

Черкаський державний технологічний університет  
Факультет електронних технологій, автотранспорту та машинобудування

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Голова вченої ради факультету

\_\_\_\_\_ /Андрій ЧОРНИЙ

Протокол № 6 «31» серпня 2026 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА**  
**навчальної дисципліни**  
**«Прикладні задачі енергозбереження»**  
Шифр за ОПП - ОПП-7

підготовки здобувачів освітнього ступеня магістра

Спеціальність - \_\_\_\_\_  
G4 «Енерговиробництво»

Освітня програма - \_\_\_\_\_  
Теплоенергетика  
\_\_\_\_\_

2026 - 2027 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Прикладні задачі енергозбереження» підготовки здобувачів освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю G4 «Енерговиробництво», освітня програма Теплоенергетика - 14 стор.

Розробник:

Калейніков Г.Є., к.т.н., доцент, доцент кафедри енерготехнологій

*(ПІБ, науковий ступень, вчене звання, посада НПП кафедри, що розробив програму)*

Робоча програма навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри енерготехнологій

Протокол № 1 від «26» серпня 2026 року

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ / Геннадій КАЛЕЙНИКОВ /  
*підпис* *Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

Обговорено та рекомендовано до затвердження методичною комісією факультету електронних технологій, автотранспорту та машинобудування

«26» серпня 2026 р., протокол № 8

Голова методичної комісії ФЕТАМ \_\_\_\_\_ / Олександр ГАВРИШ /  
*підпис* *Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

**ПОГОДЖЕНО:**

Навчально-методичний відділ \_\_\_\_\_ / Олексій КОЖЕМЯКІН /  
*підпис* *Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

**ПРОГРАМУ ПРОЛОНГОВАНО ДО «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ р.**

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
\_\_\_\_\_  
*підпис* *Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

Навчально-методичний відділ \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /  
\_\_\_\_\_  
*підпис* *Власне ім'я, ПРІЗВИЩЕ*

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ р.

## 1. ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА

|                             |                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Прізвище, ім'я, по батькові | Калейніков Геннадій Євгенійович                                                                                                                                 |
| Науковий ступінь            | к.т.н.                                                                                                                                                          |
| Вчене звання                | доцент                                                                                                                                                          |
| Посада                      | доцент                                                                                                                                                          |
| Місце роботи                | Кафедра енерготехнологій                                                                                                                                        |
| Адреса кафедри              | м. Черкаси, бульвар Шевченка, 460, корп. 4, к. 313                                                                                                              |
| Контактний телефон          | +38 (096) 60666699                                                                                                                                              |
| Профайл викладача           | <a href="https://energotech.chdtu.edu.ua/staff/kalejnikov-gennadij-yevgenijovich/">https://energotech.chdtu.edu.ua/staff/kalejnikov-gennadij-yevgenijovich/</a> |
| e-mail:                     | <a href="mailto:h.kalejnikov@chdtu.edu.ua">h.kalejnikov@chdtu.edu.ua</a>                                                                                        |
| Профайл дисципліни          | <a href="http://fet.moodle.chdtu.edu.ua/login/index.php">http://fet.moodle.chdtu.edu.ua/login/index.php</a>                                                     |
| Розклад консультацій        | <a href="https://energotech.chdtu.edu.ua/debts/">https://energotech.chdtu.edu.ua/debts/</a>                                                                     |

## 2. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Галузь знань,<br>спеціальність, освітня<br>програма, освітній<br>рівень | Загальні<br>характеристики            |     | Навчальне навантаження з<br>дисципліни |                          |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----|----------------------------------------|--------------------------|
|                                                                         |                                       |     | денна форма<br>навчання                | заочна форма<br>навчання |
| <u>Галузь знань</u><br>G Інженерія,<br>виробництво та<br>будівництво    | Обов'язкова                           |     | Курс підготовки:                       |                          |
|                                                                         |                                       |     | 1                                      | 1                        |
| <u>Спеціальність</u><br>G4 – Енерговиробництво                          | Загальна кількість<br>кредитів ЄКТС   | 4   | Семестр підготовки:                    |                          |
|                                                                         | Загальна кількість<br>годин           | 120 | 1                                      | 1                        |
| <u>Освітня програма</u><br>Теплоенергетика                              | Кількість аудиторних<br>годин         | 48  | Лекції                                 |                          |
|                                                                         | Кількість годин<br>самостійної роботи | 72  | 32                                     |                          |
|                                                                         |                                       |     | Практичні, семінарські                 |                          |
| <u>Освітній рівень</u><br>магістерський                                 | Мова навчання - українська            |     | 16                                     |                          |
|                                                                         |                                       |     | Лабораторні                            |                          |
|                                                                         |                                       |     |                                        |                          |
|                                                                         |                                       |     | Самостійна робота                      |                          |
|                                                                         |                                       |     | 72                                     |                          |
|                                                                         |                                       |     | Форма підсумкового контролю            |                          |
|                                                                         |                                       |     | Екзамен                                |                          |

