



Теоретичні основи теплотехніки

Робоча програма освітнього компонента (Силабус)

Реквізити освітнього компонента

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>133 Галузеве машинобудування</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів</i>
Статус освітнього компонента	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг освітнього компонента	<i>4,5(135)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>3 години на тиждень (2 години лекційних, 1 година практичних занять)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника освітнього компонента / викладачів	<i>Лектор, практичні: доц., к.т.н. ШИЛОВИЧ Ігор Леонідович http://intellect.cpsm.kpi.ua/profile/hil1</i>
Розміщення курсу	<i>Платформа Сікорський: https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=3251</i>

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, його мета, предмет вивчення та результати навчання

Більшість технологічних процесів на підприємствах з виробництва будівельних та полімерних матеріалів пов'язане з використанням роботи та процесами перетворення теплоти на роботу. Використання теплових двигунів для виробництва роботи поширено майже на всіх видах підприємств будівельної та полімерної галузі. Вивчення законів термодинаміки, аналіз циклів теплових машин є основою розуміння та раціонального використання отриманих енергетичних ресурсів.

Предмет освітнього компонента «Теоретичні основи теплотехніки» – процеси перетворення теплоти на роботу в теплових машинах, аналіз ідеальних та реальних термодинамічних процесів, визначення коефіцієнтів ефективності роботи машин. Вирішення даної задачі визначається рівнем підготовки фахівців, які працюють у галузі інжинірингу обладнання хімічних та будівельних виробництв.

Для успішного вирішення завдань розрахунку термодинамічних процесів фахівці мають вільно володіти інформацією про основні закони термодинаміки, принципи роботи машин, вміти вирішувати задачі термодинамічного аналізу роботи теплових машин.

Мета освітнього компонента «Теоретичні основи теплотехніки»

Метою вивчення освітнього компонента є формування у студентів комплексу знань в області законів термодинаміки та теплових машин, комплексу умінь та навиків, необхідних для проведення користуючись відповідними методиками та довідковими даними, здійснювати теплові розрахунки машин. Відповідно до мети підготовка бакалаврів за даною спеціальністю вимагає формування у бакалаврів наступних компетентностей:

Інтегральна компетентність:

Здатність особи розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у певній галузі професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

- Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем галузевого машинобудування ФК2,

- Здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання ФК7

Здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні, знаннях суміжних технічних наук ФК13.

Сприятимуть формуванню у студентів компетентностей також використання додаткових положень, а саме:

- Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі. (РН1),

- Знання та розуміння механіки і машинобудування та перспектив їхнього розвитку (РН2),

- Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні (РН4),

- Знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми(РН17).

- здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем.

- здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання.

- здатність описувати та класифікувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні, знаннях суміжних технічних наук.

Згідно з вимогами програми освітнього компонента «**Теоретичні основи теплотехніки**», студенти після його засвоєння мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

- знати та розуміти суміжні галузі (механіку рідин і газів, теплотехніку, електротехніку, електроніку) і вміти виявляти міждисциплінарні зв'язки на рівні, необхідному для виконання інших вимог освітньої програми (РН9);

А також додатково сприятимуть формуванню у студентів таких результатів навчання:

- знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі відповідної галузі;

- здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем;
- обирати і застосовувати потрібне обладнання, інструменти та методи;
- застосовувати засоби технічного контролю для оцінювання параметрів об'єктів.

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

Вивчення освітнього компонента «**Теоретичні основи теплотехніки**» базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих студентами протягом перших курсів бакалавріату при вивченні освітніх компонентів «Інформатика», «Математика», «Фізика». Освітній компонент «**Теоретичні основи теплотехніки**» є освітнім компонентом професійної підготовки, що має забезпечити розв'язання комплексних проблеми в області інжинірингу, раціонального використання матеріальних та енергетичних ресурсів.

3. Зміст освітнього компонента

Розділ 1. Основи технічної термодинаміки.

