

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Кафедра конструювання машин і обладнання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету інформаційних
технологій
Ігор БОЛБОТ
2026 р.



СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри
конструювання машин і обладнання
Протокол № 10 від "19" 05 2026 р.
Завідувач кафедри
Вячеслав ЛОВЕЙКІН

РОЗГЛЯНУТО

Гарант ОП «Робототехніка»
Ігор БОЛБОТ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ КІБЕРФІЗИЧНИХ
СИСТЕМ**

Галузь знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»

Спеціальність: G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Освітня програма «Робототехніка»

Факультет інформаційних технологій

Розробники: професор кафедри конструювання машин і обладнання, д.т.н., проф.
Ромасевич Ю.О., доцент кафедри конструювання машин і обладнання, к.т.н., доц.
Крушельницький В.В.

Київ – 2026 р.

Опис навчальної дисципліни

Моделювання та оптимізація кіберфізичних систем

(назва)

Актуальність вивчення дисципліни "Моделювання та оптимізація кіберфізичних систем" зумовлена стрімким розвитком технологій Індустрії 4.0, розумних пристроїв і автоматизованих систем. Знання методів моделювання дозволяє ефективно аналізувати та проектувати кіберфізичні системи, а оптимізація – покращувати їхню продуктивність, надійність і безпеку. Ця дисципліна формує ключові компетенції для фахівців у сферах ІТ, сільського та лісового господарств, робототехніки, енергетики, транспорту та медицини, де кіберфізичні системи відіграють центральну роль.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Магістр	
Спеціальність	G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»	
Освітня програма	Робототехніка	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота) (за наявності)	-	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Курс (рік підготовки)	1	-
Семестр	1	-
Лекційні заняття	30 год.	-
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	30 год.	-
Самостійна робота	60 год.	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	12 год.	-

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни
Метою дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти знання, умінь та навичок щодо побудови моделей кіберфізичних систем, їх аналізу, дослідження ефективності функціонування та застосування методів оптимізації для підвищення продуктивності, надійності й адаптивності таких систем.

Основні задачі вивчення дисципліни: 1) ознайомити студентів з основами структури та принципами роботи кіберфізичних систем; 2) навчити методам математичного та комп'ютерного моделювання КФС; 3) розвинути навички аналізу динамічних процесів у складних системах; 4) засвоїти сучасні методи оптимізації функціонування КФС; 5) ознайомити з програмними засобами моделювання; 6) формувати вміння приймати інженерні рішення на основі результатів моделювання та оптимізації.

Набуття компетентностей:

інтегральна компетентність: здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у галузі автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і суперечливістю вимог.

загальні компетентності (ЗК):

ЗК3 - Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу);

спеціальні (фахові) компетентності (СК):

СК 1 - 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.

СК 3 - Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами.

СК 5 - Здатність інтегрувати знання з інших галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач та проведенні наукових досліджень.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПРН1 - 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.

ПРН3 - Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій 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.

ПРН5 - Розробляти комп'ютерно-інтегровані системи управління складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, застосовуючи системний підхід із врахуванням нетехнічних складових оцінки об'єктів автоматизації.

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

2. Програма та структура навчальної дисципліни

2. Програма та структура навчально-дослідницької програми														
Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	денна форма							Заочна форма						
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Змістовий модуль 1. Основи моделювання КФС														
Тема 1. Вступ до кіберфізичних систем: структура, призначення та приклади застосування	1	19	2	-	2	-	15	-	-	-	-	-	-	
Тема 2. Архітектура та компоненти КФС: сенсори, виконавчі механізми, обчислювальні модулі	1-4	12	4	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	
Тема 3. Методи математичного моделювання КФС: класифікація моделей та підходів. Моделювання динаміки КФС	4-5	23	4	-	4	-	15	-	-	-	-	-	-	
Разом за модулем 1	54		10	-	14	-	30	-	-	-	-	-	-	
Змістовий модуль 2. Оптимізація КСФ														
Тема 1. Методи оптимального керування в КФС	5-6	21	4	-	2	-	15	-	-	-	-	-	-	
Тема 2. Еволюційні, генетичні та стохастичні методи оптимізації КФС.	7-8	10	6	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	
Тема 3. Проєктування та оптимізація КФС в контексті Індустрії 4.0	9	4	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
Тема 4. Інтелектуальні компоненти в КФС: нейромережі, та машинне навчання	9-12	31	8	-	8	-	15	-	-	-	-	-	-	
Разом за модулем 2	66		20	-	16	-	30	-	-	-	-	-	-	
Усього годин	120		30	-	30	-	60	-	-	-	-	-	-	

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ до кіберфізичних систем: структура, призначення та приклади застосування	2
2	Архітектура та компоненти КФС: сенсори, виконавчі механізми, обчислювальні модулі	4
3	Методи математичного моделювання КФС: класифікація моделей та підходів. Моделювання динаміки КФС	4
4	Методи оптимального керування в КФС	4
5	Еволюційні, генетичні та стохастичні методи оптимізації КФС.	6
6	Проектування та оптимізація КФС в контексті Індустрії 4.0	2
7	Інтелектуальні компоненти в КФС: нейромережі, та машинне навчання	8

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ознайомлення з архітектурою кіберфізичних систем	2
2	Сенсорні підсистеми у КФС	4
3	Виконавчі механізми у КФС	4
4	Динамічні процеси КФС	4
5	Оптимальне керування в КФС	2
6	Стохастичні методи оптимізації	2
7	Генетичні алгоритми для налаштування регулятора	2
8	Цифровий двійник КФС	2
9	Застосування нейронних мереж у КФС	4
10	Розробка інтегрованої системи	4

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тенденції розвитку сучасних КФС у контексті Індустрії 4.0	15
2	Типи та рівні математичних моделей КФС	15

3	Задачі оптимального проектування КФС	15
4	Реалізація функцій побудови ШНМ у середовищі Wolfram Cloud	15

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

При викладанні даної дисципліни використовуються засоби діагностики: усне опитування; екзамен; модульні тести; захист лабораторних робіт.