### 3. МЕТА І ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

|                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Предмет вивчення дисципліни</b>  | Методи, алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення (RETScreen, EnergyPlus, DesignBuilder тощо) для комп'ютерного й динамічного енергетичного моделювання будівель, оцінки потенціалу енергозбереження, проектування систем на основі відновлюваних джерел енергії (СЕС, геліоколектори, теплові насоси), а також комплексного аналізу техніко-економічної ефективності та екологічної доцільності енергозберігаючих заходів.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Мета викладання дисципліни</b>   | Формування у здобувачів вищої освіти (магістрів) поглиблених теоретичних знань та практичних системних навичок із застосування сучасних інструментів комп'ютерного й динамічного моделювання енергетичних процесів у будівлях і спорудах, обґрунтування та розрахунку ефективності впровадження енергозберігаючих заходів, а також інтеграції альтернативних і відновлюваних джерел енергії відповідно до чинної нормативно-правової бази України та міжнародних стандартів.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Завдання вивчення дисципліни</b> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Опанування нормативно-правової бази: вивчення законодавства України, будівельних норм (ДБН), стандартів та вимог у сфері енергетичної ефективності будівель, проведення енергоаудиту й впровадження систем енергоменеджменту.</li><li>- Засвоєння інструментів квазістаціонарного аналізу: набуття практичних навичок формування базових та запропонованих моделей будівель у середовищі RETScreen Expert для обчислення енергобалансу й оцінки заходів з термомодернізації.</li><li>- Оволодіння динамічним енергетичним моделюванням: вивчення принципів підготовки кліматичних даних (EPW), побудови 3D-геометрії та теплових зон у ПЗ EnergyPlus / DesignBuilder для розрахунку годинної динаміки теплових і електричних навантажень.</li><li>- Моделювання систем відновлюваної енергетики: засвоєння методології комп'ютерного розрахунку та оптимізації режимів роботи сонячних електростанцій, геліосистем гарячого водопостачання та теплових насосів різних типів.</li><li>- Проведення техніко-економічних розрахунків: вивчення методик деталізованого економічного аналізу інвестиційних проєктів з підвищення енергоефективності (обчислення NPV, IRR, DPP, оцінка вартості життєвого циклу LCCA, аналіз чутливості та ризиків).</li><li>- Вивчення механізмів практичної реалізації: розгляд юридичних, фінансових та організаційних моделей фінансування енергоефективних ініціатив (ЕСКО-контракти, механізми Net Billing / Net Metering, грантові та пільгові кредитно-фондові програми).</li></ul> |

### 4 РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

1. Приймати ефективні рішення, використовуючи сучасні методи та інструменти порівняння альтернатив, оцінювання ризиків та прогнозування. (ПР07)
2. Планувати і реалізовувати заходи з підвищення енергоефективності теплоенергетичних об'єктів і систем з урахуванням наявних обмежень, включаючи ті, що пов'язані з проблемами охорони природи, сталого розвитку, здоров'я і безпеки та оцінками ризиків в теплоенергетиці, оцінювати ефективність таких заходів. (ПР15).

### 5 ПРЕРЕКВІЗИТИ

## 6. ПОСТРЕКВІЗИТИ

Переддипломна практика, Кваліфікаційна робота магістра.

