



Низькоексергетичні опалювальні системи

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>Теплоенергетика та теплоенергетичні установки електростанцій</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1-й курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити; 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – один раз на тиждень; практичні заняття – один раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н, доц. Соломаха Андрій Сергійович, as_solomaha@ukr.net</i> Практичні: <i>к.т.н, доц. Соломаха Андрій Сергійович, as_solomaha@ukr.net</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NDA3NzYyNjg4MjY5?cjc=3yeczee

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Низькоексергетичні опалювальні системи» дає наукову фундаментальну основу для ефективного використання відновлювальних джерел енергії в системах опалення житлових, громадських і промислових будівель. Отримані знання сприяють розумінню як раціонально споживати енергію шляхом використання малоцінних і екологічно безпечних енергетичних джерел для систем опалення будівель. При цьому високоякісна енергія (наприклад, викопне паливо і електроенергія) замінюється дешевими джерелами енергії. Перехід від високоякісних джерел енергії до дешевих вимагає відповідних систем опалення в будівлях. Системи опалення, які забезпечують нагрів при температурі близькій до кімнатної (тобто, низькоексергетичні системи), є передумовою для використання дешевих джерел енергії. В результаті ефективного використання енергії доля загального об'єму викидів CO₂ суттєво зменшується. Використання низькоякісної і екологічно безпечної енергії замість високоякісної (викопного палива і електроенергії) створює умови для економії первинних енергоресурсів і захисту навколишнього середовища від забруднення.

Метою дисципліни є формування у студентів умінь та навичок щодо:

- вміння застосовувати апарат технічної термодинаміки для аналізу енергетичних систем;

- особливостей спалювання твердого, рідкого і газоподібного палива і загальних принципів розробки систем опалення;
- особливостей застосування теплових насосів в промислових технологіях і громадських будівлях;
- сучасних тенденцій розвитку теплотехнологій та світового енергоспоживання в теплоенергетиці;
- принципів схем, технологій, конструкцій систем теплопостачання з установками, які використовують традиційні і нетрадиційні джерела енергії;
- методик оцінки ефективності і загальної економічності використання різних видів ВЕР;
- вміння аналізувати процес з точки зору Другого закону термодинаміки, розраховувати енергетичну та ексергетичну ефективність пристроїв та систем.

Предметом вивчення дисципліни є:

- фізична сутність та закономірності енергетичних процесів в опалювальних системах на базі ексергетичного аналізу.
- фактори, які впливають на ефективність роботи систем тепло- та холодопостачання;
- способи підвищення енергоефективності систем тепло- та холодопостачання.

Вивчення дисципліни формує такі **компетентності**:

- 1 здатність здійснювати раціональний вибір опалювальних приладів і джерел генерації корисної енергії в системах теплопостачання;
- 2 здатність визначати ексергетичну ефективність сучасних низькоексергетичних систем опалення;
- 3 здатність оцінювати, вибирати та розробляти різні технічні рішення, які дозволяють скоротити знищення ексергії, і забезпечують удосконалення опалювальних систем.

В результаті вивчення дисципліни студент навчиться:

- 1 Вміти демонструвати навички вибору оптимальних технологій, пристроїв і матеріалів для вирішення завдань забезпечення мікроклімату, або вибору інженерних систем.
- 2 Вміти виконувати теплотехнічні, аеродинамічні розрахунки щодо застосування різноманітного сучасного обладнання систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

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

Освоєння матеріалу дисципліни базується на попередньому вивченні теоретичних дисциплін на рівні бакалавр «Тепломасообмін», «Технічна термодинаміка», «Нетрадиційні джерела енергії». Отримані знання будуть корисними під час роботи над магістерською дисертацією, а також в подальшій професійній діяльності за напрямком розробки енергоефективних систем теплопостачання.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Фундаментальні принципи технічної термодинаміки

