

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## **РОЗРОБКА КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ**

Методичні вказівки  
до виконання курсової роботи  
для здобувачів другого (магістерського рівня) вищої освіти  
за спеціальністю 174 «Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Київ 2025

УДК 31.264

Р64

Укладач В. Ю. Луценко, канд. техн. наук, доцент

Рецензент Г. М. Голенков, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск А. В. Запривода, канд. техн. наук,  
доцент

*Затверджено на засіданні кафедри автоматизації  
технологічних процесів, протокол № 7 від 25 лютого 2025 року.*

В авторській редакції.

**Розробка** кібер-фізичних систем [Електронний ресурс] :  
Р64 методичні вказівки до виконання курсової роботи / уклад.  
В. Ю. Луценко. – Київ : КНУБА, 2025. – 18 с.

Розглянуто методологію та методику написання курсової роботи, яка є однією із форм індивідуального завдання та виконується студентом самостійно та консультуванні викладачем. Надано короткі теоретичні відомості та сформульовано завдання на курсову роботу за темою «Розробка заходів з автоматизації методами теорії кібер-фізичних систем».

Призначено для здобувачів другого (магістерського рівня) вищої освіти за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

© КНУБА, 2025

## ЗМІСТ

Загальні положення .....	4
1. Основи розробки кібер-фізичних систем.....	5
1.1 Поняття «кібер-фізичної системи».....	5
1.2. Архітектура кібер-фізичних систем.....	5
1.3. Етапи розробки кіберфізичних систем .....	9
1.4. Інструменти розробки КФС .....	9
2. Об'єм, зміст та оформлення курсової роботи .....	10
2.1 Склад курсового проекту.....	10
2.2 Зміст розділів курсового проекту .....	10
2.3 Правила оформлення розрахунково-пояснювальної записки ..	12
2.4 Завдання на курсовий проєкт .....	15
Список літератури .....	17

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Кібер-фізичні системи (КФС) є сучасним напрямком розвитку технологій, що поєднує обчислювальні, фізичні, інформаційні та мережеві компоненти для створення інноваційних рішень у різних галузях. Їх застосування спрямоване на автоматизацію процесів, підвищення точності, безпеки та ефективності роботи як в промисловості, так і в побуті. КФС є основою таких концепцій, як Інтернет речей (IoT), Індустрія 4.0, розумні міста та енергетичні системи майбутнього.

У рамках дисципліни "Розробка кібер-фізичних систем" студенти набувають знань і навичок, необхідних для проєктування, моделювання, програмування, тестування та інтеграції таких систем. Курсова робота є важливою складовою навчального процесу, оскільки дозволяє закріпити теоретичні знання, опанувати сучасні технології та отримати практичний досвід розробки КФС.

Мета курсової роботи – розробка проєкту кібер-фізичної системи, що вирішує конкретну задачу у визначеній галузі, наприклад, промисловості, будівництві, медицині, транспорті чи енергетиці. У процесі роботи студенти опановують комплексний підхід до розв'язання задач, що включає вибір архітектури системи, підбір апаратних і програмних компонентів, реалізацію алгоритмів управління та аналіз ефективності запропонованого рішення.

Методичні вказівки містять структуровані рекомендації щодо етапів розробки проєкту, опис вимог до його оформлення, а також критерії оцінювання.

Розробка курсової роботи сприяє розвитку творчого та критичного мислення, формує навички роботи з сучасними технологіями, підвищує здатність вирішувати прикладні задачі та готує до професійної діяльності у сфері кібер-фізичних систем.

# 1. Основи розробки кібер-фізичних систем

## 1.1. Поняття «кібер-фізичної системи»

Кібер-фізична система (КФС) – це інтеграція обчислювальних компонентів (програмного забезпечення), фізичних процесів (апаратних компонентів) та мережевої інфраструктури. Головною метою КФС є забезпечення зворотного зв'язку між фізичним і цифровим світами для ефективного управління процесами в реальному часі.

