



# РОЗРОБКА ЗАСТОСУНКІВ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ ТА СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ В ЕНЕРГЕТИЦІ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|   |   |
|---|---|
| Рівень вищої освіти                               | Другий (магістерський)  |
| 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>очна(денна)</u>  |
| Рік підготовки, семестр                           | 1 курс, <u>осінній</u>  |
| Обсяг дисципліни                                  | 5 кред/150 год.(лекцій 36 год., практ. 18 год., СРС 96 год.)  |
| Семестровий контроль/<br>контрольні заходи        | Екзамен, мкр  |
| Розклад занять                                    | <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>   |
| Мова викладання                                   | <u>Українська/Англійська/Німецька / Французька</u>  |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | Лектор: д.т.н., Федорова Наталія Володимирівна, <a href="mailto:Natasha_f@ukr.net">Natasha_f@ukr.net</a> , telegram, viber, Zoom session<br>Практичні: д.т.н., Федорова Наталія Володимирівна, <a href="mailto:Natasha_f@ukr.net">Natasha_f@ukr.net</a> , telegram, viber, Zoom session |
| Розміщення курсу                                  | <a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>   |

### Програма навчальної дисципліни

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

Метою дисципліни “Розробка застосунків Інтернету речей та сенсорних мереж” є набуття знань та практичних навичок використання сучасних методів щодо розробки застосунків Інтернету речей та сенсорних мереж.

Предметом дисципліни “Розробка застосунків Інтернету речей та сенсорних мереж” є серія підходів, інструментів і використання сучасних методів щодо розробки застосунків Інтернету речей та сенсорних мереж.

#### Основні завдання кредитного модуля.

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

#### Загальні компетенції:

- Здатність проводити дослідження на відповідному рівні (ЗК 3);
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК 5).

#### Фахові компетентності:

- Здатність аналізувати предметні області, формувати, класифікувати вимоги до програмного забезпечення (ФК 1);
- Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або прикладні проекти у сфері інженерії програмного забезпечення (ФК 2);

- Здатність проектувати архітектуру програмного забезпечення, моделювати процеси функціонування окремих підсистем і модулів (ФК 3);

- Здатність розробляти програмні застосунки інтернету речей та сенсорних мереж (ФК 10).

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

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

- Оцінювати і вибирати ефективні методи і моделі розроблення, впровадження, супроводу програмного забезпечення та управління відповідними процесами на всіх етапах життєвого циклу (ПРН 2);

- Виявляти інформаційні потреби і класифікувати дані для проектування програмного забезпечення (ПРН 4);

- Розробляти, аналізувати, обґрунтовувати та систематизувати вимоги до програмного забезпечення (ПРН 5);

- Вміти розробляти програмні застосунки інтернету речей та сенсорних мереж (ПРН 18).

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

Дисципліна складається з одного кредитного модуля.

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 «Аналітика обробки даних в сенсорних мережах», «BigData в енергетиці» «Математичні методи моделювання систем з розподіленими параметрами», «Розробка програмного забезпечення мобільних пристроїв».

### **Зміст навчальної дисципліни**

#### **Розділ 1. Архітектура Інтернету речей IoT**

Тема 1. Поняття IoT

Визначення IoT. Розгляд архітектур. Ядро і стек. Управління даними IoT.

Тема 2. Рівні моделі IoT

Рівень приладів. Рівень граничного шлюзу. Рівень «хмари»

Тема 3 Мережева архітектура IoT

Протоколи та транспортні рівні.

Тема 4 Сенсори та контролери

Типи сенсорів. Системи живлення сенсорів

#### **Розділ 2. Connectivity IoT**

Тема 1. Безпроводові комунікації

Тема 1.1 Радіочастотний зв'язок. Типи мереж.

Тема 1.2 Мережеві протоколи. Маршрутизація

Тема 2 Хмарні та туманні обчислення

Тема 2.1 Передача даних в хмарних та туманних технологіях.