7. Методи навчання

При викладанні даної дисципліни використовуються: метод проблемного навчання; метод практико-орієнтованого навчання; метод навчання через дослідження; метод навчальних дискусій та дебат; метод командної роботи, мозкового штурму.

8. Оцінювання результатів навчання

Оцінюють знання здобувача вищої освіти за 100-бальною шкалою, яку переводить у національну оцінку згідно з чинним «Положенням про екзамени та заліки у НУБіП України».

8.1 Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Змістовий модуль 1. Основи моделювання КФС		
Лабораторна робота 1	ПРН1 - Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз	10
Самостійна робота 1		15
Лабораторна робота 2		10
Лабораторна робота 3		10
Лабораторна робота 4		10

Самостійна робота 2	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 та комп'ютерно-інтегрованих технологій 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. ПРН5 - Розробляти комп'ютерно-інтегровані системи управління складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, застосовуючи системний підхід із врахуванням нетехнічних складових оцінки об'єктів автоматизації. ПРН12 - Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її. У тому числі знати архітектуру та основні компоненти і взаємозв'язки КФС, працювати з сенсорними підсистемами для збору й аналізу даних, реалізовувати керування виконавчими механізмами.	15
Модульна контрольна робота 1.	-	30
Разом за модулем 1	-	100
Змістовий модуль 2. Оптимізація КСФ		
Лабораторна робота 5	ПРН1 - Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих	7
Самостійна робота 3		10
Лабораторна робота 6		7
Лабораторна робота 7		7
Лабораторна робота 8		7
Лабораторна робота 9		10

Лабораторна робота 10	технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.	12
Самостійна робота 4	ПРН3 - Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій 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. ПРН5 - Розробляти комп'ютерно-інтегровані системи управління складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, застосовуючи системний підхід із врахуванням нетехнічних складових оцінки об'єктів автоматизації. ПРН12 - Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її. У тому числі застосовувати методи оптимального, стохастичного та генетичного керування в КФС, створювати цифрові двійники, використовувати нейронні мережі розробляти інтегровані системи й алгоритмами оптимізації.	10
Модульна контрольна робота 2.	-	30
Разом за модулем 2	-	100
Навчальна робота	-	$0,7(M1*54+M2*66)/120 \leq 70$
Екзамен	-	30
Разом за курс	-	(Навчальна робота+екзамен) ≤ 100

8.2 Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна та результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	відмінно	зараховано
74-89	добре	
60-73	задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

8.3 Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання:	роботи, які здають із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).
Політика щодо академічної доброчесності:	списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонено (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Всі роботи, реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу
Політика щодо відвідування:	відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в онлайн формі за погодженням із деканом факультету)

9. Навчально-методичне забезпечення

- Електронний курс "Моделювання та оптимізація кіберфізичних систем" Навчально-інформаційний портал НУБІП України: <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=4167>
- Конспекти лекцій та їх презентації (в електронному вигляді).
- Методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти.

10. Рекомендовані джерела інформації

- Барабаш О. В., Свинчук О. В., Мусієнко А. П. Математичне моделювання та оптимізація процесів і систем. Частина 1: навч. посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 160 с.
- Баженов В. А. Моделювання та оптимізація електроенергетичних та електромеханічних систем: навч. посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 69 с.
- Складаний Д. М., Запорожець Ю. А., Мердох С. Л., Плашихін С. В. Моделювання та оптимізація об'єктів та систем управління: навч. посібник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 99 с.
- Вислоух С. П., Волошко О. В., Тимчик Г. С., Філіппова М. В. Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Методи оптимізації: підручник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 267 с.

5. Кравченко І. В., Микитенко І. В., Тимчик Г. С. Комп'ютерне моделювання: процеси і системи: підручник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 215 с.
6. Пех П. А. Методи моделювання кіберфізичних систем: методичні матеріали. – Луцьк: ЛНТУ, 2024. – Доступно в електронному репозитарії ЛНТУ
7. Mellal M. A. (2022). Design and Control Advances in Robotics. IGI Global. 387 p.
8. Zhang C., Wu J., Li C. (2024). Recent Progress in Robot Control Systems: Theory and Applications. MDPI. 312 p.
9. Gu J., Hu F., Zhou H., Fei Z., Yang E. (2024). Robotics and Autonomous Systems and Engineering Applications of Computational Intelligence. Springer. 434 p.
10. Romasevych, Yu., Loveikin, V., & Krushelnytskyi, V. (2024). Comparative study of PI-controller and neurocontroller performances in optimal by settling time control problems. Machinery & Energetics, 15(3), 94-102. doi: 10.31548/ machinery/3.2024.94.
11. Romasevych, Y., Loveikin, V., & Krushelnytskyi, V. (2025). Mobile robot optimal path planning via spline approximation of RRT* generated positions. U.P.B. Scientific Bulletin, Series D, 87(4), 55–68 .