КФС знайшли широке застосування у таких галузях як промисловість (Індустрія 4.0) (автоматизація виробництва, інтелектуальні робототехнічні системи); Енергетика (розумні енергомережі (Smart Grids), управління енерговитратами); медицина (моніторинг стану пацієнтів, кібер-фізичні протези, хірургічні роботи); будівництво (автоматизація будівельних процесів, моніторинг конструкцій, управління автономною технікою); транспорт (інтелектуальні транспортні системи, автономні автомобілі).

До основних компонентів КФС відносять:

- фізична частина (включає в себе сенсори, виконавчі механізми, технічне обладнання);
- кібернетична частина – це програмне забезпечення, алгоритми обробки даних, комунікаційні системи;
- інтерфейс забезпечує зв'язок між фізичним світом і цифровою системою.

КФС працюють на основі збору даних із фізичних об'єктів, їх аналізу в цифровому середовищі та прийняття рішень, що повертаються у фізичну реальність у вигляді керуючих сигналів.

**Основними характеристиками КФС є:**

- взаємодія між фізичними та обчислювальними компонентами;
- можливість роботи в реальному часі;
- автономність, масштабованість та адаптивність;
- інтеграція з Інтернетом речей (IoT) для обміну даними.

## 1.2. Архітектура кібер-фізичних систем

Архітектура КФС складається з таких ключових елементів.

1. Сенсорна підсистема.
  - Збирає дані з фізичного середовища (температура, тиск, вологість тощо).
  - Використовує сенсори, датчики та перетворювачі.

2. Обчислювальна підсистема.
  - Аналізує дані, отримані від сенсорів.
  - Приймає рішення на основі алгоритмів та моделей.
3. Актuatorна підсистема:
  - Виконує команди обчислювальної системи.
  - Забезпечує вплив на фізичний об'єкт (механічний рух, електричний вплив тощо).
4. Комунікаційна підсистема.
  - Передає дані між компонентами системи.
  - Використовує провідні та безпроводні протоколи (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee).

Першим основним завданням розробки архітектури конкретної КФС є її поділ на незалежні ієрархічні рівні та розроблення принципів взаємодії між рівнями, що дозволяє спростити структурну організацію КФС та принципи її побудови.

В основу запропонованого підходу покладено принципи побудови та функціонування кібер-фізичних систем у вигляді багаторівневої, масштабованої, гнучкої та нарощуваної платформи, у складі якої організується захищена взаємодія вимірювальних, обчислювальних, керуючих, комунікаційних та виконавчих компонентів. У таблиці 1 представлено склад багаторівневої платформа для створення прикладних кіберфізичних систем.

*Таблиця 1*

**Багаторівневої платформа для створення прикладних кіберфізичних систем**

<b>Рівень 5</b>	Засоби персонального сервісу
<i>Протоколи міжрівневого обміну інформацією</i>	
<b>Рівень 4</b>	Засоби прийняття рішень
<i>Протоколи міжрівневого обміну інформацією</i>	
<b>Рівень 3</b>	Засоби опрацювання даних
<i>Протоколи міжрівневого обміну інформацією</i>	
<b>Рівень 2</b>	Засоби збору та доставки даних
<i>Протоколи міжрівневого обміну інформацією</i>	
<b>Рівень 1</b>	Засоби взаємодії з Фізичним світом
<b>Рівень 0</b>	Фізичний світ

Забезпечення функціональної повноти різних за призначенням компонентів базової платформи та досягнення синергетичного ефекту від їх об'єднання дозволяє вивести процеси дослідження та управління фізичними процесами (навколишнє середовище, технологічні процеси, об'єкти наукових досліджень і т.д.) на новий якісний рівень. Забезпечення масштабованості, гнучкості та здатності до нарощування відкриє широкі можливості застосування базової платформи як основи для створення широкого спектру КФС.