Вступ. Термодинамічні основи енергетичних перетворень. Методи досліджень енергетичних явищ у термодинаміці. Параметри стану. Одиниці виміру термодинамічних величин. Поняття теплоти та роботи. Перший закон термодинаміки. Математичні вирази Першого закону термодинаміки. Застосування Першого закону до природних, фізичних явищ та технологічних процесів. Вираз Першого закону для відкритих термодинамічних систем (для потоку робочого тіла). Узагальнююча роль математичного виразу для першого закону термодинаміки для потоку робочого тіла.

Процеси ідеального газу. Закон стану Клапейрона для ідеального газу. Теплоємність ідеального газу. Рівняння Майєра. Обчислення параметрів стану та характеристик процесів з використанням Першого закону термодинаміки.

Циклічні процеси. Математичний вираз Першого закону для циклів як обґрунтування неможливості створення вічного двигуна першого роду. Поняття про коефіцієнт корисної дії двигуна. Прямі та обернені цикли. Принцип дії теплового двигуна, холодильної машини та теплового насосу. Обґрунтування практичної реалізації перетворення теплоти в корисну роботу за допомогою теплового двигуна. Формулювання Другого закону термодинаміки. Перша і друга теореми Карно. Поняття про еквівалентний цикл Карно і його значення для аналізу ефективності використання теплоти для виробництва корисної роботи. Визначення обернених та необернених циклів. Суть термодинамічного поняття втрат від необретеності термодинамічного процесу або циклу. Визначення параметру "ентропія" як ступеня необретеності циклічного процесу. Інтеграл Клаузіуса. Математичні вирази для ентропії замкненої системи, Зміна ентропії замкненої системи, в якій відбуваються обернені та не обернені процеси. Оцінка працездатності системи з урахуванням обернених та не обернених процесів. Поняття про ексергію.

Розділ 2. Реальні гази. Термодинамічні процеси та цикли.

Властивості реальних газів та пари. Дослід Ендрюса. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Діаграми та таблиці термодинамічних властивостей реальних газів. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса для кривої пружності "рідина-пара". Склад та призначення діаграм та таблиць термодинамічних властивостей водяної пари. Процеси водяної пари. Розрахунки головних характеристик процесів та зміни параметрів стану. Поняття про ступінь сухості водяної пари та основні розрахункові залежності для обчислення стану вологої водяної пари. Використання таблиць та діаграм для обчислень.

Принципова схема паросилової установки (ПСУ). Конструкція теплового обладнання паросилової установки. Схема та конструкція парогенератора. Принцип побудови та функціонування парової турбіни. Теплові процеси у ПСУ. Термодинамічне представлення циклу ПСУ. Цикл Ренкіна. Зображення циклу у h,s – діаграмі. Поняття про ККД циклу. Термодинамічні обчислення характеристик циклу за допомогою h,s – діаграми. Аналіз ефективності циклу Ренкіна. Шляхи підвищення ККД циклу. Технічна реалізація підвищення ККД циклу Ренкіна. Цикл з повторним перегрівом пари, регенеративний цикл, теплофікаційний цикл. Аналіз роботи реального циклу ПСУ з урахуванням не оберненості термодинамічних процесів. Універсальність Першого закону термодинаміки. Застосування математичної форми запису Першого закону термодинаміки для опису горизонтальної, адіабатної течії без тертя. Процеси течії робочих тіл (рідин та газів). Кінцева швидкість витікання з отворів. Основні рівняння для руху робочих тіл. Швидкість звуку. Сопло Лавалю.

Стискання та нагнітання газів. Принцип дії та конструкція повітряного компресора. Типи компресорів за принципом дії. Цикл компресора. Співставлення циклів з адіабатним та ізотермічним стисканням. Газотурбінна установка (ГТУ). Принцип дії та теплова схема турбіни. Цикли турбін з адіабатним та ізотермічним стисканням повітря у компресорі нагнітання. Регенеративний цикл ГТУ. Склад та призначення двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Цикли ДВЗ. Поняття про регенеративний цикл Карно. Регенерація теплоти, як засіб підвищення енергоефективності роботи теплового двигуна.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Константинов С.М., Панов Є.М. Теоретичні основи теплотехніки - К.: «Золоті ворота, 2012. С.592.
2. Теоретичні основи теплотехніки [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання практичних робіт студентів з дисципліни «Теоретичні основи теплотехніки» для студентів напрямків підготовки 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503 «Машинобудування» / НТУУ «КПІ» ; уклад. І. Л. Шилович, Т. Б. Шилович. – Електронні текстові дані (1 файл: 403 Кбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 21 с.– Довідка : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/2709>