## 7. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Тема 1 Нормативно-правова база та державна політика України у сфері енергозбереження</b>                                                                                                                                                                                                                      |
| Сучасний стан паливно-енергетичного комплексу України, тенденції енергоспоживання та основні положення законодавства щодо підвищення енергоефективності. Організаційні засади реалізації державної політики, а також чинні нормативні вимоги й стандарти для оцінки енергетичної ефективності будівель і споруд. |
| <b>Тема 2 Основи енергетичного аналізу будівель у програмному середовищі RETScreen</b>                                                                                                                                                                                                                           |
| Вивчення функціоналу, архітектури та математичних моделей спеціалізованого програмного продукту RETScreen. Принципи внесення вихідних даних для формування базової моделі будівлі та визначення її первинного енергобалансу.                                                                                     |
| <b>Тема 3 Моделювання енергозберігаючих заходів та їх економічна верифікація в RETScreen</b>                                                                                                                                                                                                                     |
| Методики розрахунку та оцінки потенціалу збереження енергії за рахунок термомодернізації оболонки й оновлення інженерних систем споруди. Верифікація отриманої моделі та виконання базового економічного аналізу запропонованих заходів.                                                                         |
| <b>Тема 4 Кліматичне забезпечення та огляд софту для динамічного енергетичного моделювання</b>                                                                                                                                                                                                                   |
| Сучасні програмні комплекси для динамічного моделювання, зокрема EnergyPlus, DesignBuilder, TRNSYS, IES Virtual Environment та eQUEST. Методи підготовки, обробки та адаптації кліматичних даних, необхідних для розрахунку теплового стану будівель протягом року.                                              |
| <b>Тема 5 Методологія побудови та розрахунку динамічної енергетичної моделі будівлі</b>                                                                                                                                                                                                                          |
| Фундаментальні принципи створення геометричної й теплофізичної моделей об'єкта з урахуванням реальних режимів його експлуатації та внутрішніх теплонаходжень. Алгоритми розрахунку динаміки теплових навантажень, внутрішнього мікроклімату й підсумкових енергетичних характеристик.                            |
| <b>Тема 6 Моделювання та проектування сонячних електростанцій</b>                                                                                                                                                                                                                                                |
| Фізико-математичні засади розрахунку та комп'ютерного моделювання фотоелектричних систем для об'єктів цивільного й промислового призначення. Фактори, що впливають на генерацію електроенергії, включаючи кути нахилу, орієнтацію масивів, затінення та графіки споживання.                                      |
| <b>Тема 7 Моделювання систем із геліоколекторами та тепловими насосами</b>                                                                                                                                                                                                                                       |
| Особливості проектування та числового моделювання сонячних колекторів у системах опалення й гарячого водопостачання. Принципи інтеграції та моделювання різних типів теплових насосів (грунт-вода, вода-вода, повітря-вода) у загальну схему теплозабезпечення.                                                  |
| <b>Тема 8 Деталізований економічний аналіз проєктів підвищення енергоефективності та ВДЕ</b>                                                                                                                                                                                                                     |
| Методики розрахунку ключових показників інвестиційної привабливості (NPV, IRR, DPP) для проєктів зі скорочення енергоспоживання. Алгоритми порівняльного оцінювання економічної доцільності між заходами з термомодернізації та проєктами власної генерації з відновлюваних джерел.                              |
| <b>Тема 9 Механізми стимулювання та фінансування проєктів з енергозбереження</b>                                                                                                                                                                                                                                 |

Сучасні державні, міжнародні та комерційні інструменти підтримки реалізації енергоефективних ініціатив. Практичні аспекти використання ЕСКО-контрактів, пільгового кредитування, грантових програм та тарифних механізмів стимулювання.

## 8. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| № тем и | Назва модулів і тем                                                              | Форми організації навчання, кількість годин |                               |                                 |              |                               |                                 | Літерату ра, інформаційні ресурси |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|         |                                                                                  | Денна форма                                 |                               |                                 | Заочна форма |                               |                                 |                                   |
|         |                                                                                  | Л е к ц і ї                                 | П р а к т и ч н і р о б о т и | С а м о с т і й н а р о б о т а | Л е к ц і ї  | П р а к т и ч н і р о б о т и | С а м о с т і й н а р о б о т а |                                   |
| 1       | Нормативно-правова база та державна політика України у сфері енергозбереження    | 2                                           | 2                             | 8                               |              |                               |                                 | 1,2,4,7                           |
| 2       | Основи енергетичного аналізу будівель у програмному середовищі RETScreen         | 2                                           | 2                             | 8                               |              |                               |                                 | 1,2,3,4                           |
| 3       | Моделювання енергозберігаючих заходів та їх економічна верифікація в RETScreen   | 4                                           | 2                             | 8                               |              |                               |                                 | 1,2,4,7                           |
| 4       | Кліматичне забезпечення та огляд софту для динамічного енергетичного моделювання | 4                                           | 2                             | 8                               |              |                               |                                 | 1,2,3,7                           |
| 5       | Методологія побудови та розрахунку динамічної енергетичної моделі будівлі        | 4                                           | 2                             | 8                               |              |                               |                                 | 2,4,7                             |
| 6       | Моделювання та проектування сонячних електростанцій                              | 4                                           | 2                             | 8                               |              |                               |                                 | 2,4,7                             |
| 7       | Моделювання систем із геліоколекторами та тепловими насосами                     | 4                                           | 2                             | 8                               |              |                               |                                 | 1,2,3,4                           |
| 8       | Деталізований економічний аналіз проєктів підвищення енергоефективності та ВДЕ   | 2                                           | 1                             | 8                               |              |                               |                                 | 1,2,4,7                           |
| 9       | Механізми стимулювання та фінансування проєктів з енергозбереження               | 2                                           | 1                             | 8                               |              |                               |                                 | 1,2,3,4                           |
|         | Разом                                                                            | 32                                          | 16                            | 72                              |              |                               |                                 |                                   |