Розглянемо основні принципи організації міжрівневої та внутрішньорівневої взаємодії в кіберфізичних системах. Основними принципами організації міжрівневої та внутрішньорівневої взаємодії в КФС є такі:

- ієрархічність – нижчі рівні обслуговують запити вищих рівнів;
- прозорість – компоненти кожного рівня не повинні знати про існування інших рівнів;
- безпека – необхідно забезпечити захист як від перехоплення даних, так і від підміни даних зловмисниками для виведення КФС з ладу;
- мультирежимність – різноманіття КФС та сценаріїв їхнього застосування вимагає використання різних режимів передачі даних. Серед таких слід виокремити режим передачі з підтриманням зв'язку, що вимагає значних затрат енергії, та режим без постійного підтримання зв'язку, що використовується в системах з обмеженим живленням;
- уніфікація протоколів взаємодії з точки зору розробників апаратно- програмного забезпечення кожного з рівнів;
- забезпечення широкого діапазону вимог по швидкодії, надійності, захищеності передачі даних;
- конфігуровність параметрів апаратно-програмних засобів, які забезпечують взаємодію (наприклад, фізичні канали передачі даних, можливість вибору апаратних платформ тощо).

Вимоги щодо організації міжрівневої взаємодії зведені в таблицю 2.

## Вимоги щодо організації міжрівневої взаємодії у КФС

Вимога	Обґрунтування
Забезпечення можливості передачі різних об'ємів даних	Різні КФС можуть генерувати різні об'єми даних. Наприклад, мережа давачів з малим періодом опитування генерує малі об'єми, а система збору відео-даних генерує значно більше даних, які необхідно передавати
Забезпечення функціонування при використанні різних апаратних засобів, як малопродуктивних так і високопродуктивних	Оскільки різні КФС використовують різні апаратні засоби (в стаціонарних можна використовувати високопродуктивні апаратні засоби, в той час як в мобільних та автономних, використовуються апаратні засоби з малим споживанням енергії), засоби міжрівневої взаємодії мають працювати на різних апаратних засобах.
Забезпечення надійності передачі даних	У багатьох системах надійність передачі даних є критичною. Особливо актуальним це є для військових систем.
Створення програмних бібліотек та ядер апаратних засобів для реалізації взаємодії на різних рівнях КФС	Оскільки основною метою багаторівневої базової платформи КФС є надання зручного інструменту для розробки нових елементів КФС та їхня інтеграція в існуючі системи, необхідно надати розробникам різних рівнів, для різних типів апаратних засобів інструменти інтеграції їхніх розробок в КФС. побудованих за моделлю багаторівневої базової платформи КФС.
Забезпечення можливості передачі даних як в системах реального часу, так і в системах без необхідності передачі даних в режимі реального часу	В системах керування віддаленими об'єктами КФС та в системах з командною роботою багатьох елементів, важливим питанням є вчасна доставка команд та даних.

### 1.3. Етапи розробки кіберфізичних систем

Розробка КФС включає кілька послідовних етапів.

#### 1. Аналіз вимог

- Визначення задачі та функцій системи.
- Визначення апаратних і програмних обмежень.

#### 2. Проектування системи

- Вибір архітектури.
- Моделювання роботи системи.

#### 3. Розробка апаратної частини

- Вибір сенсорів, мікроконтролерів та актуаторів.
- Побудова електронної схеми.

#### 4. Програмування системи

- Розробка алгоритмів роботи.
- Інтеграція програмного забезпечення з апаратною частиною.

#### 5. Тестування та оптимізація

- Перевірка роботи системи в реальних умовах.
- Усунення помилок та доопрацювання.

Проектування КФС необхідно здійснювати з дотриманням наступних ключових принципів

1. **Модульність.** КФС повинні складатися з незалежних компонентів, які легко інтегрувати.

2. **Масштабованість.** Система має адаптуватися до зростання обсягів даних чи кількості пристроїв.

3. **Надійність.** Забезпечення коректної роботи в умовах непередбачуваних ситуацій.

4. **Енергоефективність.** Оптимізація споживання енергії пристроями системи.

5. **Інтерактивність.** Можливість швидкого реагування на зміни у середовищі.

### 1.4. Інструменти розробки КФС

1. **Обладнання:** мікроконтролери (Arduino, STM32), мікропроцесори (Raspberry Pi), сенсори та актуатори.

#### 2. **Програмне забезпечення:**

- Програмування: C/C++, Python.
- Інструменти моделювання: MATLAB/Simulink.
- Платформи IoT: AWS IoT, Google Cloud IoT, ThingSpeak.

3. **Мережеві технології:** Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth.
4. **Мови програмування:** C, Python, Java для мікроконтролерів та хмарних обчислень.
5. **Операційні системи:** FreeRTOS, ContikiOS для забезпечення роботи в реальному часі.
6. **Платформи:** Arduino, Raspberry Pi, ESP8266 для побудови прототипів.