Допоміжна

3. O.Singh /Applied Thermodynamics, New Age International Ltd., Publishers, 2009. – 313 p.
4. D.Kondepudi, I.Prigozhin/Modern Thermodynamics, From Heat Engines to Dissipative Structures. – John Wiley & Sons: Chichester, UK, 1998. – 486 pp.
5. S.B.Rauf / Thermodynamics Basics: Enthalpy, Entropy, Mollier Diagram and Steam Tables/www.cedengineering.com.
6. Linnhoff B, Hindmarsh E. The Pinch Design Method for Heat Exchanger Networks.//Chemical Engineering Science, Vol. 38, No5, pp 745 – 763.
7. Thermodynamic Properties of Water/Allan H. Harvey, NISTIR5078, Colorado, 1998/<https://www.nist.gov>.

5. Методика опанування освітнього компонента

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з освітнього компонента «**Теоретичні основи теплотехніки**», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області сучасних методів та процесів теплопередачі;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулюваннях);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів і зразків;
- викладання матеріалів досліджень чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
- доступність для сприйняття даною аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Вступ. Термодинамічні основи енергетичних перетворень. Методи досліджень енергетичних явищ у термодинаміці. Параметри стану. Одиниці виміру термодинамічних величин. Література: [1]: с.86-95; [2]: 11 - 45. Завдання на СРС. Основи МКТ з курсу фізики. Одиниці фізичних величин системи СІ.	2
2	Перший закон термодинаміки Поняття теплоти та роботи. Перший закон термодинаміки. Математичні вирази Першого закону термодинаміки. Науково-пізнавальна суть Першого закону. Література: [1]: с.309-349; [2]: 69 - 93. Завдання на СРС. Застосування Першого закону до природних, фізичних явищ та технологічних процесів.	2
3	Перший закон термодинаміки для відкритих термодинамічних систем Вираз Першого закону для відкритих термодинамічних систем (для потоку робочого тіла). Узагальнююча роль математичного виразу для першого закону термодинаміки для потоку робочого тіла. Література: [1]: с.309-349; [2]: 69 – 93, [2] Завдання на СРС. Перший закон термодинаміки для закритих систем	2
4	Процеси ідеального газу. Закон стану Клапейрона для ідеального газу. Теплоємність ідеального газу. Рівняння Майєра. Обчислення параметрів стану та характеристик процесів	2