Тема 2.2 «Хмарні» сервіси

### 3. Навчальні матеріали та ресурси

#### Базова література

1. Технології створення інтернету речей. Комп'ютерний практикум: навч. посіб. для студентів спеціальності 126 - «Інформаційні системи та технології» денної та заочної форм навчання / Автори: Жураковський Б.Ю., Федорова Н.В., Гаврилко Є.В., Зенів І.О.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 8,61 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 127 с.
2. Timothy Chou. Precision: Principles, Practices and Solutions for the Internet of Things, 2020
3. Perry Lea. Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security
4. David Hanes. IoT Fundamentals: Networking Technologies, Protocols, and Use Cases for the Internet of Things
5. Andy King. Programming the Internet of Things: An Introduction to Building Integrated, Device-to-Cloud IoT Solutions
6. Gary Smart. Practical Python Programming for IoT: Build advanced IoT projects using a Raspberry Pi 4, MQTT, RESTful APIs, WebSockets, and Python 3
7. Neil Wilkins. Internet of Things: What You Need to Know About IoT, Big Data, Predictive Analytics, Artificial Intelligence, Machine Learning, Cybersecurity, Business Intelligence, Augmented Reality and Our Future
8. Colin Dow. Internet of Things Programming Projects: Build modern IoT solutions with the Raspberry Pi 3 and Python
9. Fotios Chantzis Practical IoT Hacking: The Definitive Guide to Attacking the Internet of Things
10. Scott J. Shackelford. The Internet of Things: What Everyone Needs to Know

#### Додаткова література

11. Samuel Greengard. The Internet of Things (MIT Press Essential Knowledge series)
12. Andy King. Programming the Internet of Things: An Introduction to Building Integrated, Device-to-Cloud IoT Solutions
13. Valentina E. Balas. Internet of Things and Big Data Applications: Recent Advances and Challenges (Intelligent Systems Reference Library)
14. Chuan-Kun Wu. Internet of Things Security: Architectures and Security Measures (Advances in Computer Science and Technology)
15. Claire Rowland. Designing Connected Products: UX for the Consumer Internet of Things
16. Andrew Minter. Analytics for the Internet of Things (IoT): Intelligent analytics for your intelligent devices

### Навчальний контент

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

##### Лекційні заняття

| № з/п | Назва теми лекції та перелік основних питань |
|-------|--|
| 1     | Поняття Інтернету речей (IoT)                |
| 2     | Екосистема IoT                               |
| 3     | Архітектура IoT. Порівняння                  |
| 4     | Модель IoT. Рівні моделі.                    |
| 5     | Стандартизація моделі IoT                    |
| 6     | Мережева архітектура IoT                     |
| 7     | Порівняння архітектур                        |
| 8     | Функціональні стеки (рівні) архітектури.     |
| 9     | Модель управління даними                     |

|    |   |
|----|---|
| 10 | Нейронні мережі. Основні поняття<br>Біологічний нейрон, модель Маккаллока-Питтса як лінійний класифікатор. Функції активації.   |
| 11 | Навчання нейронних мереж<br>Алгоритм зворотнього розширення похибки. Проблеми навчання нейронних мереж.   |
| 12 | Навчання без учителя. Зниження розмірності<br>Постановка задачі навчання без учителя. Задача зниження розмірності. Сингулярний розклад матриці. Метод головних компонент. T-SNE алгоритм. |
| 13 | Методи кластеризації<br>Задача кластеризації. Типи методів кластеризації. Алгоритм к-середніх. Змішені моделі.  |
| 14 | Карти самоорганізації.<br>Основні концепції. Конкурендне навчання. Архітектура. Топологія. Алгоритм навчання. Підходи до визначення відстаней. Застосування.                              |
| 15 | Базові підходи до створення рекомендаційних систем<br>Види й області застосування рекомендаційних систем.   |
| 16 | Реалізація рекомендаційної системи засобами Spark<br>Memory-Based Collaborative Filtering.  |
| 17 | Перспективні напрямки розвитку програмних засобів обробки надвеликих даних і машинного навчання   |
| 18 | Програмні рішення обробки надвеликих даних в задачах машинного навчання від лідерів ринку (Amazon, Google, Facebook)  |

### Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у набутті студентами практичних навичок з використання спеціалізованого програмного забезпечення обробки даних та розробки застосунків IoT та сенсорних мереж.