## 9. ПРАКТИЧНІ / СЕМІНАРСЬКІ ЗАНЯТТЯ

| № з/п | Тема заняття                                                                                    | Кількість годин |        |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|       |                                                                                                 | Денна           | Заочна |
| 1     | Формування базової моделі будівлі в програмному пакеті RETScreen                                | 2               |        |
| 2     | Моделювання енергозберігаючих заходів та їх економічний аналіз у RETScreen                      | 2               |        |
| 3     | Практичне заняття 3. Побудова геометрії та теплових зон у середовищі DesignBuilder / EnergyPlus | 2               |        |
| 4     | Динамічне моделювання теплового стану та енергоспоживання в EnergyPlus / DesignBuilder          | 2               |        |
| 5     | Розрахунок та моделювання сонячної електростанції для забезпечення потреб будівлі               | 2               |        |
| 6     | Оптимізація графіків навантаження та режимів сумісної роботи СЕС і мережі                       | 2               |        |
| 7     | Моделювання системи гарячого водопостачання з сонячними колекторами                             | 2               |        |
| 8     | Моделювання системи тепlopостачання будівлі з використанням теплових насосів                    | 2               |        |
| 9     | Комплексний економічний аналіз та порівняльна оцінка енергоефективних проєктів                  | 2               |        |
| Разом |                                                                                                 | 16              |        |

## 10. САМОСТІЙНА РОБОТА

### 10.1 Рекомендації до самостійної роботи здобувачів вищої освіти денної форми навчання.

| Назва теми                                                                                                                                                                 | Кількість годин |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------|
|                                                                                                                                                                            | Денна           | Заочна |
| Тема 1. Нормативно-правова база та державна політика України у сфері енергозбереження                                                                                      |                 |        |
| Які основні положення Закону України «Про енергетичну ефективність» регулюють обов'язкові вимоги до енергетичного аудиту та системи енергетичного менеджменту?             | 2               |        |
| У чому полягає відмінність між показниками мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель та класом енергоефективності за чинними нормативними документами (ДБН)? | 2               |        |
| Які функції виконують державні органи та установи у реалізації Національного плану дій з енергоефективності?                                                               | 2               |        |
| Як законодавство України регламентує стандартизацію та метрологічне забезпечення комерційного обліку паливно-енергетичних ресурсів?                                        | 2               |        |
| Тема 2. Основи енергетичного аналізу будівель у програмному середовищі RETScreen                                                                                           |                 |        |
| Яка структура вихідних даних (кліматичних, технічних та конструктивних) необхідна для формування базової моделі будівлі в RETScreen Expert?                                | 2               |        |
| За якими математичними алгоритмами RETScreen розраховує базовий енергетичний баланс та питомі теплові втрати будівлі?                                                      | 2               |        |
| Як здійснюється прив'язка об'єкта до кліматичних баз даних NASA та мережі метеостанцій у середовищі RETScreen?                                                             | 2               |        |

