



# ПРОЕКТУВАННЯ КІБЕР-ФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	121 Інженерія програмного забезпечення
Освітня програма	Інженерія програмного забезпечення інтелектуальних кібер-фізичних систем в енергетиці
Статус дисципліни	<u>Нормативна</u>
Форма навчання	<u>зочна</u>
Рік підготовки, семестр	2 курс, <u>весняний</u>
Обсяг дисципліни	4 кред/120 год.(лекцій 6 год., практ. 6 год., СРС 108 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік, мкр
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	<u>Українська/Англійська/Німецька / Французька</u>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., доц. Федорова Наталія Володимирівна, <a href="mailto:Natasha_f@ukr.net">Natasha_f@ukr.net</a> , telegram, viber, Zoom session Практичні: асист, Дмитренко Олександра Анатоліївна, telegram, viber, Zoom session
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/NTk0OTIyNzMwNTUy?cjc=kiqvh7x">https://classroom.google.com/c/NTk0OTIyNzMwNTUy?cjc=kiqvh7x</a>

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою дисципліни «**Проектування кібер-фізичних систем**» є набуття знань та принципів розробок програмних застосунків для кібер-фізичних систем, що надає змогу ефективніше та якісніше управляти процесами кібер-фізичних систем, підвищуючи сумарний коефіцієнт корисної дії.

Предметом дисципліни «**Проектування кібер-фізичних систем**» є серія підходів, інструментів і використання сучасних методів щодо проектування та розробки застосунків для кібер-фізичних систем.

#### **Основні завдання кредитного модуля.**

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **Фахові компетентності:**

- Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення (ФК 8);
- Здатність реалізувати фази та ітерації життєвого циклу програмних систем інформаційних технологій на основі відповідних моделей і підходів розробки програмного забезпечення (ФК 11);
- Здатність розробляти та конструювати мобільні, крос- та мульти-платформні застосунки, зокрема, для кібер-фізичних систем з врахуванням специфіки предметної області енергетичної галузі (ФК 20);

- Здатність моделювати процеси в кібер-фізичних та енергетичних системах (ФК 22);
- Здатність проектувати програмне забезпечення кібер-фізичних та енергетичних систем (ФК 23).

Згідно з вимогами ОПП Інженерія програмного забезпечення інтелектуальних кібер-фізичних систем в енергетиці, студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання.

#### **Програмні результати навчання:**

- Знати основні процеси, фази та ітерації життєвого циклу програмного забезпечення (ПРН 3);
- Проводити передпроектне обстеження предметної області, системний аналіз об'єкта проектування (ПРН 10);
- Вибирати вихідні дані для проектування, керуючись формальними методами опису вимог та моделювання (ПРН 11);
- Знати і вміти використовувати фундаментальний математичний інструментарій при побудові алгоритмів та розробленні сучасного програмного забезпечення (ПРН 25);
- Вміти організовувати, налаштовувати та програмувати у комп'ютерних мережах (ПРН 27);
- Вміти створювати програмне забезпечення для інтелектуальних кібер-фізичних систем, в тому числі з врахуванням специфіки предметної області енергетичної галузі (ПРН 33);
- Вміти моделювати процеси в кібер-фізичних та енергетичних системах (ПРН 35);
- Вміти проектувати програмне забезпечення кібер-фізичних та енергетичних систем (ПРН 36).

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Вивчення дисципліни спирається на знання, отримані за програмою попередніх років навчання за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення. Студенти мають досвід у імперативному, об'єктно-орієнтованому і функціональному програмуванні.

Викладений матеріал може бути інструментальною основою для підготовки магістерських дисертацій.

Міждисциплінарні зв'язки забезпечуються дисциплінами «Математичний аналіз», «Теорія ймовірностей» «Бази даних», «Бази даних. Курсова робота», «Фізичні основи кібер-фізичних систем».

### **Зміст навчальної дисципліни**

#### **Розділ 1. Концепція «Кібер-фізичної системи». Основні поняття, приклади. Загальна інфраструктура.**

Тема 1. Поняття «кібер-фізична система». Основні аспекти та складові елементи трактування поняття «кібер-фізична система». Прикладна область - енергетична інфраструктура. Енергетична інфраструктура: визначення та склад, етапи розвитку. Інженерні системи. Сучасний стан енергетики та перспективи розвитку. Smart House, Smart Grid та MicroGrid. Управління технологічними процесами. Генерування, передачі, розподілу та споживання енергії. Енергоринок. Екологічні аспекти енергетики. Управління попитом на енергію. Зв'язок з соціальною, інфраструктурою.

