

ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ТЕРМОДИНАМІКИ

СИЛАБУС

Шифр і назва спеціальності	142 – Енергетичне машинобудування	Інститут / факультет	ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки
Назва програми	Енергетика	Кафедра	Двигуни та гібридні енергетичні установки
Тип програми	Освітньо-професійна	Мова навчання	Українська

Викладач

Кравченко Сергій Сергійович, Serhii.Kravchenko@khp.edu.ua



Кандидат технічних наук, доцент кафедри двигунів та гібридних енергетичних установок НТУ «ХПІ». Досвід роботи – 7 років. Автор близько 50 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Динаміка та міцність ДВЗ», «Автоматичне регулювання ДВЗ», «Основи технічної термодинаміки», «Спеціальні розділи теорії розрахунків енергетичного обладнання (Спеціальні розділи розрахунків у ДВЗ)», «Обрані теми термодинаміки»

Загальна інформація про курс

Анотація	В рамках курсу вивчаються методи отримання теплоти, перетворення її в інші види енергії, розподіл, транспортування, використання теплоти за допомогою теплових машин, апаратів і установок
Цілі курсу	Мета вивчення дисципліни – передбачає засвоєння студентами теоретичної бази, необхідної для послідуєчого вивчення дисциплін зі спеціальності «142 Енергетичне машинобудування», практичне використання теоретичних положень дисципліни для аналітичного аналізу та представлення реальних процесів в енергетичному устаткуванні.
Формат	Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, консультації. Підсумковий контроль - іспит
Семестр	III

Результати навчання

ПР 1. Знання і розуміння математики, фізики, тепломасооб-міну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансфо-рмації (перетворення) енергії, технічної механіки, конструкторських матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ПР 2. Знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях.

ПР 3. Розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 142 Енергетичне машинобудування.

ПР 4. Застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

ПР 5. Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

ПР 6. Розробляти і проектувати вироби в галузі енергетичного машинобудування, процеси і системи, що задовольняють конкретні вимоги, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосування адекватної методології проектування.

ПР 7. Проектувати об'єкти енергетичного машинобудування, застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти на основі розуміння передових досягнень галузі.

ПР 13. Використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси, а також розуміння їх обмежень при вирішенні професійних завдань.

ПР 14. Застосовувати норми інженерної практики у сфері енергетичного машинобудування.

ПРС 1-2. Використовувати знання і розуміння інженерних питань, що лежать в основі спеціальності 142 - Енергетичне машинобудування на рівні, необхідному для досягнення ін-ших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки.

ПРС 1-3. Використовувати знання щодо розрахунків теплогідравлічних процесів в енергогенеруючих установках.

ПРС 2-1. Застосовувати знання щодо обладнання і принципів роботи теплових та атомних електричних станцій.

ПРС 2-3. Практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень енергетичного обладнання.

ПРС4-1. Керувати професійною діяльністю, приймати участь у роботі над проектами відповідно до спеціалізації спеціальності 142 - Енергетичне машинобудування.

ПРС4-2. Використовувати знання щодо особливостей конструкцій основних елементів, вузлів і механізмів двигунів внутрішнього згоряння.

ПРС4-3. Застосовувати знання щодо випробувань двигунів внутрішнього згоряння, використовувати методи та технічні засоби для вимірювання основних параметрів

ПРС5-1. Застосовувати норми інженерної практики відповідно до спеціалізації спеціальності 142 - Енергетичне машинобудування

ПРС5-2. Використовувати знання щодо типів конструкційних матеріалів і основ матеріалознавства та вибирати необхідні матеріали для елементів та деталей теплових двигунів та теплообмінних апаратів.

ПРС5-3. Використовувати знання щодо технологій ремонту двигунів внутрішнього згоряння.

ПРС6-2. Використовуючи теорію і довідкову літературу вміти виконувати розрахунки пристроїв та автоматичних систем регулювання параметрів холодильних та криогенних систем.

ПРС6-3. Розраховувати термодинамічні параметри робочих тіл (чистих та сумішей), обирати ідеальний цикл процесу, визначати витрати реальних циклів, розраховувати та аналізувати цикли парових компресійних, пароежекторних, абсорбційних машин.

ПРС8-1. Вміти застосовувати комп'ютерні технології та прикладні програми при проектуванні енергетичного обладнання.

Теми що розглядаються

Тема 1. Термодинамічна система та її стан.

Система, межі системи, зовнішнє середовище. Гомогенна та гетерогенна системи. Термодинамічні параметри стану (екстенсивні та інтенсивні); об'єм, маса, тиск, температура, питомий об'єм, питома маса та питома вага. Рівноважний та невірноважний стан системи. Термодинамічні процеси: зворотні та незворотні.

Тема 2. Ідеальні гази та їх суміші. Закони ідеальних газів. Термічні рівняння стану ідеального газу. Суміші ідеальних газів та методи їх визначення. Парціальний тиск. Молекулярна маса та газова постійна суміші.