## **2. Об'єм, зміст та оформлення курсової роботи**

### **2.1. Склад курсового проєкту**

Курсова робота складається з розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 18-20 сторінок та графічної частини.

Розрахунково-пояснювальна записка повинна включати наступні розділи:

- реферат;
- вступ;
- аналіз технологічного процесу та можливостей його автоматизації;
- обґрунтування застосування робототехнічних засобів для вирішення задач автоматизації;
- обґрунтування та вибір необхідних датчиків, мікроконтролера, виконавчих механізмів;
- розробка структурної (функціональної) схеми автоматизації;
- розробка програмних модулів збору, обробки, зберігання вимірювальної інформації .

Графічна частина повинна включати наступні креслення, що розміщуються у відповідних розділах курсового проєкту або в додатках:

- структурна схема АСУ ТП на аркушах формату А3 чи А4;
- принципіальні схеми окремих функціональних блоків, що входять до складу АСУ ТП на аркушах формату А4.

### **2.2. Зміст розділів курсового проєкту**

#### ***Титульна сторінка***

Титульна сторінка містить назву курсової роботи, наприклад

«Розробка системи вимірювання роботизованих засобів промислової автоматики», відомості про ВНЗ, кафедру, де виконано роботу, керівника, виконавця, академічну групу та рік виконання.

### ***Реферат***

У рефераті наводяться відомості:

- тема курсової роботи;
- варіант курсової роботи;
- вихідні дані для проектування;
- кількість сторінок пояснювальної записки, рисунків, таблиць, графіків, кількість та назву креслень графічної частини.

### ***Вступ***

У вступі необхідно у довільній формі надати інформацію про основні тенденції розвитку та вдосконалення робототехнічних засобів промислової автоматики, охарактеризувати актуальність теми, що розроблюється та навести основні результати проектування.

### ***Теоретична частина***

У теоретичній частині необхідно представити аналіз технологічного процесу, що автоматизується, можливостей його автоматизації робототехнічними засобами промислової автоматики; провести огляд первинних вимірювальних перетворювачів, що використовуються для вимірювання заданого технологічного параметру. На основі цього огляду обґрунтувати вибір відповідного датчика та описати принцип його роботи. Технічні характеристики необхідно наводити, використовуючи для цього дані технічних паспортів на вимірювальні прилади, довідкову літературу, ДСТУ. Джерела, з яких були взяті принципіальні схеми та описи, потрібно включити до списку використаної літератури.

### ***Розрахункова частина***

У розрахунковій частині необхідно розробити структурну схему вимірювальної системи, описати алгоритм її функціонування та провести необхідні розрахунки окремих вузлів та блоків, у тому числі розрахувати необхідну кількість підсилювальних каскадів, визначити необхідність функціональних перетворювачів та обґрунтувати необхідні характеристики АЦП, розробити програмні модулі отримання, обробки та зберігання вимірювальної інформації.

Приклад опису структурної схеми.

Автоматизована система вимірювання температури в сушильній шафі складається з наступних приладів та апаратури.

1. Датчик температури – термометр опору ТСП-5071 В.
2. Вторинний прилад – електронний міст типу КСМ-1.000.
3. Комутатор, на базі мікросхеми ADG 735.
4. Трьох каскадний електронний підсилювач на базі ОУ ОРА 2171.
5. АЦП – ADS8484.
6. Керуючий мікроконтролер – Atmega 48.

Принцип роботи полягає у наступному. Зміна температури  $\Delta t^0$  повітря в сушильній шафі обумовлює зміну опору термометра  $\Delta R$ , який включено до складу вимірювального мосту. Остання обставина призводить до зникнення рівноваги мосту та появи на його виході сигналу, що є пропорційним зміні температури  $\Delta t^0$ . Цей сигнал після попереднього підсилення подається на вхід 12 розрядного АЦП. Результат АЦП-перетворення зчитується з виходів АЦП та зберігається у пам'яті мікроконтролера Atmega 48. Циклічне підключення датчиків до входу АЦП забезпечує комутатор аналогових сигналів ADG 735, роботою якого також керує мікроконтролер Atmega 48.