- Тема 1.1. Вступ
- Тема 1.2. Перший закон термодинаміки
- Тема 1.3. Другий закон термодинаміки

Розділ 2. Основні положення ексергетичного методу

- Тема 2.1. Ексергія
- Тема 2.2. Ексергетичний баланс
- Тема 2.3 Хімічна ексергія
- Тема 2.4 Ексергетичні показники ефективності

Розділ 3. Задачі сучасних систем опалення та їх аналіз

- Тема 3.1. Ексергетичний підхід до економії енергоресурсів в системах теплопостачання
- Тема 3.2. Принципи зменшення втрат ексергії в системах теплопостачання
- Тема 3.3. Термодинамічні основи одержання теплоти для низькоексергетичних опалювальних систем.
- Тема 3.4. Принципи зменшення втрат ексергії в системах холодопостачання

Розділ 4. Низькотемпературні опалювальні прилади та їх особливості.

Розділ 5. Джерела енергії для систем тепло- та холодопостачання

- Тема 5.1. Опалювальні котельні
- Тема 5.2. Теплонасосні установки, холодильні установки
- Тема 5.3. Когенераційні системи опалення, тригенерація

Розділ 6. Енергетична ефективність конденсаційних котлів

Розділ 7. Теплові насоси

- Тема 5.1. Показники ефективності елементів і циклу теплового насосу.
- Тема 5.2. Аналіз ефективності теплонасосної системи тепло- та холодопостачання.

Розділ 8. Перехід на низькотемпературні системи опалення при теплоізоляції будівель.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базовими матеріалами для вивчення дисципліни є навчальні посібники:

1. Куделя П.П., Соломаха А.С. Енергетичні та ексергетичні підходи до проблеми раціонального використання енергії. Навчальний посібник. Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 4 від 07.04.2022 р.), 2022, 158 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47934>
2. Куделя, П. П. Низькоексергетичні опалювальні системи [Електронний ресурс] / П. П. Куделя, А. С. Соломаха; НТУУ «КПІ» – Електронні текстові дані (1 файл: 3,63 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 153 с. – Назва з екрана. – Доступ : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/12348>
3. Куделя, П. П. Низькоексергетичні опалювальні системи. Опорний конспект [Електронний ресурс] : / П. П. Куделя, А. С. Соломаха ; «КПІ ім.Ігоря Сікорського». – Електронні текстові дані (1 файл: 3,63 Мбайт). – Київ : «КПІ ім.Ігоря Сікорського», 2021. – 48 с.

Допоміжні джерела:

1. Куделя П.П. Методи термодинамічного аналізу установок та систем. – Київ, 2010. Свідоцтво про надання грифа електронному виданню НМУ № Е9/10-150, протокол №5 від 21.01.2010. – 127 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/453>
2. Енергоєфективні системи кондиціонування повітря. Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика», спеціалізації «Промислова та муніципальна теплоенергетика та енергозбереження» / А.С. Соломаха, В.В. Серета ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 53 с. <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/36458/1/Kondytsionuvannia.pdf>
3. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30248?locale=uk>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Опанування навчальної дисципліни базується на попередньому опрацюванні матеріалу кожної лекції, що надсилається викладачем заздалегідь, з подальшим опитуванням і детальним розглядом окремих питань під час проведення лекції або зустрічі при дистанційному режимі навчання. Крім того, в рамках проведення практичних занять, студентам видаються індивідуальні завдання для попереднього їх вирішення і обговорення в рамках часу, передбаченого розкладом практичних занять.

Презентація лекційного матеріалу та відеоматеріали до кожного заняття викладається в електронному вигляді. Основна увага на лекційних заняттях зосереджується на розборі ключових моментів матеріалу, допомозі визначення «стержня» вивченого матеріалу, виділенні важливого від другорядного. Під час відвідування лекцій рекомендується вести короткий конспект.