Тема 2. Управління процесами енергетичної інфраструктури. Централізація та децентралізація управління. Інтегровані та автономні системи енергозабезпечення. Системи диспетчеризації: моніторинг, контроль та управління. Системи реального часу. Геоінформаційні системи. Сервісне обслуговування енергетичних мереж

Тема 3. Інтелектуальні системи управління енергетичною інфраструктурою. Застосування штучного інтелекту в кібер-фізичних системах на прикладі «розумних» міст як масштабних кібер-фізичних систем.

### 3. Навчальні матеріали та ресурси

#### Базова література

1. Cyber-Physical Systems Modelling and Simulation. Editors: Nikolas Flourentzou, Stella Hadjistassou, and Irina Ciornei RTU Press 2022. – 240 p. [Online] [https://ebooks.rtu.lv/wp-content/uploads/sites/32/2022/11/9789934226755\\_Cyber-Modeling-and-Simulation.pdf](https://ebooks.rtu.lv/wp-content/uploads/sites/32/2022/11/9789934226755_Cyber-Modeling-and-Simulation.pdf)
2. Розробка та аналіз вимог до програмного забезпечення компоненти програмної інженерії курсове проєктування. Л.А. Люшенко Я.В. Хіцко. Київ КПІ ім. Ігоря Сікорського 2020. – 64 с. [Online] [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38101/1/Rozrobka\\_ta\\_analiz\\_KP.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38101/1/Rozrobka_ta_analiz_KP.pdf)
3. E. A. Lee and S. A. Seshia, “Introduction to Embedded Systems: A Cyber-Physical Systems Approach”, 2011.
4. R. Alur, “Principles of Cyber-Physical Systems,” MIT Press, 2015.
5. T. D. Lewis “Network Science: Theory and Applications”, Wiley, 2009.
6. C. Cassandras, S. Lafortune, “Introduction to Discrete Event Systems”, Springer 2007.
7. Smart grid: fundamentals of design and analysis / James Momoh. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2012. – 218 p.
8. Artificial Intelligence in Renewable Energetic Systems: Smart Sustainable Energy Systems / Mustapha Hatti, Springer International Publishing, 2018. – 531 p.
9. Agent and Multi-Agent Systems: Technology and Applications / 10th KES International Conference, KES-AMSTA 2016 Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain, June 2016 – 350 p.
10. Changyi Gu. Building Embedded Systems./ San Diego, California, USA, 2016. – 322 p.
11. Introduction on multi-agent systems / M. Wooldridge. John Wiley & Sons Ltd, 2002. – 348 p.
12. Architectural design of multi-agent systems : technologies and techniques / Hong Lin. Hershey, New York, 2007. – 421 p.
13. Interaction and Communication among Autonomous Agents in Multiagent Systems/ A dissertation presented by Nicoletta Fornara for the degree of Ph.D. in Communication Sciences. June 2003. – 137 p.

#### Додаткова література

1. Jonathan W. Valvano. Embedded systems: introduction to ARM Cortex M microcontrollers./ 2014. – 594 p.
2. UM1570. User manual Discovery kit with STM32F303VC MCU. / Datasheet, April 2018. – 37 с.
3. Carmine Noviello. Mastering STM32./ Leanpubm, Lean Publishing. - 2018. – 108 p.
4. Smart grid : fundamentals of design and analysis / James Momoh. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2012. – 218 p.

### Навчальний контент

#### 4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Тема 1. Поняття «кібер-фізична система». Основні аспекти та складові елементи трактування поняття «кібер-фізична система». Прикладна область - енергетична інфраструктура. Енергетична інфраструктура: визначення та склад, етапи розвитку. Інженерні системи. Сучасний стан енергетики та перспективи розвитку. Smart House, Smart Grid та MicroGrid. Управління технологічними процесами. Генерування, передачі, розподілу та споживання енергії.

