



ТЕПЛОВІ МЕРЕЖІ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>144 Теплоенергетика</i>
Освітня програма	<i>ОНП Теплоенергетика</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/ очна(вечірня)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3,5 кредитів, 105 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен</i>
Розклад занять	<i>Лекційні заняття – два рази на тиждень; практичні заняття – один раз на два тижні</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектори: укр.мова - <i>к.т.н. Барабаш Петро Олексійович, barabash_tef@ukr.net¹</i> англ.мова- Практичні: <i>к.т.н. Барабаш Петро Олексійович, barabash_tef@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>https://campus.kpi.ua/</i>

Програма навчальної дисципліни

Кредитний модуль входить до дисципліни «Теплові мережі», яка є дисципліною загальної підготовки і належить до циклу дисциплін вільного вибору студентів за напрямом (спеціальністю) 144 «Теплоенергетика», програма професійного спрямування (спеціалізація) «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження»). Код дисципліни

Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Метою кредитного модуля є формування у студентів таких компетенцій:

Здатність застосовувати професійні знання й уміння на практиці (СК-2), Здатність критично оцінювати та переосмислювати накопичений досвід (власний і чужий), аналізувати і організовувати свою професійну й соціальну діяльність, працювати автономно та у команді (СК-5).

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

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

знання:

способів та методів навчання;

які дозволяють побачити, як співвідносяться частини цілого і як вони об'єднуються (базові знання).

уміння:

системно мислити;

планувати зміни для вдосконалення системи в цілому і для розробки нових систем.

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

Для вивчення кредитного модуля «Теплові мережі» необхідні знання в області: інженерна і комп'ютерна графіка (3/I); хімія (4/1); фізика (2/1); технічна термодинаміка (2/II); тепло масообмін (3/II); гідрогазодинаміка1/(II); які використовуються при вивченні дисципліни. В свою чергу, знання в області Теплових мереж використовуються далі при вивченні дисциплін: Системи виробництва та розподілу енергоносіїв (2/св.); Системи та установки знешкодження промислових викидів (16/с); Проектування теплоенергетичних установок (17/с); Використання вторинних енергоресурсів (7/с), які використовують даний кредитний модуль.

1. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ

Тема 1.1. Аналіз паливно-енергетичного комплексу України.

Тема 1.2. Енергетична ефективність теплофікації.

Розділ 2. Теплоспоживання

Тема 2.1. Сезонне навантаження

Тема 2.2. Цілорічне навантаження

Розділ 3. Системи теплопостачання

Тема 3.1. Класифікація

Тема 3.2. Теплові схеми джерел теплоти

Тема 3.3. Водяні системи

Тема 3.4. Парові системи

Тема 3.5. Нетрадиційні джерела теплоти

Тема 3.6. Вибір системи теплопостачання та теплоносія

Розділ 4. Режимы регулювання централізованого теплопостачання.

Тема 4.1. Класифікація

Тема 4.2. Температурні графіки при якісному регулюванні

Тема 4.3. Тепловий режим при кількісному регулюванні

Тема 4.4. Регулювання складного теплового навантаження.

Розділ 5. Гідравлічний розрахунок теплових мереж

Тема 5.1. Завдання розрахунку. Схеми ТМ.

Тема 5.2. Методика гідравлічного розрахунку.

Тема 5.3. П'єзометричний графік

Тема 5.4. Гідравлічний режим ТМ

Розділ 6. Теплофікаційне обладнання теплових джерел та споживачів

Тема 6.1. Теплові пункти та теплові камери

Тема 6.2. Обладнання джерел теплоти

Розділ 7. Устрій та елементи будівельного обладнання теплових мереж

Тема 7.1. Траса і профіль ТМ

Тема 7.2. Конструкції теплопроводів

Тема 7.3. Компенсація температурних деформацій

2. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Іонин А.А., Хлебов Б.М. “Теплопостачання”. – М.: “Будвіддав”, 1982, -33 с.
2. Соколов Е.Я, “Теплофікація і теплові мережі”. – М.: “Енергія”, 1982, -360с.
3. Проектування котелень промислових підприємств; Курсове проектування з елементами САПР. Навч. посібник. (О.М. Алабовський, М.Ф. Боженко, Ю.В. Хоренженко), -К.: “Вища школа”, 1992, - 207 с
4. Сафонов А.П. Збірник задач по теплофікації та тепловим мережам. Еавч. посібник. – М.: “Енергія”, 1988, -240 с.
5. Водяні теплові мережі. Справ. посібник. –М.: “Енерговіддав”, 1988, -376с.
6. Довідник будівельника теплових мереж. Під. редактув. Захаренко С.Е. –М.: “Енергоатомвіддав”, 1984, -210 с.
7. Налагодження систем центрального теплопостачання. Довідник. Під ред. Сорокіна І.М. та інш. –М.: “Енергоатомвіддав”, 1979, -190 с.