|                                                                                                                                                                            |   |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|--|
| У чому полягають особливості моделювання профілів енергоспоживання для об'єктів різного цільового призначення (промислові, житлові, громадські)?                           | 2 |  |
| Тема 3. Моделювання енергозберігаючих заходів та їх економічна верифікація в RETScreen                                                                                     |   |  |
| Яким чином у RETScreen здійснюється порівняльний аналіз показників базового сценарію (Base Case) та запропонованого сценарію (Proposed Case)?                              | 2 |  |
| Як проводиться верифікація побудованої моделі будівлі на основі фактичних рахунків та даних первинного обліку енергоносіїв?                                                | 2 |  |
| Які методи оцінки ризиків та аналізу чутливості (Sensitivity and Risk Analysis) реалізовані в RETScreen для оцінки енергоефективних заходів?                               | 2 |  |
| Як у програмі розраховуються показники екологічної ефективності, зокрема скорочення викидів парникових газів (\$CO <sub>2</sub> -еквіваленту)?                             | 2 |  |
| Тема 4. Кліматичне забезпечення та огляд софту для динамічного енергетичного моделювання                                                                                   |   |  |
| Яка структура та основні параметри містяться в стандартних кліматичних файлах форматів EPW та TRY, що використовуються для динамічного моделювання?                        | 2 |  |
| У чому полягає принципова відмінність між стаціонарними (квазістаціонарними) та динамічними методами розрахунку енергоспоживання будівель?                                 | 2 |  |
| Які основні функціональні відмінності та обмеження мають програмні комплекси EnergyPlus, DesignBuilder, TRNSYS та IES Virtual Environment?                                 | 2 |  |
| Як здійснюється адаптація та коригування кліматичних даних з урахуванням ефекту «міського острова тепла» (Urban Heat Island effect)?                                       | 2 |  |
| Тема 5. Методологія побудови та розрахунку динамічної енергетичної моделі будівлі                                                                                          |   |  |
| Які принципи лежать в основі розбиття геометричної моделі будівлі на теплові (термічні) зони в середовищі DesignBuilder / EnergyPlus?                                      | 2 |  |
| Як у динамічному моделюванні враховується теплова інерція огорожувальних конструкцій та внутрішні теплонадходження (від людей, обладнання, освітлення)?                    | 2 |  |
| Які математичні моделі використовуються для розрахунку природної та примусової вентиляції, а також інфільтрації повітря в будівлі?                                         | 2 |  |
| Як проводиться калібрування динамічної моделі відповідно до міжнародного протоколу IPMVP та стандартів ASHRAE Guideline 14?                                                | 2 |  |
| Тема 6. Моделювання та проектування сонячних електростанцій                                                                                                                |   |  |
| Які основні фактори (кут нахилу, азимут, температурний коефіцієнт, затінення) впливають на коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП) сонячної електростанції? | 2 |  |
| У чому полягає методика розрахунку погодинної генерації CEC за допомогою спеціалізованого ПЗ (PVSyst, RETScreen або System Advisor Model)?                                 | 2 |  |
| Як здійснюється технічне узгодження добового графіку генерації CEC із графіком електричних навантажень об'єкта споживання?                                                 | 2 |  |
| Які критерії використовуються для вибору та розрахунку ємності систем накопичення електричної енергії (BESS) у складі мережевих та гібридних CEC?                          | 2 |  |
| Тема 7. Моделювання систем із геліоколекторами та тепловими насосами                                                                                                       |   |  |

|                                                                                                                                                                         |           |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--|
| За якими рівняннями описується теплова продуктивність плоских та вакуумних сонячних колекторів при моделюванні систем гарячого водопостачання?                          | 2         |  |
| Як розраховується оптимальний об'єм бака-акумулятора та площа геліополя для забезпечення заданої частки заміщення теплового навантаження (Solar Fraction)?              | 2         |  |
| Яка залежність існує між температурою джерела низькопотенційного тепла та коефіцієнтом перетворення (\$COP\$) різних типів теплових насосів (грунт-вода, повітря-вода)? | 2         |  |
| Як здійснюється моделювання бівалентного режиму роботи системи опалення з тепловим насосом та піковим джерелом теплопостачання?                                         | 2         |  |
| Тема 8. Деталізований економічний аналіз проєктів підвищення енергоефективності та ВДЕ                                                                                  |           |  |
| Які особливості врахування дисконтування грошових потоків (Cash Flow) при розрахунку показників NPV, IRR та DPP для довгострокових енергоефективних проєктів?           | 2         |  |
| Чим відрізняється структура капітальних (CAPEX) та операційних (OPEX) витрат у проєктах з термомодернізації порівняно з проєктами будівництва об'єктів ВДЕ?             | 2         |  |
| Як проводиться аналіз чутливості проєктів енергоефективності до коливань цін на енергоносії, рівня інфляції та ставки дисконтування?                                    | 2         |  |
| Які методи використовуються для врахування вартості заміни обладнання (Reinvestment / Repower) протягом повного життєвого циклу проєкту (LCCA)?                         | 2         |  |
| Тема 9. Механізми стимулювання та фінансування проєктів з енергозбереження                                                                                              |           |  |
| У чому полягає юридична та фінансова модель реалізації енергосервісних договорів (ЕСКО-контрактів) на основі гарантованої або розподіленої економії?                    | 2         |  |
| Які існують міжнародні грантові та кредитні програми (E5P, NEFCO, EBRD тощо) для фінансування проєктів енергоефективності в публічному та приватному секторах?          | 2         |  |
| Як працюють механізми самовиробництва (Self-consumption) та процедури Net Billing / Net Metering для суб'єктів розподіленої генерації?                                  | 2         |  |
| Яку роль відіграють цільові державні та муніципальні фонди (зокрема Фонд енергоефективності) у стимулюванні термомодернізації житлового та громадського секторів?       | 2         |  |
| <b>Разом</b>                                                                                                                                                            | <b>72</b> |  |

## 11. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ДОСЯГНЕНЬ

### 11.1 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Методами контролю є опитування студентів, підготовка звітів з практичних робіт та їх захист, підсумковий іспит.

