

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Цифрові системи енергомоніторингу та управління енерговикористанням»



Ступінь освіти	магістр
Спеціальність	G 4.02 Теплоенергетика
Освітня програма	Інжиніринг теплових процесів і систем
Тривалість викладання	весняний семестр (3, 4 чверті)
Кількість кредитів	4 кредити ЄКТС (120 годин)
Заняття:	
лекції:	2 години
практичні:	1 година
Мова викладання	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»: <https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=2226>

Кафедра, що викладає теплового інжинірингу та енергетичних технологій



Викладач:

Шишко Юлія Вікторівна

Доцент, канд. техн. наук, доцент кафедри ТІЕТ

Персональна сторінка

<https://teet.nmu.org.ua/ua/aboutkaf/shishko.php>

E-mail:

Shyshko.Yu.V@nmu.one

1. Анотація до курсу

Дисципліна «Цифрові системи енергомоніторингу та управління енерговикористанням» спрямована на формування у здобувачів освіти знань і практичних навичок у сфері цифрового контролю, аналізу та управління енергоспоживанням будівель. У межах курсу розглядаються принципи побудови систем енергомоніторингу, сучасні датчики та засоби обліку, IoT-технології, протоколи передачі даних, програмні платформи енергомоніторингу та інтеграція з системами автоматизації будівель. Особлива увага приділяється аналізу енергетичних даних, побудові базового рівня енергоспоживання, виявленню відхилень і аномалій, формуванню звітів та обґрунтуванню заходів з підвищення енергоефективності. Практична складова передбачає роботу з програмною платформою енергомоніторингу та розроблення комплексу віддаленого енергомоніторингу для обраного об'єкта.

Матеріали навчального курсу розроблені в рамках проекту «Економія енергії та моніторинг енергоспоживання в будівлях закладів вищої освіти», що реалізується в Україні ГО «Школа Енергоефективності» на замовлення програми IKI Small Grants, спрямованої на зміцнення місцевих рішень для ефективної діяльності у сфері клімату та біорізноманіття.

2. Мета та завдання курсу

Мета дисципліни – формування у здобувачів освіти теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для проєктування, впровадження та використання цифрових систем енергомоніторингу й управління енерговикористанням із застосуванням сучасних IoT-технологій, засобів вимірювання, цифрових платформ та інструментів аналізу даних.

Завдання курсу:

Навчити здобувачів вищої освіти:

- аналізувати енергоспоживання та енергетичні баланси будівель і інженерних систем за даними автоматизованого енергомоніторингу, визначати відхилення та потенціал підвищення енергоефективності;
- проєктувати системи автоматизованого енергомоніторингу та обґрунтовано підбирати датчики, засоби обліку, IoT-шлюзи, протоколи передачі даних та інше обладнання;
- налаштовувати та інтегрувати засоби збору, передачі, обробки і візуалізації енергетичних даних із використанням цифрових платформ та систем автоматизації будівель;
- інтерпретувати результати енергомоніторингу та обґрунтовувати на їх основі інженерні й управлінські рішення щодо управління енерговикористанням і підвищення енергоефективності.

3. Результати навчання

Дисциплінарні результати навчання:

- вміти аналізувати енергоспоживання та енергетичні баланси будівель і інженерних систем на основі даних автоматизованого енергомоніторингу, визначати відхилення та потенціал підвищення енергоефективності;
- вміти проєктувати системи автоматизованого енергомоніторингу, обґрунтовано підбирати датчики, засоби обліку, IoT-шлюзи, протоколи передачі даних та інше обладнання відповідно до характеристик об'єкта і поставлених завдань;
- вміти інтегрувати засоби збору, передачі, обробки і візуалізації енергетичних даних із використанням цифрових платформ та систем автоматизації будівель, зокрема системи управління будівлею (Building Management System, BMS);
- вміти інтерпретувати результати енергомоніторингу та обґрунтовувати на їх основі інженерні й управлінські рішення щодо режимів експлуатації інженерних систем, управління енерговикористанням та реалізації енергоефективних заходів.