5.1. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції, перелік основних питань та завдання на СРС
Розділ 1. Фундаментальні принципи технічної термодинаміки	
1	Тема 1.1. Вступ. Задачі, об'єкти і можливості термодинамічного аналізу. Використання енергетичних балансів в інженерній практиці, їх недолік. Особливості реальних процесів у зв'язку з проявом необоротностей. Роль необоротностей в зниженні енергетичної ефективності. Необоротність і Другий закон. Спільне використання Першого і Другого законів термодинаміки в ексергетичному аналізі.
2	Тема 1.2. Перший закон термодинаміки. Загальні форми матеріального і енергетичного балансів.
3	Тема 1.3. Другий закон термодинаміки Суть Другого закону. Необоротність реальних процесів. Причини необоротності. Дисипація (розсіювання) енергії. Узагальнене тертя (опір). Вихідний постулат Другого закону, два незалежні положення постулату. Ентропія – мірило хаотичного руху мікрочастинок тіла. Виробництво (генерація, виникнення) ентропії внаслідок прояву необоротностей.

Розділ 2. Основні положення ексергетичного методу	
4	Тема 2.1. Ексергія Впорядковані і невпорядковані форми енергії. Енергія – міра якості різних форм енергії. Визначення поняття ексергії. Навколишнє середовище і мертвий стан. Ексергія і анергія різних форм енергії.
5	Тема 2.2. Ексергетичний баланс Енергетичний і ентропійний баланс для обчислення ексергії і анергії теплоти. Теплосилова машина, тепловий насос і холодильна машина. Рівняння Гюї-Стодоли.
6	Тема 2.2. Ексергетичний баланс Ексергетичні баланси відкритих систем. Загальна форма. Стаціонарні поточні процеси. Рівняння ексергетичного балансу: узагальнена і часткова форми. Особливості ексергетичних балансів. Формування Першого і Другого законів за допомогою понять ексергії і анергії. Деградація енергії.
8	Тема 2.3. Хімічна ексергія. Особливості оцінки хімічної ексергії. Стандартна хімічна ексергія. Стандартна хімічна ексергія газів та їх сумішей. Стандартна хімічна ексергія палива.
9	Тема 2.4. Ексергетичні показники ефективності Знищення і втрата ексергії. Ексергетична ефективність. Нееквівалентність ексергії і її втрат.
Розділ 3. Задачі сучасних систем опалення та їх аналіз	
10	Тема 3.1. Ексергетичний підхід до економії енергоресурсів в опалювальних системах Енергетичний підхід, його особливості і основні недоліки. Врахування якості енергії, її енергетичної цінності. Головна мета ексергетичного підходу до ефективного використання енергії в будівлях. Основні складові ексергетичних втрат. Необхідна енергія і ексергія для опалення приміщень
11	Тема 3.2. Принципи зменшення втрат ексергії в опалювальних системах Відповідність (узгодженість) якості (ексергії) затрачуваної і необхідної енергії – основний принцип. Створення енергетичних каскадів в системах теплопостачання. Принципи регенерації та інтеграції.
12	Тема 3.3. Термодинамічні основи одержання теплоти для низькоексергетичних опалювальних систем. Дві принципово різні можливості одержання необхідної для опалення «суміші» ексергії і анергії. Термодинамічно недоцільні способи (електроопалення, опалювальна котельня). Доцільні способи (когенераційні установки, теплові насоси, тепловикористовуючі трансформатори теплоти – теплові насоси з тепловим приводом).
Розділ 4. Низькотемпературні опалювальні прилади та їх особливості.	
13	Основна тенденція розвитку опалювальної техніки останніх десятиліть. Ексергетичний ККД опалювальних приладів. Два способи передачі теплоти від опалювальних приладів і їх вплив на комфорт в приміщенні. Традиційні і низькотемпературні опалювальні прилади.
Розділ 5. Джерела енергії для систем тепло- та холодопостачання	
14	Тема 5.1. Опалювальні котельні, теплонасосні установки, когенераційні системи опалення