Допоміжна література

1. Методичні вказівки до розрахунку систем централізованого теплопостачання на ЕОМ. Склали: Скловська Є.Г., Биндюк А.І., -К.: “КПІ”, 1987, -35с.
2. Програма; Методичні вказівки та контрольні завдання по курсу “Теплофікація та теплові мережі”. Склад В.П. Сало. –К.: “КПІ”, 1989, -48с.
3. Методичні вказівки до лабораторної роботи “Іспит елеваторного вводу теплової мережі”. Склад В.П.Сало. –К.: “КПІ”, 1988, -12с.
4. Методичні вказівки до лабораторної роботи “Визначення питомих теплових втрат теплоізоляційних конструкцій”. Склад В.П.Сало. –К.: “КПІ”, 1988, -12с

Рекомендації

Сайт наукової бібліотеки НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://library.kpi.ua> в розділі «Електронні ресурси», підрозділі «Загальний електронний каталог НТБ» дозволяє знайти та замовити рекомендовану літературу до навчальної дисципліни та отримати доступ до електронних ресурсів бібліотеки та роботи з ними

3. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Вступ до дисципліни. Аналіз паливно-енергетичного комплексу України. Національна енергетична програма України. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: Енергетична ефективність теплофікації, пошук в Internet матеріалів за темою.
2	Властивості теплоносіїв. Класифікація теплоносіїв. Однофазні та багатofазні теплоносії. . Література: [1, 2, 3], конспект. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою.
3	Теплоспоживання. Класифікація теплового навантаження. Сезонне та цілорічне навантаження
4	Системи теплопостачання та теплові мережі. Основні поняття. Література: [1, 2, 3, 4]
5	Комплекс устаткування систем теплопостачання. Класифікація систем. Водяні тепломережі Література: [2],
6	Парові системи теплопостачання. Схеми з'єднання. Схеми збору та повернення конденсату. Вибір систем тепломережі. Порівняльний аналіз схем. Література: [1, 2, 3, 4]
7	Вибір систем тепломережі. Порівняльний аналіз схем. Література: [1, 2, 3, 4] Завдання на СРС : Облік відпущеного та спожитого тепла.
8	Призначення та структура систем регулювання теплових навантажень в централізованих мережах. Література: [1, 2, 3], конспект. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою.
9	Рівняння графіків температур теплоносіїв. Якісне регулювання. Література: [1, 2, 3], конспект. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою.
10	Тепловий режим при кількісному регулюванні Література: [1, 2, 3], конспект. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою.

11	Рівняння графіків витрат теплоносіїв при роздільному теплопостачанні. Література: [1, 2, 3, 4], конспект. <u>Завдання на СРС:</u> пошук в Internet матеріалів за темою
12	Графіки витрат та температур теплоносіїв при складному тепловому навантаженні. Література: [1, 2, 3, 4], конспект. <u>Завдання на СРС:</u> пошук в Internet матеріалів за темою
13	Завдання гідравлічного розрахунку. Схеми ТМ. Література: [1, 2, 3, 4], конспект. <u>Завдання на СРС:</u> пошук в Internet матеріалів за темою
14	Методика гідравлічного розрахунку теплових мереж. Література: [1, 2, 3, 4], конспект.
15	Вимоги до режиму тиску водяних теплових мереж. Література: [1, 2, 3, 4], конспект.
16	Основи побудови п»єзометричного графіка. Література: [1, 2, 3, 4], конспект.
17	П»єзометричний графік при складному рельєфі місцевості. Література: [1, 2, 3, 4], конспект.
18	Гідравлічний режим ТМ. Література: [1, 2, 3, 4]. <u>Завдання на СРС:</u> пошук в Internet матеріалів за темою
19	Теплові пункти та теплові камери. Література: [1, 2, 3, 4]. <u>Завдання на СРС:</u> пошук в Internet матеріалів за темою
20	Обладнання джерел теплоти. Література: [1, 2, 3, 4].
21	Траса і профіль ТМ. Література: [1, 2, 3, 4].
22	Конструкції теплопроводів. Література: [1, 2, 3, 4]. <u>Завдання на СРС:</u> пошук в Internet матеріалів за темою
23	Компенсація темп. деформацій. Література: [1, 2, 3, 4]. <u>Завдання на СРС:</u> пошук в Internet матеріалів за темою
24	Методика теплових розрахунків. Література: [1, 2, 3, 4]. <u>Завдання на СРС:</u> пошук в Internet матеріалів за темою
25	Падіння температури по довжині ТМ. Література: [1, 2, 3, 4]. <u>Завдання на СРС:</u> пошук в Internet матеріалів за темою

26	Вибір схем при'єднання опалювального устаткування до водяної теплової мережі. Література: [1, 2, 3, 4]. Завдання на СРС: пошук в Internet матеріалів за темою
27	Коефіцієнт ефективності теплоізоляційних конструкцій. Зменшення температури теплоносія по трасі тепломережі. Технікоеконімічні фактори для вибору теплоізоляційних конструкцій та товщини теплової ізоляції. Література: [1, 2, 3, 4].

5. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у набутті студентами умінь виконувати самостійно визначення теплового навантаження систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання; теплові, аеро- та гідромеханічні розрахунки обладнання систем тепlopостачання, підбирати за довідниками основне і допоміжне обладнання, а також у набутті відповідного досвіду у вирішенні цих питань.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Визначення економічної ефективності теплофікації Література: [1,2,4].Завдання на СРС: Повторити тему «теплофікація»
2	Розрахунки теплоспоживання абонентів. (Опалення, вентиляція) Література: [1,2,4].Завдання на СРС: Повторити тему «тепло споживання»
3	Розрахунки теплоспоживання абонентів. (Гаряче водопостачання) Література: [1,2,4].Завдання на СРС: Повторити тему «теплоспоживання»
4	Розрахунки системи тепlopостачання. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «теплостачання»
5	Режими відпуску тепла. Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «регулювання в системах тепlopостачання»
6	Контрольна робота за матеріалом занять 1-5.
7	Вибір обладнання теплових пунктів. (змішувальні вузли, проміжні підігрівачі, підігрівачі системи ГВП, насоси). Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «Обладнання теплових пунктів»
8	Теплові розрахунки в теплових мережах.(Повітряна, канална, безканална, однотрубна, двотрубна прокладка теплопроводів) Література: [1,2,4]. Завдання на СРС: Повторити тему «тепові розрахунки теплопроводів»
9	Заключне заняття. Вимоги до іспиту по дисципліні.

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Тема 1. Енергетична ефективність теплофікації, пошук в Internet матеріалів за темою.	4
2	Тема 2. Теплоносії. Пошук в Internet літератури про властивості новітніх теплоносіїв, які не розглядалися в лекціях.	4
3	Тема 3. Облік відпущеного та спожитого тепла.	4
4	Тема 4. Призначення та структура систем регулювання теплових навантажень в централізованих мережах. Пошук в Internet матеріалів за темою.	2
5	Якісне регулювання. Пошук в Internet матеріалів за темою.	4
6	Тепловий режим при кількісному регулюванні Пошук в Internet матеріалів за темою	4
7	Графіки витрат теплоносіїв при роздільному теплопостачанні. Пошук в Internet матеріалів за темою	2
8	Графіки витрат та температур теплоносіїв при складному тепловому навантаженні. Пошук в Internet матеріалів за темою	4
9	Схеми ТМ. Пошук в Internet матеріалів за темою	2
10	Гідравлічний режим ТМ. Пошук в Internet матеріалів за темою	4
11	Теплові пункти та теплові камери. Пошук в Internet матеріалів за темою	4
12	Конструкції теплопроводів. Пошук в Internet матеріалів за темою	2
13	Компенсація температурних деформацій тепло-проводів. Пошук в Internet матеріалів за темою	2
14	Методика теплових розрахунків. Пошук в Internet матеріалів за темою	4
15	Падіння температури по довжині ТМ. Пошук в Internet матеріалів за темою	3
17	Вибір схем при'єднання опалювального устаткування до водяної теплової мережі. Пошук в Internet матеріалів за темою	3

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- на заняттях дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації та виконання індивідуальних завдань;
- захист практичних завдань відбувається на практичному занятті у виділений для цього викладачем час;
- штрафні та заохочувальні бали:
 - відсутність на практичному занятті без поважної причини- мінус 5 балів;
 - несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) подання МКР- мінус 5 балів;
 - участь в олімпіаді з дисципліни, розробка ситуаційних вправ, тестових завдань та задач з дисципліни, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Види контролю знань студентів з дисципліни:

- відповіді на лекційних заняттях;
- відповіді на практичних заняттях;
- виконання завдань СРС;
- виконання МКР (дві частини);
- відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

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

- 1) три відповіді в середньому кожного студента на лекційних заняттях
- 2) дві відповіді в середньому кожного студента на практичних заняттях;
- 3) виконання завдань СРС;
- 4) виконання однієї МКР;
- 5) відповідь на екзамені – максимально 40 балів.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання

1. Робота на лекційних заняттях

Ваговий бал — 3. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_1=3 \text{ бали} \times 3 = 9 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві похибки; **1 бал** — неповна відповідь; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

2. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів студента на всіх заняттях: $r_2=3 \text{ бали} \times 2 = 6 \text{ балів}$.