	з використанням Першого закону термодинаміки. Література: [1]: с.309-349; [2]: 97- 104. Завдання на СРС. Застосування Першого закону термодинаміки до процесів ідеального газу.	
5	Циклічні процеси. Математичний вираз Першого закону для циклів як обґрунтування неможливості створення вічного двигуна першого роду. Поняття про коефіцієнт корисної дії двигуна. Прямі та обернені цикли. Принцип дії теплового двигуна, холодильної машини та теплового насосу. Література: [1]: с.309-349; [2]: 69 - 93. Завдання на СРС. Дослідити схему роботи холодильника, виконати моніторинг роботи холодильника.	2
6-7	Перетворення теплоти на роботу. Обґрунтування практичної реалізації перетворення теплоти в корисну роботу за допомогою теплового двигуна. Формулювання Другого закону термодинаміки. Перша і друга теореми Карно. Поняття про еквівалентний цикл Карно і його значення для аналізу ефективності використання теплоти для виробництва корисної роботи. Визначення обернених та необернених циклів. Суть термодинамічного поняття втрат від необрненості термодинамічного процесу або циклу. Визначення параметру "ентропія" як ступеня необрненості циклічного процесу. Інтеграл Клаузіуса. Математичні вирази для ентропії замкненої системи, зміна ентропії замкненої системи, в якій відбуваються обернені та не обернені процеси. Поняття про ексергію, співвідношення Гюї-Стодоли Література: [1]: с.270-276; [2]: 105 – 143; [6]: с.78-96. Завдання на СРС. Оцінка працездатності системи з урахуванням обернених та не обернених процесів.	4
8	Властивості реальних газів та пари. Дослід Ендрюса. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Діаграми та таблиці термодинамічних властивостей реальних газів. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса для кривої пружності "рідина-пара". Склад та призначення діаграм та таблиць термодинамічних властивостей водяної пари. Література: [6]: с.121-127 Завдання на СРС. Процеси фазового переходу	2
9	Процеси водяної пари. Розрахунки головних характеристик процесів та зміни параметрів стану. Поняття про ступінь сухості водяної пари та основні розрахункові залежності для обчислення стану вологої водяної пари. Використання таблиць та діаграм для обчислень. Література: [1]: с.326-333; [2]: с.105-127; [6]: с.104-117. Завдання на СРС. Моніторинг кипіння води з розподіленням фаз: кипляча вода, волога насичена пара	2
10	Принципова схема паросилової установки (ПСУ). Конструкція теплового обладнання паросилової установки. Схема та конструкція парогенератора. Принцип побудови та функціонування парової турбіни. Теплові процеси у ПСУ. Література: [1]: с.326-333; [2]: с.105-127; [6]: с.104-117.	2

	<i>Завдання на СРС. Основне обладнання ПСУ (ТЕЦ, ДРЕС, АЕС)</i>	
11-12	<i>Цикл Ренкіна.</i> <i>Термодинамічне представлення циклу ПСУ. Зображення циклу у h,s – діаграмі. Поняття про ККД циклу. Термодинамічні обчислення характеристик циклу за допомогою h,s – діаграм. Шляхи підвищення ККД циклу. Технічна реалізація підвищення ККД циклу Ренкіна. Цикл з повторним перегрівом пари, регенеративний цикл, теплофікаційний цикл. Аналіз роботи реального циклу ПСУ з урахуванням не оберненості термодинамічних процесів. Метод ККД та ексергетичний метод. Потенціал енергозбереження у циклі ПСУ.</i> <i>Література: [1]: с.326-333; [2]: с.105-127; [6]: с.104-117.</i> <i>Завдання на СРС. процеси водяної пари в конденсаторі</i>	4
13-14	<i>Термодинамічні основи течії рідин та газів. Ефект інверсії</i> <i>Універсальність Першого закону термодинаміки, Застосування математичної форми запису Першого закону термодинаміки для опису горизонтальної, адіабатної течії без тертя. Процеси течії робочих тіл (рідин та газів). Кінцева швидкість витікання з отворів. Основні рівняння для руху робочих тіл. Швидкість звуку. Сопло Лавалю. Дроселювання газів та пари. Ефект Джоуля –Томсона.</i> <i>Література: [7]: с.14-23</i> <i>Завдання на СРС. течія рідин та газів (віртуальні зображення зміни параметрів: тиску, швидкості). Термодинамічна суть нерівно важкості процесу дроселювання. Практичне використання ефекту при вимірюванні витрат рідин та газів.</i>	4
15	<i>Стискання та нагнітання газів. Принцип дії та конструкція повітряного компресора. Типи компресорів за принципом дії. Цикл компресора. Співставлення циклів з адіабатним та ізотермічним стисканням. Газотурбінна установка (ГТУ). Принцип дії та теплова схема турбіни. Цикли турбін з адіабатним та ізотермічним стисканням повітря у компресорі нагнітання. Регенеративний цикл ГТУ.</i> <i>Склад та призначення двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Цикли ДВЗ. Поняття про регенеративний цикл Карно. Регенерація теплоти, як засіб підвищення енергоефективності роботи теплового двигуна.</i> <i>Література: [1]: с.270-276; [2]: 105 - 123.</i> <i>Завдання на СРС. Дослідити принцип роботи газової турбіни</i>	2
16-17	<i>Види палива. Визначення енергетичного палива. Визначення кількості повітря, необхідного для горіння палива. Надлишок повітря. Визначення теплоти згоряння палива. Методи спалення палива та технічні пристрої для спалення палив. Структура факелу. Кінетичні та хімічні особливості горіння палив.</i> <i>Література: [7]: с.7-11.</i> <i>Завдання на СРС. Методи спалення палива та технічні пристрої для спалення палив. Структура факелу. Кінетичні та хімічні особливості горіння палив</i>	4
18	<i>Підсумкова лекція. Опитування</i>	2
	Всього	36