	<p>Ефективне використання теплових насосів, конденсаційних котлів і когенераційних установок при зниженні температури теплоносія. Опалювальні котельні. Енергетичний і ексергетичний аналіз. Вплив температури зворотної води на загальний ексергетичний ККД системи з традиційними і конденсаційними котлами. Схеми підключення низькоексергетичного опалювального приладу (теплової водяної підлоги) до котлів.</p> <p>Тема 5.2. Теплонасосні установки. Холодильні установки</p> <p>Коефіцієнт перетворення (COP) теплового насосу і тепло насосної системи опалення. Коефіцієнт економії палива. Ексергетичний аналіз тепло насосної системи, ексергетичний ККД. Доцільність кількісного регулювання відпускної теплоти. Каскадний нагрів теплоносія.</p> <p>Тема 5.3. Когенераційні системи опалення. Тригенерація</p> <p>Системи з паротурбінними (ПТУ), дизельними (ДВЗ), газотурбінними (ГТУ), парогазовими (ПГУ), тепло насосними установками (ТНУ) і удосконаленими котельними. ТНУ з приводом від ДВЗ.</p>
Розділ 6. Енергетична ефективність конденсаційних котлів.	
15	<p>Основна задача конденсаційної техніки. Температура точки роси і її залежність від виду і складу палива, коефіцієнта надлишку повітря і його вологовмісту. Теплоти згорання Q^P_v, Q^P_n і різниця між ними. Тепловий баланс конденсаційного котла. Два вирази для енергетичного ККД. Дійсна теплота конденсації та втрата теплоти з відхідними газами. Вплив температури зворотної води на ексергетичний ККД конденсаційного котла. Економія палива при використанні конденсаційних котлів.</p>
Розділ 7. Теплові насоси	
16	<p>Тема 7.1. Показники ефективності елементів і циклу теплового насосу.</p> <p>Коефіцієнт перетворення COP, ексергетичний ККД, коефіцієнт термодинамічної ефективності. Залежність COP від термодинамічної досконалості протікання процесів в ТН і температурного рівня джерел теплоти. Максимально допустиме значення COP. Ексергетичний ККД. Коефіцієнт термодинамічної ефективності як відношення реального COP теплового насоса і COP оборотного циклу Карно.</p>
17	<p>Тема 7.2. Аналіз ефективності теплонасосної системи теплопостачання.</p> <p>Аналіз термодинамічної ефективності ТН методом циклів. Вплив необоротностей, які пов'язані з різницею температур, дроселюванням та перегрівом пари в процесі стиснення робочої речовини вище температури конденсації, гідравлічними опорами. Три основні причини зниження ефективності тепло насосної установки, на які можна впливати. Загальний коефіцієнт перетворення ТНУ, співставлення його з COP опалювальної котельні.</p>
Розділ 8. Перехід на низькотемпературні системи опалення при теплоізоляції будівель.	
18	<p>Забезпечення збалансованого обігріву при тепловій ізоляції будівлі; рівняння теплопередачі через огорожувальні конструкції будівлі до і після реконструкції. Показники системи опалення до і після реконструкції будівлі; рівняння теплопередачі від теплоносія (в ОП) до повітря в приміщенні і рівняння енергобалансу потоку теплоносія. Зниження температурного графіку існуючої системи опалення. Заміна опалювального приладу на низькотемпературний,</p>

використання теплових насосів та конденсаційних котлів. Економія палива при покращенні теплоізоляції будівель і використанні конденсаційних котлів.

5.2. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять – вироблення умінь розв’язувати прикладні задачі інженерного характеру і їх аналіз за енергетичними, ентропійними та ексергетичними показниками.

Відвідування практичних занять є критично важливим для успішного складання заліку з дисципліни.