| № з/п | Назва теми заняття  |
|-------|---|
| 1     | Архітектура IoT. Ядро та стек   |
| 2     | Управління даними IoT. Рівні моделі IoT. Рівень приладів. Рівень граничного шлюзу. Рівень хмари для магістральних лічильників тепла |
| 3     | Рівні моделі IoT. Протоколи та транспортні рівні IoT для будинкових лічильників електроенергії                                      |
| 4     | Сенсори та контролери системи теплового насоса. Системи живлення сенсорів   |
| 5     | Програмування сенсорів світла, тепла та електрики   |
| 6     | Передавання даних від сенсору до «хмари» системи вимірювання температури  |
| 7     | Архітектура хмарних систем MicroGrid  |
| 8     | Симуляція і обробка масиву даних MicroGrid  |
| 9     | Структурування даних  |

### 5. Самостійна робота студента/аспіранта

| № з/п                          | Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу |
|--------------------------------|--|
| <b>Тема 1 Машинне навчання</b> |  |

|  |  |
|--|--|
| 1  | Основи машинного навчання<br>Теоретичні засади машинного навчання [9]. Кодування та підготовка даних Mlib. Масштабування та вибір характеристик. MLib Model Training. Оцінка моделі машинного навчання [5].  |
| 2  | Навчання з учителем (Supervised Learning).<br>Метод стохастичного градієнта SG. Логістична регресія. Принцип максимуму правдоподібності і логарифмічна функція втрат. Метод стохастичного градієнта для логарифмічної функції втрат. Математичні основи методу опорних векторів. Завдання квадратичного програмування і двоїста задача. Побудова ядер для методу опорних векторів. Критерії якості класифікації: чутливість і специфічність, ROC-крива і AUC, точність і повнота, AUC-PR [6, 9, 13, 15]. |
| 3  | Навчання без вчителя (Unsupervised Learning).<br>Постановка завдання кластеризації. Постановка завдання Semisupervised Learning, приклади застосування. Алгоритм k-середніх і EM-алгоритм для поділу Гауссовської суміші. Алгоритм Ланса-Вільямса та його окремі випадки. Алгоритм побудови дендрограми. Визначення числа кластерів. Сингулярний розклад в задачі зниження розмірності. Alternating Least Squares з використанням Spark [6, 9, 13, 14, 15].  |
| <b>Тема 2 Обробка даних</b>                  |  |
| 4  | Рекомендаційні системи.<br>Завдання колаборативної фільтрації, транзакційні дані і матриця суб'єкти-об'єкти. Collaborative Filtering and Recommendation [5, 3, 9, 13].   |
| 5  | Перспективні напрямки розвитку програмних застосунків і машинного навчання.<br>Ризики, пов'язані з застосуванням надвеликих даних. Проблема конфіденційності. Датифікація [11].  |
| <b>Тема 3 Безпека систем Інтернету речей</b> |  |
| 6  | Анатомія кібератак на IoT-пристроях.   |
| 7  | Фізична та апаратна безпека.   |

## Політика та контроль

### 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 9 робіт, передбачених робочою програмою. Максимальний ваговий бал гЛР =63

Сума вагових балів практичних робіт:

| № п.р. | Назва практичної роботи   | Максимальний ваговий бал |
|--------|---|--------------------------|
| 1      | Архітектура IoT. Ядро та стек   |                          |
| 2      | Управління даними IoT. Рівні моделі IoT. Рівень приладів. Рівень граничного шлюзу. Рівень хмари для магістральних лічильників тепла | 7                        |
| 3      | Рівні моделі IoT. Протоколи та транспортні рівні IoT для будинкових лічильників електроенергії                                      | 7                        |
| 4      | Сенсори та контролери системи теплового насосу. Системи живлення сенсорів   | 7                        |
| 5      | Програмування сенсорів світла, тепла та електрики   | 7                        |
| 6      | Передавання даних від сенсору до «хмари» системи вимірювання температури  | 7                        |
| 7      | Архітектура хмарних систем MicroGrid  | 7                        |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 8     | Симуляція і обробка масиву даних MicroGrid | 7  |
| 9     | Структурування даних                       | 7  |
| Разом |  | 63 |

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 = 10.

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 не принципові 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. Екзамен

Екзамен відбувається у письмовій формі. Максимальна оцінка за екзамен складає гЕК = 27 балів.

### Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання „зараховано” з першої проміжної атестації студент повинен мати не менше, ніж 12 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 40 балів (за умови, що за 14 тижнів згідно з календарним планом контрольних заходів студент повинен отримати 76 балів).