### 11.2 ПИТАННЯ ДО ІСПИТУ

1. Сучасний стан паливно-енергетичного комплексу України та основні тенденції енергоспоживання.
2. Закон України «Про енергетичну ефективність» та його роль у формуванні державної політики.

3. Нормативно-правова база для оцінки та сертифікації енергетичної ефективності будівель в Україні (ДБН, стандарти).
4. Організаційні принципи та державні органи, що відповідають за реалізацію політики з енергозбереження.
5. Поняття та методологія проведення енергетичного аудиту об'єктів цивільного та промислового призначення.
6. Стандарти та методики нормування питомого енергоспоживання в будівлях.
7. Роль та завдання систем енергетичного менеджменту (ISO 50001) на підприємствах та в установах.
8. Призначення, функціональні можливості та архітектура програмного комплексу RETScreen Expert.
9. Структура вихідних даних, необхідних для побудови базової моделі будівлі в RETScreen.
10. Використання кліматичних баз даних NASA та метеостанцій у середовищі RETScreen.
11. Методологія розрахунку базового енергетичного балансу будівлі (Base Case) в RETScreen.
12. Моделювання заходів з термомодернізації огорожувальних конструкцій у RETScreen.
13. Оцінка ефективності модернізації інженерних систем (опалення, вентиляції, освітлення) у RETScreen.
14. Верифікація та калібрування розрахункової моделі RETScreen за реальними даними споживання.
15. Проведення аналізу чутливості та ризиків (Risk & Sensitivity Analysis) у програмному середовищі RETScreen.
16. Принципова відмінність між стаціонарними та динамічними методами енергетичного моделювання будівель.
17. Формати кліматичних файлів (EPW, TRY) для динамічного моделювання та їхні основні параметри.
18. Порівняльний огляд сучасних програмних продуктів динамічного моделювання (EnergyPlus, DesignBuilder, TRNSYS, IES VE).
19. Принципи побудови 3D-геометрії та розбиття будівлі на термічні (теплові) зони.
20. Врахування теплової інерції огорожувальних конструкцій та внутрішніх теплонадходжень при динамічному розрахунку.
21. Моделювання процесів інфільтрації, природної та примусової вентиляції в середовищі EnergyPlus/DesignBuilder.
22. Алгоритми розрахунку годинної динаміки теплових та електричних навантажень будівлі протягом року.
23. Методика калібрування динамічної енергетичної моделі відповідно до протоколу IPMVP та стандарту ASHRAE Guideline 14.
24. Основні фактори, що впливають на ефективність та річну генерацію сонячної електростанції (CEC).
25. Методологія комп'ютерного моделювання сонячних електростанцій для об'єктів різного призначення.
26. Способи узгодження добових графіків генерації CEC та графіків електричного навантаження споживача.
27. Розрахунок та обґрунтування використання систем накопичення електричної енергії (BESS) у складі CEC.
28. Принципи роботи та математичні моделі плоских і вакуумних сонячних колекторів.
29. Моделювання систем гарячого водопостачання та опалення з геліоколекторами (визначення частки заміщення Solar Fraction).
30. Класифікація та принципи функціонування різних типів теплових насосів (грунт-вода, повітря-вода, вода-вода).

31. Залежність коефіцієнта перетворення ( $\$COP\$ / \$SCOP\$$ ) теплового насоса від температурних режимів джерела та споживача.
32. Особливості моделювання бівалентних систем тепlopостачання з інтеграцією теплових насосів.
33. Основні показники економічної ефективності інвестиційних проєктів: Чиста приведена вартість (NPV) та Внутрішня норма доходності (IRR).
34. Дисконтований термін окупності (DPP) та методологія його розрахунку для енергозберігаючих заходів.
35. Структура капітальних (CAPEX) та операційних (OPEX) витрат у проєктах підвищення енергоефективності.
36. Метод розрахунку вартості життєвого циклу (LCCA) для енергетичного обладнання та будівельних систем.
37. Проведення порівняльного економічного аналізу між заходами з термомодернізації та впровадженням ВДЕ.
38. Сутність та юридично-фінансова модель механізму енергосервісу (ЕСКО-контракти).
39. Механізми стимулювання розподіленої генерації: Net Metering та Net Billing.
40. Джерела та інструменти фінансування енергоефективних проєктів (Фонд енергоефективності, міжнародні гранти, пільгове кредитування).