Практичні заняття

У системі професійної підготовки бакалаврів з даного освітнього компонента практичні заняття займають 33 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра в галузі механічної інженерії, а саме розрахунку термодинамічних процесів в обладнанні. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають конструктивне мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. Практичні заняття повинні виконувати не тільки пізнавальну і виховну функції, але й сприяти зростанню студентів як фахових працівників в області галузевого машинобудування.

Основні завдання циклу практичних занять:

- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області сучасних методів розрахунку термодинамічних процесів в обладнанні;
- навчити студентів прийомам розв'язання практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання розрахунків, графічних та інших завдань;
- навчити їх працювати з довідковою літературою;
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опановувати методи, способи і прийоми самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Одиниці виміру фізичних величин, параметри стану та характеристики термодинамічних процесів. Література: [2] с.3 - 5, [3] с.3 - 5, [4], [8] Завдання на СРС. Одиниці виміру системи СІ та позасистемні одиниці, співвідношення	2
2	Розв'язання задач по обчисленню параметрів стану робочого тіла та характеристик процесів ідеального газу. Література: [2] с.6 - 7. Завдання на СРС. Розв'язання задач	2
3-4	Перший закон термодинаміки та його застосування для термодинамічних процесів відкритих та ізольованих систем. Література: [8] Завдання на СРС. Визначення роботи термодинамічної, наявної.	4
5-6	Розв'язання задач на застосування Другого закону термодинаміки. Окремі вирази для ККД теплового двигуна, холодильної машини та теплового насосу. Література: [2] Завдання на СРС. Розв'язання задач	4
7-8	Призначення та структура таблиць водяної пари. Знайомство з електронною таблицею термодинамічних властивостей робочих тіл (вода, насичена волога водяна пара, суха пара, перегріта пара).	4

	Призначення та вигляд в h,s – діаграми водяної пари. Література: [2], [7-8] Завдання на СРС. Розв'язання задач	
9	Модульна контрольна робота	2
	Всього	18

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 55% часу вивчення освітнього компонента, включаючи і підготовку до екзамену. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування наукових знань в областях, що не увійшли у перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компоненту студент повинен навчитися глибоко аналізувати сучасні підходи до розробки та впровадження новітніх технологій розрахунку термодинамічних процесів, виходячи із їх технологічного призначення та параметрів роботи. Він повинен володіти основними прийомами та методами розрахунку.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Тема 1. Параметри стану. Література: [1]: с.86-95; [2]: 11 - 45. Завдання на СРС. Основи МКТ з курсу фізики. Одиниці фізичних величин системи СІ.	5
2	Тема 2. Перший закон термодинаміки для процесів Література: [1]: с.309-349; [2]: 69 - 93. Завдання на СРС. Застосування Першого закону до природних, фізичних явищ та технологічних процесів.	6
3	Тема 3. Перший закон термодинаміки для циклів. Література: [1]: с.309-349; [2]: 69 – 93, [2] Завдання на СРС. Перший закон термодинаміки для закритих систем.	6
4	Тема 4. Процеси ідеального газу. Література: [1]: с.309-349; [2]: 97- 104. Завдання на СРС. Застосування Першого закону термодинаміки до процесів ідеального газу.	5
5	Тема 5. Процеси реального газу. Література: [1]: с.309-349; [2]: 69 - 93. Завдання на СРС. Дослідити схему роботи холодильника, виконати моніторинг роботи холодильника.	5
6	Тема 6. Перша і друга теореми Карно. Література: [1]: с.270-276; [2]: 105 – 143; [6]: с.78-96. Завдання на СРС. Оцінка працездатності системи з урахуванням обернених та не обернених процесів.	5
	Розділ 2	
7	Тема 1. Властивості реальних газів та пари. Література: [1]: с.326-333; [2]: с.105-127; [6]: с.104-117. Завдання на СРС. Моніторинг кипіння води з розподіленням фаз: кипляча вода, волога насичена пара	3
8	Тема 2. Паросилова установка. Література: [1]: с.270-276; [2]: 105 - 123. Завдання на СРС. Дослідити принцип роботи газової турбіни	3
9	Тема 3. Стискання та нагнітання газів. Література: [7]: с.14-23 Завдання на СРС. течія рідин та газів (віртуальні зображення зміни параметрів: тиску, швидкості). Термодинамічна суть нерівно важкості процесу дроселювання. Практичне використання ефекту при вимірюванні	4