	Енергоринок. Екологічні аспекти енергетики. Управління попитом на енергію. Зв'язок з соціальною, інфраструктурою.
2	Тема 2. Управління процесами енергетичної інфраструктури. Централізація та децентралізація управління. Інтегровані та автономні системи енергозабезпечення. Системи диспетчеризації: моніторинг, контроль та управління. Системи реального часу. Геоінформаційні системи. Сервісне обслуговування енергетичних мереж
3	Тема 3. Інтелектуальні системи управління енергетичною інфраструктурою. Застосування штучного інтелекту в кібер-фізичних системах на прикладі «розумних» міст як масштабних кібер-фізичних систем.

### Практичні заняття

Завданням практичних робіт є отримати практичний досвід з розробки та налаштування елементарного зв'язку між фізичним приладом та програмою.

№ з/п	Назва теми заняття
1	Презентація огляду сучасних відомих кібер-фізичних систем та їх ринку.
2	Змодельовати зчитування даних з багатофазного лічильника та обрахунок вартості електроенергії
3	Модель передбачення погоди

### 5. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу
1	Smart House, Smart Grid та MicroGrid.
2	Системи диспетчеризації: моніторинг, контроль та управління.
3	Системи реального часу та вимоги до них.
4	Моніторинг технічного стану та енергетичного обладнання та енергетичних мереж.
5	Застосування GIS у кібер-фізичних системах
6	Елементна база мікропроцесорної техніки для вбудованих застосувань
7	Технологія M2M
8	Програмовані логічні контролери.
9	Самоорганізація та мультиагентний підхід. Визначення агенту, довкілля агенту: характер та властивості, структура та архітектура агентів, програми агентів, поведінка агенту: концепція раціональності, показники продуктивності, раціональність, навчання та автономність.
10	ACL – мова міжагентного спілкування. База знань для адаптивного планування, віртуальний світ, машина прийняття рішень. Переговори агентів, архітектура MAC з управління ресурсами в реальному часі, мультиагентна платформа, оцінка MAC як складних систем. Мультиагентний підхід у проектуванні Smart-систем.
11	Концепція раціональності. Агенти і варіанти середовища. Якісна поведінка: концепція раціональності. Показники продуктивності. Раціональність. Всезнання, навчання і автономність.

## 6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями:

1) методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда) і дослідницький метод);

2) особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання («мозковий штурм», «аналіз ситуацій» дискусія, експрес-конференція);

3) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації для лекційних занять, використання аудіо-, відео-підтримки навчальних занять).

4) лекційні та лабораторні заняття відносяться до аудиторних занять. Відвідування аудиторних занять є обов'язковим;

5) правила поведінки на заняттях: активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо;

6) правила захисту лабораторних робіт. На лабораторних заняттях студенти під керівництвом викладача вивчають методику експериментальних досліджень. На кожній лабораторній роботі студенти оформляють звіт у письмовому вигляді. До звіту заноситься перебіг досліду, його результати і даються пояснення отриманих результатів з урахуванням похибок експерименту.

7) індивідуальні завдання з дисципліни (реферати, розрахункові, графічні, тощо) видаються студентам в терміни, передбачені вищим навчальним закладом. Індивідуальні завдання виконуються студентом самостійно при консультуванні викладачем. Допускаються випадки виконання комплексної тематики кількома студентами.

8) правила призначення заохочувальних балів: своєчасне виконання та здача лабораторних, індивідуальних завдань, нестандартний підхід до вирішення певного завдання;

правила призначення штрафних балів: несвоєчасне виконання лабораторних та індивідуальних завдань, а також користування допоміжними засобами (наприклад, мобільний телефон, конспект лекцій) під час виконання контрольної роботи.

9) політика дедлайнів та перескладань: невчасно виконані та здані лабораторні роботи оцінюються нижчою оцінкою (-10-15% від загальної підсумкової оцінки).

10) політика щодо академічної доброчесності: письмові роботи можуть перевірятися на наявність плагіату і допускаються до захисту із коректними текстовими запозиченнями не більше 40%. Списування під час контрольних робіт та екзаменів заборонені.

11) інші вимоги, що не суперечать законодавству України та нормативним документам Університету:

- політика щодо відвідування: відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання, за яке нараховуються бали. За об'єктивних причин (підтверджених документально) дозволяється перескладання пропущених тем курсу.