### ***Висновки***

У цьому розділі потрібно у довільній формі навести результати проектування та вказати характеристики проведеної розробки.

### **2.3. Правила оформлення розрахунково-пояснювальної записки**

Пояснювальна записка друкується на аркушах формату А4 і повинна відповідати за своїм змістом і оформленням усім вимогам до оформлення документації та звітів у сфері науки та техніки – ДСТУ 3008-95.

Умовні буквені позначення, зображення або знаки повинні відповідати позначенням, прийнятим в чинному законодавстві і державних стандартах.

У курсовій роботі слід застосовувати стандартизовані одиниці фізичних величин, їх найменування і позначення. Застосування в одному документі різних систем позначення фізичних величин не допускається. Одиниці виміру і розмірності, вживані без числових величин, пишуть в тексті повністю словами. У розшифровці буквених формул розмірності пишуть із скороченнями.

Одиниця фізичної величини одного і того ж параметра в межах одного документу має бути постійною.

Неприпустимо відділяти одиницю фізичної величини від числового значення (переносити їх на різні рядки або сторінки).

У формулах у якості символів слід застосовувати позначення, встановлені відповідними державними стандартами. Пояснення кожного символу слід давати з нового рядка в тій послідовності, в якій символи приведені у формулі. Перший рядок пояснення повинен починатися із слова “де” без двокрапки після нього, з абзацного відступу.

Наприклад

$$I = \frac{U}{R}, \quad (1)$$

де  $I$  – струм, А;  $U$  – напруга, В;  $R$  – опір, Ом.

Формули, що записані одна за одною і не розділені текстом, розділяють комами. Формули, що розміщуються в додатках, повинні нумеруватися окремою нумерацією арабськими цифрами в межах кожного додатку з додаванням перед кожною цифрою позначення додатка, наприклад формула (В.1).

Абзаци в тексті починають з відступом, рівним 15-17мм. Рекомендовані параметри при використанні текстового редактора

WORD:

- шрифт Times New Roman;
- кегель - 14;
- абзацний відступ 1,25 см;
- міжрядковий інтервал - 1,5.

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) слід розміщувати безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання у пояснювальній записці.

Ілюстрація позначається словом “Рисунок\_”, яке разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних, наприклад, “Рисунок 3.1 – Схема розміщення”.

Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках.

Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, наприклад, рисунок 3.2 – другий рисунок третього розділу.

Таблицю слід розташовувати безпосередньо після тексту, у якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання в тексті звіту.

Таблиці слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком таблиць, що наводяться у додатках. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці, відокремлених крапкою, наприклад, таблиця 2.1 – перша таблиця другого розділу. Таблиця може мати назву, яку друкують малими літерами (крімпершої великої) і вміщують над таблицею. Назва має бути стислою і відбивати зміст таблиці.

Посилання в тексті пояснювальної записки на джерела слід зазначити порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, “...у роботах [1-7]...”.

Сторінки пояснювальної записки слід нумерувати арабськими цифрами, додержуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту. Номер сторінки проставляють у правому верхньому куті сторінки без крапки в кінці.

Найбільш часто оформлення списку літератури у наукових роботах бібліографічні записи розташовуються за алфавітом авторів та заголовків робіт (якщо автора не вказано, або авторів більше трьох):

- розміщення бібліографічних записів при збігу першого слова назви – за алфавітом другого слова і т. д.;
- розміщення праць одного автора – за алфавітом першого слова назви окремих творів;
- розміщення праць авторів з однаковими прізвищами – за алфавітом ініціалів авторів;
- при збігу прізвищ та ініціалів авторів – за алфавітом праць;
- розміщення бібліографічних записів різними мовами:
  - спочатку за зведеним українсько-російським алфавітом чи мовами з кириличним алфавітом;
  - потім література іноземними мовами в порядку латинського алфавіту.

### ***Приклад оформлення списку літературних джерел***

1. Вища школа : наук.-практ. журн. / засн. М-во освіти і науки України ; голов. ред. І. О. Вакарчук. – 2001– . – К. : Знання, 2008– . – Щомісяч. –ISSN 1682-2366. 2008, № 8–10.