### 11.3 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

#### ДЕННА ФОРМА

| Модуль                                                | Критерії оцінювання знань | Кількість балів <i>максимум</i> |
|-------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| Виконання практичної роботи № 1,2                     |                           | 10                              |
| Виконання практичної роботи № 3,4                     |                           | 10                              |
| Виконання практичної роботи № 5,6                     |                           | 10                              |
| Виконання практичної роботи № 7,8                     |                           | 10                              |
| Виконання практичної роботи № 9                       |                           | 10                              |
| Захист індивідуального завдання                       |                           | 10                              |
| <i>Всього</i>                                         |                           | 60                              |
| <i>Додаткова частина</i>                              |                           |                                 |
| Підготовка та захист реферату за індивідуальною темою |                           | 20                              |
| Участь у Днях студентської науки                      |                           | 20                              |
| Участь у конференції чи семінарі за темою дисципліни  |                           | 20                              |
| <i>Штрафна частина</i>                                |                           |                                 |
| Пропуск одного заняття без поважної причини           |                           | -5                              |
| Несвоєчасне виконання практичної роботи               |                           | -5                              |
| Залік / іспит                                         |                           | 40                              |
| <b>Разом</b>                                          |                           | <b>100</b>                      |

#### ЗАОЧНА ФОРМА

| Вид навчальної роботи                                                      | Кількість балів <i>максимум</i> |
|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Контрольна робота з дисципліни<br/>(відповідно отриманого завдання)</i> | 60                              |
| Залік / іспит                                                              | 40                              |
| <b>Разом</b>                                                               | <b>100</b>                      |

#### Система нарахування рейтингових балів

Практичні роботи для денної форми навчання. За правильне виконання та успішний захист кожної практичної роботи здобувач отримує до 10 балів (разом 40 балів за два модулі).

Оцінювання здійснюється за такими критеріями: 10 балів – роботу виконано правильно та в повному обсязі; 6–9 балів – роботу виконано правильно в цілому, але допущено незначні помилки або недоліки; 4–5 балів – правильно виконано близько половини завдання; 1–3 бали – хід розв’язання в цілому правильний, але допущено грубу помилку, що призвела до неправильної відповіді; 0 балів – завдання не виконано або виконано неправильно.

Практичні роботи для заочної форми навчання. За правильне виконання та успішний захист кожної з двох практичних робіт здобувач отримує до 15 балів (разом 30 балів). Оцінювання здійснюється за такими критеріями: 15 балів – роботу виконано повністю, правильно та обґрунтовано; 12–14 балів – роботу виконано правильно в цілому, але є незначні неточності або недоліки; 8–11 балів – завдання виконано частково, наявні суттєві помилки або неповне розкриття змісту; 5–7 балів – виконано менше половини завдання, наявні значні помилки; 1–4 бали – наведено окремі правильні елементи, але в цілому завдання не виконано; 0 балів – роботу не виконано або виконано неправильно.

Поточний модульний контроль для денної форми навчання у вигляді тесту оцінюється до 10 балів за кожен модуль. Тестове завдання складається з 25 питань із чотирма варіантами відповіді, з яких лише один є правильним. Вага кожної правильної відповіді становить 0,4 бала. Час виконання тестового завдання не повинен перевищувати 30 хвилин. Здобувачу надається дві спроби проходження тесту, зараховується кращий результат.

Поточний модульний контроль для заочної форми навчання передбачає виконання двох тестових завдань (по одному на кожен модуль), кожне з яких оцінюється до 15 балів (разом 30 балів). Тестове завдання складається з 25 питань із чотирма варіантами відповіді, з яких лише один є правильним. Вага кожної правильної відповіді становить 0,6 бала. Час виконання тестового завдання не повинен перевищувати 30 хвилин. Здобувачу надається дві спроби проходження тесту, зараховується кращий результат.

Підсумкова робота для денної та заочної форм навчання (іспит) складається з двох теоретичних питань у білеті. За повну, правильну та обґрунтовану відповідь на кожне питання здобувач може отримати до 20 балів (разом 40 балів). Оцінювання кожного питання здійснюється за такою шкалою: 20 балів – надано повну, логічно структуровану та обґрунтовану відповідь; матеріал викладено чітко з використанням відповідної термінології, за потреби наведено приклади, помилки відсутні; 17–19 балів – відповідь у цілому правильна та повна, але містить незначні неточності або окремі недоліки; 13–16 балів – відповідь правильна в основному, але є кілька суттєвих недоліків; 9–12 балів – відображено приблизно половину необхідного матеріалу; 5–8 балів – відповідь містить грубі помилки; 1–4 бали – наведено окремі правильні елементи, але в цілому матеріал не засвоєний; 0 балів – відповідь відсутня або неправильна. Час складання іспиту не повинен перевищувати 80 хвилин.