4. Структура курсу

Вид заняття	Внесок в загальну оцінку
ЛЕКЦІЇ	
1. Основи енергомоніторингу.	5
1.1 Роль енергомоніторингу в управлінні енергією. Енергоспоживання будівель: типові системи, профілі навантаження, енергетичний баланс будівлі. Базовий рівень енергоспоживання.	
1.2 Локальні, автоматизовані та дистанційні системи моніторингу.	
2. Датчики та вимірювальна інфраструктура.	15
2.1 Датчики енергоспоживання та параметрів мікроклімату (температура, вологість, витрати тепла/води/електроенергії). Клас точності приладів та датчиків.	
2.2 Стандарти підключення обладнання та вибір оптимальної конфігурації. Інфраструктура збору даних: LoRaWAN, igBee, Modbus, M-Bus: - протоколи: MQTT, Modbus TCP/RTU, HTTP API, BACnet; - архітектура IoT-систем для моніторингу будівель; - хмарні сервіси та локальні сервери. Надійність та достовірність передачі. Питання кібербезпеки моніторингу та передачі даних.	
2.3 Smart Metering: розумні лічильники та вимірювальні комплекси	
3. Програмні платформи енергомоніторингу та аналітика.	15
3.1 Огляд платформ енергомоніторингу.	
3.2 Методи аналізу даних.	
3.3 Сучасні методи аналізу даних: основи застосування штучного інтелекту та машинного навчання в енергомоніторингу.	
4. Інтеграція систем моніторингу з інженерними системами будівлі.	15
4.1 Моніторинг в інженерних системах будівель.	
4.2 Диспетчеризація, автоматизація управління та сценарії оптимізації.	
4.3 Автоматизація інженерних систем будівель.	
4.4 Організація системи енергомоніторингу в громаді, університеті, підприємстві.	
4.5 Формування звітів, рекомендацій та планів підвищення енергоефективності.	
4.6 Розробка комплексу віддаленого енергомоніторингу.	

Вид заняття	Внесок в загальну оцінку
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ	
1. Ознайомлення з програмною платформою енергомоніторингу (на прикладі DEMO-платформи АСЕМ).	10
2. Створення та налаштування облікового запису користувача. Ролі та права доступу в платформі енергомоніторингу. Створення цифрового профілю будівлі та ієрархії об'єктів. Формування структури системи енергомоніторингу: сервіси, пристрої та енергочастоти.	10
3. Робота з платформою АСЕМ. Візуалізація та аналіз даних енергоспоживання: графіки, звіти та виявлення аномалій.	10
4. Робота з платформою АСЕМ. Побудова енергетичного базового рівня (baseline) будівлі.	10
5. Розробка комплексу віддаленого енергомоніторингу для обраного об'єкта, включаючи: • аналіз споживання, • підбір датчиків, • підключення до платформи, • обробку даних, • підготовку рекомендацій.	10
РАЗОМ	100

5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення*

Використовуються мультимедійні матеріали, аналітичне та вимірювальне обладнання кафедри теплового інжинірингу та енергетичних технологій й ЦККНО «Інноваційна геоенергетика», дистанційна платформа Moodle, платформа MS Teams, активований акаунт університетської пошти (student.i.p.@nmu.one) на Офіс 365.

6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
74 – 89	добре
60 – 73	задовільно
0 – 59	незадовільно

Загальні критерії досягнення результатів навчання відповідають описам 7-го кваліфікаційного рівня НРК.

6.2 Критерії оцінювання поточної контрольної роботи

В курсі навчальної дисципліни передбачено **дві** поточних контрольних роботи, кожна з яких містить теоретичну та практичну частину.

Теоретична частина кожної з поточних контрольних робіт містить **20 тестових запитань**, кожне з яких оцінюється у 3 бали. Загалом за теоретичну частину контрольної роботи отримується максимум 60 балів.

Практична частина кожної з поточних контрольних робіт містить 4 завдання, з них: **2 тестових практичних завдання** (задачі), кожне з яких оцінюється у 8 балів (максимум 16 балів) та **2 практичних завдання** (задачі) **відкритого типу**, кожне з яких оцінюється у 12 балів (максимум 24 бали).

Практичне завдання (задача) **відкритого типу** при правильному вирішенні оцінюються в 12 балів, причому:

- 12 балів – відповідність еталону, з одиницями виміру;
- 9 балів – відповідність еталону, без одиниць виміру або з помилками в розрахунках;
- 6 балів – незначні помилки у формулах чи графіках, без одиниць виміру;
- 3 бали – присутні суттєві помилки у рішенні;
- 0 балів – рішення не наведене.