	<i>витрат рідин та газів.</i>	
10	<i>Тема 4. Методи спалення палива та технічні пристрої для спалення Література: [7]: с.7-11. Завдання на СРС. Методи спалення палива та технічні пристрої.</i>	5
11	<i>Підготовка до МКР</i>	4
12	<i>Підготовка до екзамену</i>	30
	<i>Всього</i>	81

Політика та контроль

7. Політика освітнього компонента

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- *заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:*
 - <https://www.coursera.org/learn/thermodynamics-intro>;
 - <https://www.coursera.org/learn/sustainability-fuels-ash-chemistry-deposits-corrosion-additives>
Але їхня сума не може перевищувати 10% від рейтингової шкали.
- *штрафні бали передбачені в разі невчасної здачі (з запізненням більше ніж на 2 тижні) практичних.*

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення заборгованостей з освітнього компонента або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здача екзамену за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Політика академічної поведінки і етики

Студенти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, конструктивно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з освітнього компонента згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РР	Семестровий контроль
5	4,5	135	36	18	-	81	1	—	екзамен

Рейтинг студента з освітнього компонента складається з балів, що він отримує за:

Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за роботу на практичних заняттях та за виконання модульної контрольної роботи, здача екзамену.

Семестровим контролем є екзамен.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Виконання завдань на практичних заняттях.

Ваговий бал виконання 15 задач на практичних заняттях складає по 3 балів.

Критерії оцінювання виконання практичного завдання

Повнота та ознаки виконання завдання	Бали
Завдання виконане в повній мірі	3
Незначні недоліки за пунктом 1	2
Незначні помилки в розрахунках	1
Несвоєчасне виконання завдання	1
Невиконання завдання	0

Виконання модульної контрольної.

Ваговий бал виконання МКР складає 5 балів.

Критерії оцінювання виконання МКР

Повнота та ознаки виконання завдання	Бали
МКР виконана в повному обсязі	5
Незначні недоліки за пунктом 1	4
Неповне виконання завдання	3
Неякісне виконання завдання	2-1
Невиконання завдання	0

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за практичні роботи 27 балів/ зарахування усіх практичних задач / позитивна оцінка з МКР (не менше 3 балів) семестровий рейтинг не менше 30 балів.

Семестровий контроль: екзамен.

Ваговий бал екзаменаційної роботи складає 50 балів за 2 завдання.

Критерії оцінювання виконання екзаменаційної роботи

Повнота та ознаки виконання завдання	Бали
Робота виконана в повному обсязі	50
Незначні недоліки за пунктом 1	45-49
Значні недоліки за пунктом 1	38-48
Неповне виконання завдання	30-37
Неякісне виконання завдання	0
Невиконання завдання	0

Таким чином рейтингова семестрова шкала з освітнього компонента складає:

$$R = 15 \cdot 3 + 5 + 50 = 100 \text{ балів}$$

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 25 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 12 балів.

За результатами навчальної роботи за 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 75 балів. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 37 балів.

Максимальна сума балів складає 100.

Необхідною умовою допуску до **екзамену** є рейтинг, що складає не менше 60% від виконання практичних робіт та МКР, тобто 30 балів.