Тема 3. Теплоємність ідеальних газів. Основні терміни. Залежність теплоємності від температури, способу підводу теплоти. Теплоємність газових сумішей. Визначення кількості теплоти підведеної та відведеної в термодинамічній системі.

Тема 4. Перший закон термодинаміки. Зображення термодинамічних процесів в системі координат p - V . Робота, теплота, внутрішня енергія, ентальпія. Перший закон термодинаміки для закритої термодинамічної системи. Технічна робота. Перший закон термодинаміки для відкритої термодинамічної системи.

Тема 5. Термодинамічні процеси. Основні термодинамічні процеси та їх дослідження (ізохорний, ізобарний, ізотермічний, адіабатний та політропний). Аналіз політропного процесу – найбільш узагальнюючого.

Тема 6. Витікання ідеальних газів. Основні положення. Використання першого принципу термодинаміки для стаціонарного потоку. Потік газів

через сопло та дифузор. Адіабатне витікання, швидкість витікання ідеального газу. Дослідження адіабатного витікання газу із звужуючого сопла. Критичний режим витікання. Сопло Лавалля. Секундний видаток газу.

Тема 7. Ентропія. Принцип незворотності в адіабатній системі. Емпірична та метрична ентропія. Принцип існування ентропії. Термодинамічна шкала температур. Властивості ентропії, T-S діаграма. Незворотність процесу теплообміну. Математичний вираз другого закону термодинаміки для зворотних та незворотних процесів; принцип зростання ентропії. Дисипація енергії. Ексергія та енергія теплоти.

Тема 8. Цикл Карно.

Тема 9. Реальні гази та пара. Властивості реальних газів. Рівняння Ван-дер-Вальса та його аналіз. Водяна пара. Процес випаровування в p-V та T-s діаграмах. Таблиці для води та водяного пару. Діаграма i-s водяного пару. Розрахунки процесу витікання пару із звужуючого сопла за допомогою i-s діаграми. Дійсний процес витікання водяного пару.

Тема 10. Дроселювання газів та парів. Основні поняття. Адіабатне дроселювання. Ефект Джоуля-Томсона. Особливості дроселювання ідеального та реального газів. Температура інверсії.

Тема 11. Вологе повітря. Основні поняття (абсолютна та відносна вологість, парціальний тиск водяного пару). Температура точки роси. Психрометр використання діаграми для розрахунку процесів підігріву повітря, суміші, сумішоутворення.

Тема 12. Цикл компресора. Типи компресорів. Процес стиску в одноступінчастому та багатоступінчастому компресорів. Питома робота стиску. Секундна витрата компресора. Потужність та ККД компресора.

Тема 13. Цикли газотурбінних двигунів (ГТД)

Типи ГТД та їх циклів. Процес розширення газу в проточній частині ГТД. Питома робота розширення газу в ГТД. ККД та потужність ГТД.

Тема 14. Цикли ДВЗ. Типи циклів. Питома робота газів в циклі. ККД циклу.

Форма та методи навчання

Використовуються словесні методи навчання (лекції, пояснення, інструктажі), наочні методи (ілюстрації, демонстрації), практичні методи (практичні роботи).

Поточний контроль реалізується у формі опитування, захисту лабораторних робіт, виконання індивідуальних завдань, проведення контрольних робіт. Контроль складової робочої програми, яка освоюється під час самостійної роботи студента, проводиться:

- з лекційного матеріалу – шляхом перевірки конспектів;
- з практичних (лабораторних) занять, індивідуальних завдань – за допомогою перевірки виконаних завдань.

Контроль виконання курсової роботи включає поточний контроль за виконанням розділів роботи та захист перед комісією.

Семестровий контроль проводиться у формі екзамену.

Студент вважається допущеним до семестрового контролю з навчальної дисципліни за умови повного відпрацювання усіх практичних занять та наявності розрахунково-графічної роботи.

Розподіл балів, які отримують студенти

Таблиця 2. – Розподіл балів для оцінювання успішності студента для іспиту

Контрольні роботи	Лабораторні роботи	КР (КП)	РГЗ	Індивідуальні завдання	Тощо	Іспит	Сума
60	10	-	...	30	60	100

Критерії та система оцінювання знань та вмінь студентів.

Згідно основних положень ЄКТС, під **системою оцінювання** слід розуміти сукупність методів (письмові, усні і практичні тести, екзамени, проекти, тощо), що використовуються при оцінюванні досягнень особами, що навчаються, очікуваних результатів навчання.

Успішне оцінювання результатів навчання є передумовою присвоєння кредитів особі, що навчається. Тому твердження про результати вивчення компонентів програм завжди повинні супроводжуватися зрозумілими та відповідними **критеріями оцінювання** для присвоєння кредитів. Це дає можливість стверджувати, чи отримала особа, що навчається, необхідні знання, розуміння, компетенції.