Загалом за кожну поточну контрольну роботу отримується максимум **100 балів**.

Здобувачі вищої освіти можуть отримати **підсумкову оцінку** з навчальної дисципліни **на підставі поточного оцінювання знань** за умови, якщо набрана кількість балів при виконанні кожної з поточних контрольних робіт складатиме **не менше 60 балів**. Підсумкова оцінка за вивчення навчальної дисципліни утворюється як середнє значення з оцінювання двох поточних контрольних робіт:

$$\bar{X} = 0,5 \cdot X_1 + 0,5 \cdot X_2,$$

де X_1 – оцінка за першу поточну контрольну роботу;

X_2 – оцінка за другу поточну контрольну роботу.

6.3 Критерії оцінювання підсумкової роботи.

У випадку, якщо здобувач вищої освіти за поточною успішністю отримав менше 60 балів та/або прагне поліпшити оцінку проводиться **підсумкове оцінювання (диференційований залік)** під час тижня контрольних заходів.

Диференційований залік проводиться у вигляді комплексної контрольної роботи. Білет включає запитання з усієї теоретичної та практичної частини курсу:

25 тестових завдань з чотирма варіантами відповідей, 1 правильна відповідь оцінюється у 2 бали (разом 50 балів).

2 відкритих питання, які оцінюються в 5 балів кожне (разом 10 балів),

4 практичних завдання (задачі) **відкритого типу**, які при правильному вирішенню оцінюються в 10 балів кожна (разом 40 балів), причому:

- 10 балів – відповідність еталону, з одиницями виміру;
- 8 балів – відповідність еталону, без одиниць виміру або помилками в розрахунках;
- 5 балів – незначні помилки у формулах, без одиниць виміру;
- 3 бали – присутні суттєві помилки у рішенні;
- 1 бал – наведені формули повністю не відповідають еталону;
- 0 балів – рішення не наведене.

Отримані бали за відкриті та закриті відповіді та задачі додаються і є підсумковою оцінкою за вивчення навчальної дисципліни. Максимально за підсумковою роботою здобувач вищої освіти може набрати **100 балів**.

7. Політика курсу

7.1. Політика щодо академічної доброчесності. Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка" https://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf.

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

7.2. Комунікаційна політика. Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану корпоративну університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

7.3. Політика щодо перескладання. Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання підсумкового оцінювання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

7.4 Політика щодо оскарження оцінювання. Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

7.5. Відвідування занять. Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

7.6. Бонуси. Наприкінці вивчення курсу та перед початком сесії здобувача вищої освіти буде запропоновано анонімно заповнити електронні анкети (Microsoft Forms Office 365), які буде розіслано на ваші університетські поштові скриньки. Заповнення анкет є важливою складовою вашої навчальної активності, що дозволить оцінити дієвість застосованих методів викладання та врахувати ваші пропозиції стосовно покращення змісту навчальної дисципліни. За участь в анкетуванні та/або в науковій роботі, конференціях здобувач вищої освіти отримує **5 балів**.