Для отримання **екзаменаційної** оцінки, сума всіх отриманих протягом семестру рейтингових балів **R** переводиться згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
$RD < 60$	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено

9. Додаткова інформація з освітнього компонента

Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Математичний вираз рівняння стану ідеального газу. Застосування рівняння I-го закону термодинаміки та рівняння стану ідеального газу для ізотермічного процесу.
2. Використання I-го закону термодинаміки до циклічних процесів.
3. Цикл теплового двигуна. Джерела теплоти. ККД теплового двигуна.
4. Математична форма запису I-го закону термодинаміки (позначити складові частини формули). Поняття теплоти та роботи, як впорядкованої та неупорядкованої форм руху матерії. Застосування поняття ентропії для обчислення теплоти. Геометрична інтерпретація теплоти в T,s - координатах.
5. Використання I-го закону термодинаміки до циклічних процесів.
6. Математичний вираз рівняння стану ідеального газу. Застосування рівняння I-го закону термодинаміки та рівняння стану ідеального газу для адіабатного процесу.
7. Максимальна корисна робота. Поняття ексергії. Працездатність потоку робочого тіла. корисної роботи. Працездатність потоку теплоти робочого тіла.
8. Найпростіша схема паросилової установки. Зображення циклу ПСУ в T,s – координатах. Інтерпретація теплоти та корисної роботи циклу.
9. Теплота та корисна робота. Перетворення теплоти в корисну роботу (визначення теплоти, схема перетворення теплоти в корисну роботу). Поняття параметрів стану та функцій процесу.
10. Використання I-го закону термодинаміки до циклічних процесів
11. Математична форма запису I-го закону термодинаміки (повні значення складових формули, питомі значення, диференціальна форма, позначити складові частини формули).
12. Цикл Карно. Процеси та зображення теплоти та роботи. Зображення в T,s і p,v - координатах. Коефіцієнт корисної дії циклу Карно.
13. Вираз першого закону термодинаміки для потоку робочого тіла.
14. Формулювання II-го закону термодинаміки. Наукова сутність II-го закону термодинаміки у викладенні Планка та Клаузіуса.
15. Математичний вираз рівняння стану ідеального газу. Застосування рівняння I-го закону термодинаміки та рівняння стану ідеального газу для ізобарного процесу.
16. Інтеграл Клаузіуса. Поняття про ентропію. Необерненість термодинамічних процесів.
17. Теплоємність. Визначення, поняття про c_p і c_v . Метод обчислення теплоти за допомогою теплоємності.
18. Математичний вираз II-го закону термодинаміки. Поняття про ентропію Інтеграл Клаузіуса.
19. Дві форми запису I-го закону термодинаміки. Поняття ентальпії. Поняття параметрів стану та функцій процесу стосовно теплоти та роботи та їх геометрична інтерпретація в T,s і p,v - координатах.
20. Поняття про еквівалентний цикл Карно. Методи аналізу циклічних процесів (заміна довільного циклу оберненим циклом Карно та порівняння ККД, „карнонізація” довільного циклу з метою збільшення ККД.
21. Математичний вираз рівняння стану ідеального газу. Застосування рівняння I-го закону термодинаміки та рівняння стану ідеального газу для ізохорного процесу.
22. Склад і призначення паросилової установки. Схема ПСУ. Коефіцієнт корисної дії паросилової установки.
23. Реальні гази. Дослід Ендрюса. H,s -діаграма.