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R=63 +10+27 = 100 \text{ балів}$$

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:

| Кількість балів | Оцінка       |
|-----------------|--------------|
| 100-95          | Відмінно     |
| 94-85           | Дуже добре   |
| 84-75           | Добре        |
| 74-65           | Задовільно   |
| 64-60           | Достатньо    |
| Менше 60        | Незадовільно |

## 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.

### Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Дайте визначення поняттю Інтернету речей. Наведіть та поясніть архітектуру Інтернету речей.
2. Представлення архітектури IoT у вигляді сервісів.
3. Назвіть особливості датчиків та живлення IoT.
4. Особливості передачі даних в IoT.
5. Особливості маршрутизації в IoT.
6. Туманні і граничні обчислення в IoT.
7. Безпека передачі даних в IoT.
8. Еталонна модель IoT від MCE-T. Особливості побудови.
9. Що таке машинне навчання (Machine Learning)? Які розрізняють типи машинного навчання?
10. Наведіть методи машинного навчання. В чому їх відмінність?
11. Що собою представляє «розумне виробництво» (Smart Manufacturing)?
12. Що собою представляє віртуальна реальність? Наведіть типи віртуальної реальності. В чому полягає принцип роботи віртуальної реальності?
13. Які існують пристрої та компоненти віртуальної реальності? Наведіть приклади.
14. Що собою представляє доповнена реальність? Принцип роботи доповненої реальності.
15. Наведіть приклади пристроїв, які реалізують доповнену реальність.
16. Технологія LoRaWAN. Особливості застосування.
17. Які типи пристроїв використовуються в LoRaWAN?
18. Наведіть архітектуру мережі LoRaWAN. З яких вузлів вона складається?
19. Стандарт NB-IoT. Особливості застосування.
20. Наведіть варіанти розміщення NB-IoT в режимі Stand – Alone.
21. Сенсорні мережі. Основні стандарти, які використовуються для IoT.
22. Наведіть структуру сенсорного вузла.
23. Наведіть структуру апаратної частини вузла сенсорної мережі.
24. З яких рівнів складається багаторівнева архітектура мережі IoT. Особливості рівнів.
25. Наведіть класифікацію безпроводових сенсорних мереж?
26. Які існують види топологій сенсорних мереж?
27. Які протоколи і на яких рівнях архітектури IoT працюють?
28. Наведіть складові «розумного будинку».
29. У чому полягають переваги «розумного будинку»?
30. На які групи за типом використання Інтернету можливо поділити більшість побутових пристроїв з категорії «розумних» речей ?



31. На які компоненти можна розділити всю систему «розумного будинку»?
32. З кількох основних підсистем складається вся система «розумний будинок»? Назвіть та дайте характеристику кожній з них.
33. Які існують загрози «розумного будинку»? Наведіть слабкі місця IoT, які можуть становити загрозу «розумному будинку».
34. Пасивні атаки на «розумний будинок». Дайте характеристику кожній з них. Активні атаки на «розумний будинок». Дайте характеристику кожній з них.
35. Алгоритм надання захисту системи «розумний будинок». В чому він полягає? Його особливості.
36. Основні складові розумного міста. Наведіть характеристики кожного.
37. Наведіть класифікацію Smart City.
38. Система управління Smart City.
39. Найважливіші напрямки розвитку «розумного міста». Концепції розумного міста
40. На яких характеристиках ґрунтується концепція розумного міста?
41. Наведіть загальну схему розумного міста. Основні складові Розумного міста. Які елементи міста повинне містити у собі Розумне місто?
42. Які існують технології розумних міст?
43. Стандарти розумного міста. Інформаційно-технологічні платформи розумних міст.
44. Дайте визначення терміну «Великі дані (Big Data)». Які операції при цьому повинні здійснюватися?
45. Які використовуються технології і тенденції роботи з Big Data?
46. Які існують методи та техніка аналізу великих даних?
47. Особливості великих даних у промисловості.
48. Концептуальна модель MapReduce.
49. Дайте визначення поняттю «регресія».
50. Дайте визначення поняттю «кластеризація».

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): «Розробка застосунків Інтернет речей та сенсорних мереж в енергетиці»:**

**Складено** професором кафедри ПЗЕ, д.т.н., доц. Федоровою Наталією Володимирівною

**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.