№ з/п	Назва теми заняття
1	Матеріальні і енергетичні баланси стаціонарних поточних процесів
2	Ексергія і анергія теплоти, речовини в потоці (ексергія ентальпії), роботи, кінетичної енергії потоку речовини, хімічна ексергія органічних палив.
3	Способи одержання заданого складу теплоти.
4	Принципи зменшення втрат ексергії в ОС. Ексергетичний аналіз низькоексергетичних опалювальних приладів: тепла підлога, тепла стіна, низькотемпературні радіатори, панелі, фанкойли, тощо.
5	Системи теплопостачання на базі опалювальної котельні.
6	Системи теплопостачання від теплонасосної установки.
7	Конденсаційні котли
8	Ефективність використання низькотемпературних систем опалення після покращення теплової ізоляції будівель.
9	Залік

6. Самостійна робота студента,

Набуття умінь і навичок застосування основних теоретичних положень курсу для розв’язання практичних інженерних задач досягається при виконанні Розрахунково-графічної роботи.

Тема розрахунково-графічної роботи: «Порівняння різних систем теплопостачання». Виконується індивідуально студентом розрахунок, аналіз однієї із сучасних систем теплопостачання та її порівняння з традиційною. Задача – засвоїти і закріпити методику аналізу термодинамічних систем теплопостачання на базі енергетичного та ексергетичного підходів.

Зміст РГР та методика її виконання, а також зміст і методика виконання домашніх контрольних робіт та вимоги до оформлення індивідуальних завдань визначаються відповідними методичними вказівками. На виконання РГР передбачено 6 годин.

Для якісної підготовки до лекцій необхідно витратити приблизно по 30 хвилин. Загальний обсяг самостійної роботи – 66 годин.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Перший закон термодинаміки. Загальні питання термодинамічного аналізу технічних систем перетворення енергії і речовини. Загальні форми матеріального і енергетичного балансів.	4
2	Другий закон термодинаміки і ентропія.	4

3	Перетворення енергії і Другий закон. Ексергія – міра якості різних форм енергії. Ексергія і анергія теплоти.	3
4	Ексергетичний баланс.	3
5	Хімічна ексергія.	3
6	Знищення і втрата ексергії. Ексергетична ефективність. Основні принципи для оцінки і удосконалення термодинамічної ефективності.	3
7	Термодинаміка одержання низько потенціальної теплоти.	3
8	Удосконалення систем теплопостачання на базі котельних. Система теплопостачання від тепло насосної установки (ТНУ). Порівняльний аналіз різних систем теплопостачання.	3
9	Підготовка до лекційних та практичних занять	10
10	Підготовка до модульних контрольних робіт	10
11	Розрахунково-графічна робота	20
	Всього	66

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

При вивченні курсу студенту необхідно під'єднатися до створеного Google Classroom. В ньому викладена в електронному вигляді вся необхідна базова література, методичні вказівки, таблиці, діаграми та ін.

На початку вивчення дисципліни видається індивідуальне завдання на Розрахунково-графічну роботу. Студент виконує РГР протягом семестру і надсилає виконану роботу до встановленого терміну (ближче до кінця семестру) в електронному вигляді в Google Classroom. Після перевірки РГР відбувається її захист.

На першому занятті коротко викладаються основи академічної доброчесності, а заходи з підтримки принципів академічної доброчесності використовується протягом вивчення дисципліни (на основі курсу «Академічна доброчесність: онлайн-курс для викладачів», Prometheus).

Система вимог до студентів:

- обов'язкова присутність на лекціях і практичних заняттях за розкладом;
- попереднє опрацювання матеріалу лекцій;
- самостійне вирішення індивідуальних завдань;
- доопрацювання завдань з урахуванням результатів перевірки і зроблених зауважень;

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

Види контролю знань студентів з дисципліни:

- відповіді на лекційних та практичних заняттях;
- виконання РГР;
- виконання індивідуальних завдань за результатами практичних занять;
- виконання МКР (дві частини).