- політика щодо виконання завдань: позитивно оцінюється відповідальність, старанність, креативність, фундаментальність.

## 7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

1. Оцінка з дисципліни виставляється за багатобальною системою, з подальшим перерахуванням у 4-бальну.

2. Максимальна кількість балів з дисципліни дорівнює 100.

3. Нарахування балів по окремих видах робіт:

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримав за:

- виконання практичних робіт;
- написання контрольної роботи (МКР).

## Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

### 1. Виконання практичних робіт

Оцінюються 3 роботи, передбачених робочою програмою. Максимальний ваговий бал гЛР = 45

Сума вагових балів практичних робіт:

№ п.р.	Назва практичної роботи	Максимальний ваговий бал
1	Презентація огляду сучасних відомих кібер-фізичних систем та їх ринку.	15
2	Змодельювати зчитування даних з багатофазного лічильника та обрахунок вартості електроенергії	15
3	Модель передбачення погоди	15
Разом		45

### Оцінювання лабораторних робіт:

—якщо робота виконана невчасно знімається 10-15% від максимальної кількості балів (кількість процентів залежить від терміну запізнення);

—якщо робота виконана не самостійно та простежується не індивідуальне виконання то знімається 50% від максимальної кількості балів;

—якщо в програмі не витримані основні правила створення програмних продуктів (модульність, дружній інтерфейс, наявність коментарів та т.п.) знімається 5%.

### 2. Модульний контроль

На одному з лекційних занять проводиться модульна контрольна робота: Максимальний ваговий бал гМКР = 25.

Оцінювання модульної контрольної роботи виконується наступним чином:

—якщо на всі питання дані повні та чітко аргументовані відповіді, контрольна виконана охайно, з дотримання основних правил, то виставляється 9 - 10 балів;

—якщо методика виконання запропонованого завдання розроблена вірно, але допущені неprincipiові помилки у теоретичному описі або розрахунках, то виставляється 6 - 8 балів;

—від 3 до 5 балів нараховується, якщо методика виконання завдання розроблена в основному вірно, але допущені деякі з наступних помилок: помилки у представленні вихідних даних, не обгрунтовані теоретичні рішення, помилки у методиці розрахунків;

—нижче 3 балів нараховується, якщо завдання не виконане або допущені грубі помилки.

### 3. Залік

Залік відбувається у письмовій формі. Максимальна оцінка за екзамен складає гЕК = 30 балів.

#### Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації студент повинен мати не менше, ніж 10 балів (за умови, що за 8 тижнів згідно з календарним планом контрольних заходів студент повинен отримати 24 бали).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації студент повинен мати не менше, ніж 45 балів (за умови, що за 14 тижнів згідно з календарним планом контрольних заходів студент повинен отримати 74 балів).

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R=45+25+30=100 \text{ балів}$$

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає 100 балів.

**Умови допуску до іспиту:** зарахування всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг  $r \geq 40$  балів.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка RD переводиться згідно таблиці:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## **8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

### **Методичні рекомендації**

Для кращого засвоєння матеріалу дисципліни рекомендується використовувати на лекціях мультимедійні засоби навчання, які дозволяють інтенсифікувати навчальний процес, стимулювати розвиток мислення та уяви студентів, збільшувати обсяг навчального матеріалу для творчого засвоєння і використання його студентами, викликати зацікавленість та позитивне ставлення до навчання. Методика побудована таким чином, що матеріал майже кожної лекції закріплюється виконанням завдання комп'ютерного практикуму. Завдання студенти отримують заздалегідь і на аудиторному занятті під керівництвом викладача виправляють помилки в разі їх наявності та відповідають на запитання щодо програмної реалізації та теоретичних засад роботи. Якість самостійної роботи перевіряється на заняттях комп'ютерного практикуму.

### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): «Проектування кібер-фізичних систем»:**

Складено професором кафедри ПЗЕ, д.т.н., доц. Федоровою Наталією Володимирівною та асистентом кафедри ПЗЕ Дмитренко Олександром Анатолійвною.

Ухвалено кафедрою ПЗЕ (протокол № 34 від 10.05.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № 9 від 31.05.2024 р.)

---

<sup>1</sup>Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.