24. Цикл Карно. Зображення в T,s і p,v -координатах. Коефіцієнт корисної дії циклу Карно. Перша теорема Карно.
25. Використання виразу I-го закону термодинаміки для потоку для визначення кінцевої швидкості витікання рідин та газів з резервуарів.
26. Схема та цикл паросилової установки (цикл Ренкіна).
27. Визначення роботи стискання при постійній температурі. Порівняння роботи ізотермічного та адіабатного стискання.
28. Склад і призначення h,s -діаграми водяної пари. Головні ізолнії діаграми та їхній фізичний зміст.
29. Використання виразу I-го закону термодинаміки для визначення наявної роботи потоку рідини або газу.
30. Використання виразу I-го закону термодинаміки для циклів. Джерела теплоти та корисна робота циклу. Коефіцієнт корисної дії циклу теплового двигуна.
31. Використання I-го закону термодинаміки до процесів водяної пари. Зображення в h,s -діаграмі ізохорного процесу; обчислення теплоти, термодинамічної роботи та наявної роботи процесу.
32. Склад та призначення газотурбінної установки. Зображення циклу ГТУ, визначення ККД при процесі в камері згоряння $p=\text{const}$ та ізотермічному стисканні повітря в компресорі.
33. Склад і призначення h,s -діаграми водяної пари. Зображення процесів водяної пари за допомогою ізолній h,s -діаграми.
34. Процеси нагнітання рідин та газів. Принцип дії компресора. Класифікація нагнітачів (компресори, вентилятори, насоси). Визначення роботи стискання та потужності двигуна для приводу.
35. Витікання із отворів, які звужуються. Критична швидкість витікання. Діаграма витрат речовини, яка витікає із отворів, які звужуються.
36. Принцип багатоступеневого стискання. Порівняння процесів стискання при постійній температурі та при багатоступеному стисканні.
37. Шляхи підвищення ККД (цикл з повторним перегрівом пари, вплив підвищення початкових параметрів пари, регенеративний підігрів води).

Приблизний перелік питань, які виносяться на модульну контрольну роботу

1. Газ при $p_1=300$ кПа, $v_1= 0,25$ м³/кг оборотно переводиться в стан з $p_2=450$ кПа в процесі, що описується рівнянням $pv = \text{const}$. Визначити роботу зміни об'єму (кДж/кг).
2. В ізотермічному процесі при $t=2270$ С ентропія 2 кг робочого тіла збільшується на 0,46 кДж/(кг·К). Визначити теплоту при оборотному протіканні процесу.
3. Газ при $p_1=375$ кПа, $v_1= 0,45$ м³/кг обротно переводиться в стан з $p_2=750$ кПа в процесі, який описується рівнянням $p = \text{const}$. Визначити роботу зміну об'єму (кДж/кг).
4. Газ при $p_1=375$ кПа, $v_1= 0,45$ м³/кг обротно переводиться в стан с $p_2=750$ кПа в процесі, який описується рівнянням $p = \text{const}$. Визначити наявну роботу (l_p) при оборотному протіканні процесу (кДж/кг).
5. Внутрішня енергія газу зменшилася на 50 кДж. Визначити теплоту (кДж) при ізохорній зміні стану.

6. Газ при $p_1 = 750 \text{ кПа}$, $v_1 = 0,45 \text{ м}^3/\text{кг}$ обротно переводиться в стан с $p_2 = 375 \text{ кПа}$ в процесі, який описується рівнянням $pv = \text{const}$. Визначити роботу зміни об'єму (кДж/кг).
7. Газ при $p_1 = 300 \text{ кПа}$, $v_1 = 0,25 \text{ м}^3/\text{кг}$ зворотно переводиться в стан з $p_2 = 450 \text{ кПа}$ в процесі, який описується рівнянням $= \text{const}$. Визначити роботу зміни об'єму (кДж/кг).
8. Кількість теплоти, що підведена у процесі $Q = 400 \text{ кДж}$. Визначити термодинамічну роботу, якщо внутрішня енергія змінюється на $+100 \text{ кДж}$.
9. КПД циклу Карно $0,6$. Визначити термодинамічну роботу циклу, що працює за циклом Карно, якщо підведена теплота становить 1000 кДж .
10. Газ при $p_1 = 750 \text{ кПа}$, $v_1 = 0,45 \text{ м}^3/\text{кг}$ обротно переводиться в стан с $p_2 = 375 \text{ кПа}$ в процесі, який описується рівнянням $pv = \text{const}$. Визначити роботу зміни об'єму (кДж/кг).

Робочу програму освітнього компонента (силабус):

Складено доцент, к.т.н., Шилович І.Л..

Ухвалено кафедрою ХПСМ (протокол № 17 від 04.06.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією ІХФ (протокол № 11 від 27.06.2025 р.)