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

- 1) дев'ять відповідей в середньому кожного студента на лекційних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно п'ять студентів; при середній чисельності групи 10 осіб і вісімнадцяти лекційних заняттях (36 годин) отримуємо: $5 \cdot 18 / 10 \approx 9$ відповідей);

- 2) чотири відповіді в середньому кожного студента на практичних заняттях (на одному занятті опитуються приблизно чотири студенти; при середній чисельності групи 10 осіб і дев'яти практичних заняттях (18 годин) отримуємо: $4 \cdot 9 / 10 \approx 4$ відповіді);
- 3) виконання РГР;
- 4) виконання шести завдань СРС (див. п.6);
- 5) виконання МКР (дві частини);

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал – 1. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1 = 1 \text{ бал} \times 9 = 9$ балів.

Критерії оцінювання:

1 бал – повна вірна відповідь на поставлене запитання; 0 балів — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_2 = 2 \text{ бали} \times 4 = 8$ балів.

Критерії оцінювання:

1 бал – повна вірна відповідь на поставлене запитання; 0 балів — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

3. Виконання індивідуальних завдань з практичних занять

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів студента – 45 (індивідуальні завдання видаються за темами практичних занять, строк здачі завдання – не пізніше ніж через тиждень після отримання: $r_3 = 5 \text{ балів} \times 9 = 45$ балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді оформлених розрахунків, виконання індивідуальних завдань обов'язкове.

Критерії оцінювання:

5 балів – виконання завдання вчасно та у повному об'ємі, відсутні помилки у розрахунках, охайне оформлення; 3...4 балів – у розрахунках наявні незначні помилки та неточності, неохайне оформлення; 1...2 бали – у розрахунках наявні деякі помилки та неточності, неохайне оформлення; 0 балів – завдання виконано не у повному об'ємі, наявність суттєвих помилок або відсутність виконаного завдання.

Заохочувальні бали:

використання програмних продуктів (Mathcad, Matlab тощо) та онлайн ресурсів (CoolProp, Air duct calculators тощо) під час виконання завдань – до 5 балів.

4. Виконання завдань РГР

Ваговий бал – 18. Максимальна кількість балів студента – 18 (завдання РГР видається після проходження відповідної теми лекційного заняття): $r_4 = 3 \text{ бал} \times 6 = 18$ балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді оформленого тексту у конспекті лекцій, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

18 балів – виконання завдання РГР вчасно та у повному об'ємі, охайне оформлення; 10...17 балів – відповідь має несуттєві помилки, неохайне оформлення; 1...9 балів – відповідь має грубі помилки, завдання виконано не у повному об'ємі; 0 балів – завдання СРС не виконано.

Штрафні бали:

несвоєчасне виконання завдання РГР без поважної причини (хвороба) – мінус 1 бал за кожне невиконане завдання.

Заохочувальні бали:

участь у наукових та/або науково-практичних конференціях, семінарах, симпозіумах – 5 балів.

5. Модульна контрольна робота (МКР)

Проводиться дві частини МКР. Кожна частина МКР складається із десяти тестових завдань та однієї задачі. Ваговий бал кожної частини – 10. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_5=10 \times 2 = 20$ балів.

Критерії оцінювання:

10 балів – повна вірна відповідь на всі тестові завдання, правильне розв'язання задачі; 9...1 бали – наявність неповних та/або невірних відповідей на тестові завдання, розв'язання задачі з деякими несуттєвими помилками; 0 балів – відсутність відповіді, МКР не зараховано.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_d):

Сума вагових балів контрольних заходів в семестрі (стартовий рейтинг) складає:

$$R_i = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5.$$

де r_i — рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_c = 9+8+45+18+20 = 100$ балів.

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
Не виконані умови допуску	Не допущено

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі проводиться семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент кафедри, к.т.н., доц. Соломаха Андрій Сергійович

Ухвалено кафедрою теплової та альтернативної енергетики (протокол № 17 від 12.04.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією ІАТЕ (протокол № 8 від 8.05.2023 р.)