2. Вовк Володимир Михайлович. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах : монографія / В. М. Вовк. – Львів : ВЦ ЛНУ ім. І. Франка, 2007. – 584 с. – ISBN 979966-613-532-5.

3. Історія світової та української культури : підруч. для студ. ВНЗ / В. Греченко, І. Чорний, В. Кушнерук, В. Режко. – К. : Літера, [2005]. – 464 с. – ISBN 966-95287-8-X.

Курсова робота допускається до захисту, якщо розрахунково-пояснювальна записка та графічна частина роботи не містять помилок принципового характеру і робота задовольняє перерахованим вимогам з оформлення.

Якщо курсову роботу повернено на доопрацювання, то усі виправлення мають бути зроблені студентом в тій же розрахунково-пояснювальній записці після зауважень рецензента.

Після отримання допуску до захисту роботи, треба вивчити усі зауваження рецензента і виправити помилки, виконавши необхідні записи на чистих (чи вклеєних) аркушах.

#### **2.4. Завдання на курсовий проєкт**

Завдання на курсовий проєкт представлені в таблиці 3. Завдання вибираються відповідно до порядкового номеру студента в академічному журналі.

## Завдання до курсового проєктування

1. Проєктування системи моніторингу стану будівельних конструкцій методами кібер-фізичних систем.
2. Розробка кібер-фізичної системи управління автономною будівельною технікою.
3. Інтелектуальна система контролю енергоефективності будівель.
4. Кібер-фізична система управління роботами для будівельного 3D-друку.
5. Розробка КФС для моніторингу прогресу будівництва за допомогою дронів.
6. Кібер-фізична система управління та контролю транспортних потоків на будівельному майданчику.
7. КФС для автоматичного вирівнювання будівельних елементів за допомогою лазерних датчиків.
8. КФС управління роботами для фарбування та оздоблення фасадів будівель.
9. КФС для інтеграції розумних сенсорів у модульне будівництво.
10. Автономна система виявлення та попередження аварійних ситуацій у будівництві.
11. Розробка інтелектуальної системи управління будівельними кранами.
12. Кібер-фізична система для автоматизації монтажу сталевих конструкцій.
13. Система збору та аналізу даних для оцінки сейсмостійкості будівель.
14. Розробка системи інтеграції кібер-фізичних пристроїв у будівельні "розумні міста".
15. Система керування автономними машинами для земляних робіт на основі GPS і IoT.
16. КФС для автоматизації зварювальних робіт у будівельній галузі.
17. Система інтеграції кібер-фізичних елементів у систему управління кліматом у будівлях.
18. Розробка автоматизованої системи моніторингу якості повітря на будівельному майданчику.
19. КФС для відстеження переміщення будівельних матеріалів за допомогою RFID-технологій.
20. Інтелектуальна система управління роботами для утеплення будівель.
21. Розробка КФС для виявлення дефектів у бетонних конструкціях за допомогою ультразвукових сенсорів.

## Список літератури

1. *Sanfelice R. G.* Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach // Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice / D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic. — CRC Press, 2016.
2. *Мельник А.О.* Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проєктування. / А.О. Мельник, В.А. Мельник, В.С. Глухов, А.М. Сало – Магнолія, 2023.– 238с.
3. *Бочкарьов О.Ю.* Кіберфізичні системи: технології збору даних / О.Ю. Бочкарьов, В.А. Голембо, Я.С. Парамуд, В.О. Яцук. – Магнолія, 2023.– 176с.
4. *Khaitan et al.* Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey, IEEE Systems Journal, 2014, 9(2), pp.1-16.
5. *Шикалов В.С.* Технологічні вимірювання: навчальний посібник. / В.С. Шикалов – К.:Кондор, 2007.–168с.

Навчально-методичне видання

## **РОЗРОБКА КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ**

Методичні вказівки  
до виконання курсової роботи  
для здобувачів другого (магістерського рівня) вищої освіти  
за спеціальністю 174 «Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Укладач **Луценко** Вадим Юрійович

Комп'ютерне верстання *А.П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 1,16. Обл.-вид. арк. 1,25  
Електронний документ. Вид № 70/V-25

Виконавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03680

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.