Критерії оцінювання:

3 бали — повна вірна відповідь на поставлене запитання; **2 бали** — відповідь має несуттєві похибки; **1 бал** — неповна відповідь; **0 балів** — наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді.

3. Виконання завдань СРС

Ваговий бал – 5. Максимальна кількість балів аспіранта 35 (видається сім завдань на СРС, строк задачі завдання – не пізніше ніж через два тижні після видачі): $r_3=5$ балів $\times 7 = 35$ балів. Виконане завдання надається викладачу у вигляді конспекту, виконання завдань СРС обов'язкове.

Критерії оцінювання:

5 бали – в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; 2 бали – не в повному об'ємі і вчасно надана відповідь; 0 балів – не вчасно надана відповідь або ненадана відповідь.

Штрафні бали:

– несвоєчасне представлення виконаного завдання СРС без поважної причини (хвороба) – -2 бал.

Заохочувальні бали

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

4. Модульна контрольна робота (МКР)

Проводиться дві частини МКР. Ваговий бал кожної частини – 5. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $r_4=5 \times 2 = 10$ балів.

Критерії оцінювання:

5 балів – повна вірна відповідь на завдання; 4 бали – відповідь має несуттєві похибки; 3 бали – неповна відповідь; 0...2 бали – наявність суттєвих помилок в неповній відповіді або відсутність відповіді, МКР не зараховано.

5. Відповіді на екзамені

Екзамен проводиться у письмово-усній формі. Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних питань. Перелік питань наведений у додатку до силабусу дисципліни. Перші два теоретичних питання оцінюються по 10 балів, а третє – 20 балів. Тобто, максимальна кількість балів за виконане завдання $10+10+20 = 40$ балів.

Критерії оцінювання:

Кожне питання екзаменаційної роботи оцінюється згідно до системи оцінювання:

правильне раціональне рішення, або повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 9...10 (18...20) балів;

достатньо повна відповідь, правильне рішення (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7...8 (14...17) балів;

неповна відповідь, рішення з помилками (не менше 50% потрібної інформації та деякі помилки) – 5...6 (11...13) балів;

незадовільна відповідь, або відсутність рішення (менше 50% потрібної інформації та помилки) – менше 5 (10) балів.

Штрафні бали:

додаткове питання з тем лекційного курсу отримують студенти, які не брали участі у роботі певного заняття. Незадовільна відповідь з додаткового питання знижує загальну оцінку на 3 бали.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни (R_d):

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

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

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

Максимально можливий стартовий рейтинг: $R_c = 9+6+35+10 = 60$ балів.

Необхідною умовою допуску до екзамену є позитивна оцінка з виконання всіх завдань СРС, захист розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше $0,4 \times R_c = 24$ балів.

Студенти, які набрали в семестрі рейтинг з дисципліни менше, ніж 24 бали, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

Екзаменаційна складова R_E шкали дорівнює: $R_E = 40$ балів.

Таким чином, максимальна кількість балів за рейтинговою шкалою з дисципліни складає

$$R_D = R_C + R_E = 60 + 40 = 100 \text{ балів.}$$

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

За рішенням кафедри, згідно Тимчасового регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (Наказ № 7/86 від 08.05 2020 року), допускається застосувати підхід щодо виставлення оцінки з кредитного модуля «автоматом» шляхом пропорційного перерахунку стартових балів у підсумкові за 100-бальною шкалою. При цьому обов'язковим залишається виконання студентом умов допуску до екзамену. Студентам, які набрали фактичний стартовий рейтинг не менший, ніж 0,9 від максимально можливого (тобто $R_C \geq 54$), екзаменатор може запропонувати виставити оцінку «Дуже добре». Найвища оцінка «автоматом» не виставляється.

Переведення стартових балів у підсумкові здійснюється за формулою

$$R = 60 + \frac{40 \cdot (R_i - R_D)}{(R_C - R_D)},$$

де R – оцінка за 100-бальною шкалою;

R_i – сума балів, набраних студентом продовж семестру;

R_C – максимальна сума вагових балів контрольних заходів продовж семестру;

R_D – бал допуску до екзамену.

Студенти, які хочуть підвищити оцінку з кредитного модуля, виконують екзаменаційну роботу. При цьому переведення стартових балів у підсумкові не здійснюється.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц. каф., к.т.н., с.н.с. Барабаш Петро Олексійович

Ухвалено кафедрою теоретичної і промислової теплотехніки (протокол № 16 від 23.06.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією теплоенергетичного факультету (протокол № від 24.06.2021р.)