## 12 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна:

1. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України. — Луганськ, вид-во «Місячне сяйво», 2010. — 696 с.
2. Енергозбереження в університетських містечках [Текст]: посібник для студ. вищих закл. Освіти / К.Р. Сафіуліна, А.Г. Колієнко, Р.Ю. Тормосов. — К.: ТОВ «Поліграф плюс», 2010. — 328 с.

3. Управління ефективністю енерговикористання у вищих навчальних закладах / І.Ю.Білоус и др.; НТУУ «КПІ»; під заг. ред. В.І. Дешка. Київ, 2015. 186 с.
4. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. — К.: Гама-Принт, 2009. — 216 с.
5. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження. —Харків, «Видавництво САГА», 2006. — 484 с.

#### **Домопоміжна:**

6. Теплова енергетика – нові виклики часу/ За заг. Редакцією П.Омеляновського, Й.Мисака. — Львів: НВФ «Українські технології», 2009. — 660 с.
7. Біла книга щодо трансформації централізованого тепlopостачання в Україні: оцінка та рекомендації. Проект енергетичної безпеки (ESP). Серпень, 2020. — 34 с.  
[https://energysecurityua.org/wp-content/uploads/2021/04/050G-DH\\_White-Paper\\_for\\_DEC-2021-02-02-UKR.pdf](https://energysecurityua.org/wp-content/uploads/2021/04/050G-DH_White-Paper_for_DEC-2021-02-02-UKR.pdf)
8. ГКД 34.09.108-98. Розподіл витрати палива на теплових електростанціях на відпущену електричну і теплову енергію при їх комбінованому виробництві

### **13 МЕТОДИ НАВЧАННЯ**

При проведенні визначених даною робочою програмою занять використовуються наступні методи навчання:

**Лекції** – викладач передає студентам теоретичні знання в аудиторії, використовує пояснювально-ілюстративні та дискусійні методи навчання;

**Практичні заняття** – студенти виконують завдання, щоб закріпити теоретичні знання на практиці, використовуються частково-пошуковий (евристичний) та імітаційні методи навчання;

**Самостійне навчання** – студенти самостійно вивчають матеріали, які розширюють їх професійну кваліфікацію та розвивають здатність до самостійної роботи. Використовується дослідницький метод, що передбачає самостійне вивчення літератури та інших джерел, виконання завдань, що містять в собі всі елементи самостійного дослідницького процесу.

### **14 ПОЛІТИКА ДИСЦИПЛІНИ**

Вивчення навчальної дисципліни потребує підготовки до лекційних та лабораторних занять згідно з навчальним планом, опрацювання рекомендованої основної та допоміжної літератури, інших інформаційних ресурсів.

Результатом підготовки до заняття має бути здобуття студентами знань з теоретичних основ даної дисципліни, сформованість вмінь і навичок щодо використання отриманих знань при розв'язанні задач. Відповіді здобувача повинні демонструвати ознаки самостійності виконання поставлених завдань, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Політика навчальної дисципліни визначається системою вимог, які викладач пред'являє до студента при вивченні дисципліни та ґрунтується на засадах академічної доброчесності. Списування під час контрольних робіт та складання іспиту заборонені (в т.ч. із використанням мобільних пристроїв). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування для самоконтролю.

Вимоги стосуються відвідування занять: неприпустимість пропусків, запізень; правил поведінки на заняттях (активну участь, виконання необхідного навчальної роботи, відключення телефонів).

Здобувачі вищої освіти повинні дотримуватися політики академічної доброчесності. Стандарти та процедури її дотримання в університеті регламентуються Кодексом академічної доброчесності ЧДТУ (<https://s.chdtu.edu.ua/aBxyXB>), Порядком виявлення та встановлення фактів порушення академічної доброчесності в ЧДТУ (<https://s.chdtu.edu.ua/rDULp3>), Положенням про систему внутрішнього забезпечення якості вищої освіти у ЧДТУ (<https://s.chdtu.edu.ua/mwCrf7>). Згідно п.2.6. Кодексу академічної доброчесності ЧДТУ, за

порушення принципів академічної доброчесності здобувачі вищої освіти можуть бути притягнені до академічної відповідальності: скасування рішення про присудження ступеня вищої освіти та присвоєння відповідної кваліфікації, повторне проходження оцінювання (контрольної роботи, іспиту, заліку тощо), повторне проходження відповідного освітнього компонента освітньої програми, відрахування із Університету, позбавлення академічної стипендії, позбавлення пільг з оплати навчання.