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 та практичних робіт, детальніше розглядаються принципові питання при виконанні лабораторних та практичних робіт та їх захисті.

### Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота								Самостійна, індивідуальна робота	Підсумковий контроль (іспит)
III семестр									
Лабораторні та практичні роботи №:								Поточний контроль:	Підсумковий контрольний захід
1	2	3	4	5	6	7	8	T 1-16	1
ВК: 0,4								0,2	0,4

Примітка: Т – тема дисципліни; ВК – ваговий коефіцієнт;

Для переходу від вітчизняної оцінки до оцінки за шкалою ECTS необхідно знайти середньарифметичну оцінку за вітчизняною шкалою, помножити її на відповідний ваговий коефіцієнт і, додавши всі складові, отримаємо суму балів, які визначають конкретну оцінку ECTS.

### Оцінювання тестових завдань

Тематичний тест для кожного студента складається з двадцяти п'яти тестових завдань, кожне з яких оцінюється одним балом. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 25. Оцінювання здійснюється за чотирибальною шкалою. Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється студенту, представлена у нижченаведеній таблиці.

Сума балів за тестове завдання	1–13	14–16	17–22	23–25
Оцінка	2	3	4	5

На тестування відводиться 25 хвилин (для закритої форми тестів – по одній хвилині на кожне завдання). Тестування студент проходить в он-лайн режимі в модульному середовищі MOODLE.

Якщо студент отримав негативну оцінку, то він має перездати її в установленому порядку, але обов'язково до терміну наступного контролю. У випадку, коли студент не виконав індивідуальний план з дисципліни у заплановані терміни без поважних причин, то під час відпрацювання заборгованості при позитивній відповіді йому виставляється оцінка „задовільно”.

Підсумкова семестрова оцінка за національною шкалою і шкалою ECTS встановлюється в автоматизованому режимі після внесення усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ECTS наведені у табл. 9.

Залік виставляється, якщо середньозважений бал, який отримав студент з дисципліни, знаходиться в межах від 3,00 до 5,00 балів. При цьому за вітчизняною шкалою ставиться «зараховано», а за шкалою ECTS – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом кількості балів.

### Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ECTS	Інституцій на шкала балів	Інституцій на оцінка	Критерії оцінювання	
A	4,75-5,00	5	Зараховано	<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	Незараховано	<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 ЗДОБУТИХ СТУДЕНТАМИ ЗНАНЬ

1. Дайте визначення цифрового двійника.
2. Дайте визначення апроксимації.
3. Що називається математичною моделлю фізичної системи?
4. Назвіть основні типи похибок числових методів.
5. Дайте визначення відносної похибки.
6. Дайте визначення абсолютної похибки.
7. Яке значення фізичної величини називають умовно істинним?
8. Приведіть математичний вираз середньоквадратичної похибки.
9. Дайте визначення сигналу.
10. Який сигнал називається дискретним?
11. Який сигнал називається неперервним?
12. Який сигнал називається квантованим?
13. Який сигнал називається цифровим?
14. Дайте визначення кроку дискретизації.
15. Приведіть і поясніть формулу числового диференціювання за методом Ейлера.
16. Приведіть і поясніть формулу числового інтегрування за методом Ейлера.
17. Приведіть і поясніть вираз дискретної згортки.
18. Зворотна дискретна згортка.
19. Дискретне перетворення Фур'є.
20. Зворотне дискретне перетворення Фур'є.
21. Дайте визначення інтерполяції.
22. Лінійна інтерполяція.
23. Сплайнова інтерполяція.
24. Дайте визначення екстраполяції.
25. Лінійна екстраполяція.
26. Сплайнова екстраполяція.
27. Числове інтегрування із використанням інтерполяції.
28. Числове інтегрування за методом Ейлера.
29. Числове інтегрування за методом трапецій.
30. Числове інтегрування за методом Сімпсона.
31. Представлення моделі у просторі станів.
32. Сформулюйте і поясніть задачу Коші.
33. Порядок розв'язування диференційних рівнянь з використанням методу Ейлера.
34. Порядок розв'язування диференційних рівнянь з використанням інтерполяції.
35. Вирішувачі MATLAB.
36. Зворотна дискретна згортка.
37. Дискретне перетворення Фур'є.
38. Зворотне дискретне перетворення Фур'є.
39. Дайте визначення інтерполяції.
40. Лінійна інтерполяція.
41. Сплайнова інтерполяція.
42. Дайте визначення екстраполяції.
43. Лінійна екстраполяція.
44. Сплайнова екстраполяція.
45. Числове інтегрування із використанням інтерполяції.
46. Числове інтегрування за методом Ейлера.
47. Числове інтегрування за методом трапецій.
48. Числове інтегрування за методом Сімпсона.
49. Представлення моделі у просторі станів.
50. Задача безумовної оптимізації.

## 8. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Навчальний процес з дисципліни повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою.

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Мельник А.О. (ред.) Кіберфізичні системи: технології збору даних. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 250 с.
2. Цифрові двійники для промислового застосування: Біла книга Industrial Internet Consortium. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 60 с.
3. Яцишин С.П., Мідик А.В. Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2021. – 180 с.
4. Цифровий двійник: контроль, ефективність, безпека. – Київ: SmartEAM, 2021. – 45 с.
5. Цифрові двійники: що це за технологія і як вона допоможе відновити Україну. – Київ: PSM7, 2023. – 30 с.
6. Технологічні драйвери цифрової трансформації: цифрові двійники. – Київ: КНЕУ, 2021. – 25 с.
7. Цифровий двійник: Як штучний інтелект формує майбутнє. – Київ: Probesto, 2024. – 20 с.
8. Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення. – Львів: Наукові журнали та конференції ISTCMTM, 2018. – 34-38 с.
9. Цифрові двійники - Centre 4.0 DІN KPI. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 15 с.
10. Кіберфізичні системи та їх програмне забезпечення. – Львів: Наукові журнали та конференції ISTCMTM, 2018. – 34-38 с.

### Додаткова

11. Цифрові двійники для промислового застосування. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 60 с.
12. Цифровий двійник: Як штучний інтелект формує майбутнє. – Київ: Probesto, 2024. – 20 с.
13. Цифрові двійники: що це за технологія і як вона допоможе відновити Україну. – Київ: PSM7, 2023. – 30 с.
14. Технологічні драйвери цифрової трансформації: цифрові двійники. – Київ: КНЕУ, 2021. – 25 с.
15. Цифровий двійник: контроль, ефективність, безпека. – Київ: SmartEAM, 2021. – 45 с.
16. Fedula M.V. The Improvement of Energy Harvesting Efficiency of Constant Current Source / Martyniuk, V. V.; Kosenkov, V. D.; Fedula, M., V. // Problemele energeticii regionale. Iss. 1-2, 2019, pp. 74-83.
17. Науково-прикладні методи компенсації пікового навантаження електромереж на основі суперконденсаторів та сонячних модулів: Монографія / В. В. Мартинюк, М. В. Федула, Г. А. Ільчук, Р. Ю. Петрусь // Хмельницький: Видавництво “Нілан-ЛТД”, 2017. – 143 с.

## 11. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Модульне середовище для навчання. Доступ до ресурсу: <https://msn.khmnu.edu.ua/>.
2. Електронна бібліотека університету Доступ до ресурсу : <http://library.khmnu.edu.ua/>
3. Репозитарій ХНУ. Доступ до ресурсу: <https://elar.khmnu.edu.ua/home>