8 Рекомендовані джерела інформації

Базові

1. Тренінговий посібник для підготовки енергоаудиторів багатоквартирних житлових будівель у контексті Фонду енергоефективності України / А. Чернявський, В. Литвин, Д. Марусич, К. Шишка, С. Наскальний – К.: Проект «Підтримка національного Фонду енергоефективності та програми екологічних реформ S2I в Україні», який реалізується в Україні Німецьким товариством міжнародного співробітництва Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH за дорученням Федерального міністерства довкілля, охорони природи і ядерної безпеки Німеччини (BMU) у рамках в рамках Міжнародної Ініціативи з питань зміни Клімату (IKI), 2021. – 400 с. URL: https://eefund.org.ua/wp-content/uploads/2023/09/posibnyk_treningovyj-posibnyk-dlya-provedennya-energoaudytu_ukr.pdf
2. Molina-Solana Miguel, Ros Maria, Ruiz M Dolores, GymeZ-Romero Juan, Martin-Bautista MJ. Data science for building energy management: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017;Volume 70:598–609.
3. Топал О.І., Любарець М.І., Прищепов Є.О. Інтелектуальні системи обліку споживання енергетичних ресурсів: складники, технології радіозв'язку та перспективи впровадження в Україні. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки (2020). Том 31(70). С. 27-34.
4. Голубовський, Д. А. Моніторинг автоматизованих систем обліку та контролю електроспоживання для оптимізації енергозбереження в системах електропостачання побутових споживачів : кваліфікаційна магістерська робота : спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / наук. кер. П. Г. Плешков ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2025. – 96 с.
5. Smart metering: що це таке, навіщо та де застосовується. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/smart-metering-shho-cze-take-navishho-ta-de-zastosovuyetsya>
6. Огляд Автоматизованих інформаційних систем енергетичного моніторингу, які впроваджені в Україні. Реформи у сфері енергоефективності в Україні (2019). URL: <https://drive.google.com/file/d/1iSdMBtUyfB-3ph48gnnzgDCxC5gBik7x/view?usp=sharing>
7. Machine Learning and Metaheuristic Methods for Renewable Power Forecasting: A Recent Review [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/351110482_Machine_Learning_and_Metaheuristic_Methods_for_Renewable_Power_Forecasting_A_Recent_Review
8. Биков П. І. Машинне навчання : навчальний посібник [Електронний ресурс]. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 229 с. – Режим доступу: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2023/Bykov_P1_2023_229.pdf
9. Застосування машинного навчання в енергетиці [Електронний ресурс]. – Суми : СумДУ, 2022. – Режим доступу: <https://essuir.sumdu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/1f552e91-b6b4-4892-861f-1eaac7c84346/content>

10. AI Use Cases in Facilities Management [Електронний ресурс] // SmartDev. – 2023.
– Режим доступу: <https://smartdev.com/fr/ai-use-cases-in-facilities-management/>

Додаткові

1. ДСТУ-Н Б В.2.5-37:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Автоматизовані системи моніторингу та управління будівлями і спорудами (АСМУ). – Київ, 2008.
2. ДБН В.2.5-67: 2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – Чинні від 01.01.2014.
3. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація будівель. – Київ: Мінрегіон України, 2012. – 105 с.
4. Intelligent Building Energy Management System: Overview. – URL: <https://solidproes.com/what-is-intelligent-building-energy-management-system/>
5. Building Energy Management Systems (BEMS). – URL: <https://www.laplacesolutions.com/building-energy-management/>
6. EN 15232-1:2017. Energy performance of buildings – Impact of Building Automation, Controls and Building Management. – Brussels: European Committee for Standardization, 2017.
7. ISO 16484-5:2017. Building automation and control systems (BACS). – Geneva: International Organization for Standardization, 2017.
8. SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.iqytechnicalcollege.com/Scada_%20Supervisory%20Control%20And%20Data%20Acquisition.pdf
9. ДСТУ EN 15232-1:2017. Енергоефективність будівель. Частина 1. Вплив функцій автоматизації, контролювання та управління будівлею. – Київ, 2017.
10. ДБН В.2.5-39:2008. Теплові мережі. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.
11. Енергоефективність будівель: вплив систем автоматизації будівель. – Режим доступу: <https://gpg-group.com.ua/index.php/uk/blog-ua/35-energoefektivnist-budivel-vpliv-sistem-avtomatizaciyi-budivel-dstu-en-15232-1>
12. Danfoss. Автоматизація систем теплопостачання. – Режим доступу: <https://assets.danfoss.com/documents/latest/530631/AF192186470834uk-UA0402.pdf>
13. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018. А. Чернявський, Є. Іншеков, К. Яшина, О. Бориченко, О. Соловей, П. Пертко, 2021. Режим доступу: http://www.ukriee.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/EnMS-Practical-Guide-2021_Ukraine_ukr.pdf
14. Управління енергією в місті/громаді. Практичний інструментарій: від збору даних до оцінки і моніторингу змін на території/ Авторський колектив ГО «Асоціація енергоаудиторів ЖКГ» під керівництвом А. Гінкула – К: Видавництво «Новий Друк», 2019 – 374 с.

15. ДСТУ Б А.2.4-3:2009. Система проєктної документації для будівництва. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. – Київ, 2009.
16. ДСТУ 9243.4:2023. Система проєктної документації для будівництва. Основні вимоги до проєктної документації. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2023. – 45 с.