Критерії оцінювання – це описи того, що як очікується, має зробити особа, яка навчається, щоб продемонструвати досягнення результату навчання.

Основними концептуальними положеннями системи оцінювання знань та умінь студентів є:

1. Підвищення якості підготовки і конкурентоспроможності фахівців за рахунок стимулювання самостійної та систематичної роботи студентів протягом навчального семестру, встановлення постійного зворотного зв'язку викладачів з кожним студентом та своєчасного коригування його навчальної діяльності.

2. Підвищення об'єктивності оцінювання знань студентів відбувається за рахунок контролю протягом семестру із використанням 100 бальної шкали (табл. 2). Оцінки обов'язково переводять у національну шкалу (з виставленням державної семестрової оцінки „відмінно”, „добре”, „задовільно” чи „незадовільно”) та у шкалу ECTS (A, B, C, D, E, FX, F).

Таблиця 3 – Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ECTS

Рейтингова Оцінка, бали	Оцінка ECTS та її визначення	Національн а оцінка	Критерії оцінювання	
			позитивні	негативні
1	2	3	4	5
90-100	A	Відмінно	<ul style="list-style-type: none"> - Глибоке знання навчального матеріалу модуля, що містяться в основних і додаткових літературних джерелах; - вміння аналізувати явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку; - вміння проводити теоретичні розрахунки; - відповіді на запитання чіткі, лаконічні, логічно послідовні; - вміння вирішувати складні практичні задачі. 	Відповіді на запитання можуть містити незначні неточності
82-89	B	Добре	<ul style="list-style-type: none"> - Глибокий рівень знань в обсязі обов'язкового матеріалу, що передбачений модулем; - вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; - вміння вирішувати складні практичні задачі. 	Відповіді на запитання містять певні неточності;
			- Міцні знання матеріалу, що вивчається, та його	- невміння використовувати

75-81	С	Добре	практичного застосування; - вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; - вміння вирішувати практичні задачі.	теоретичні знання для вирішення складних практичних задач.
64-74	Д	Задовільно	- Знання основних фундаментальних положень матеріалу, що вивчається, та їх практичного застосування; - вміння вирішувати прості практичні задачі.	Невміння давати аргументовані відповіді на запитання; - невміння аналізувати викладений матеріал і виконувати розрахунки; - невміння вирішувати складні практичні задачі.
60-63	Е	Задовільно	- Знання основних фундаментальних положень матеріалу модуля, - вміння вирішувати найпростіші практичні задачі.	Незнання окремих (непринципових) питань з матеріалу модуля; - невміння послідовно і аргументовано висловлювати думку; - невміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні практичних задач
35-59	FX (потрібне додаткове вивчення)	Незадовільно	Додаткове вивчення матеріалу модуля може бути виконане в терміни, що передбачені навчальним планом.	Незнання основних фундаментальних положень навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; - невміння розв'язувати

				прості практичні задачі.
1-34	F (потрібне повторне вивчення)	Незадовільно	-	- Повна відсутність знань значної частини навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; - незнання основних фундаментальних положень; - невміння орієнтуватися під час розв'язання простих практичних задач

Основна література:

№ п/п	Назва підручників, навчальних посібників, методичних вказівок, каталог інформаційного і матеріального забезпечення
1.	Дьяченко В.Г. Основы теплотехники и тепловые машины.- Харьков: НТУ «ХПИ», 2001.-145с.
2.	Колієнко А.Г. Термодинаміка: Навчальний посібник. – Львів: ЕКОінформ, 2006. – 130с.
3.	Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник – К.: Арістей, 2007. – 476 с.
4.	Процессы в перспективных дизелях; Под ред. А.Ф. Шеховцов.-Х.: «Основа», 1992.-352 с.
5.	Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности; Под ред. А.Ф. Шеховцов.- К.: «Техника», 1992.-272с.
6.	Навчальний посібник із дисципліни “Термодинаміка” для студентів інженерних спеціальностей ”Теплогазопостачання і

	<p>вентиляція”, “ Обладнання нафтових і газових промислів”, “Видобування нафти і газу”, “Водопостачання та водовідведення”, ”Підйомно-транспортні , будівельні , дорожні , меліоративні машини та обладнання”. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – 125 с.</p>
7.	<p>Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Термодинаміка теплових двигунів» (Частина 1) для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування». / уклад.: Ліньков О.Ю., Кравченко С.С. – Харків: НТУ «ХП», 2019. – 52 с.</p>
8.	<p>Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Термодинаміка теплових двигунів» (Частина 2) для студентів спеціальності 142 Енергетичне машинобудування. / уклад. Ліньков О.Ю., Кравченко С.С. – Харків, НТУ «ХП», 2019. – 28 с.</p>

Допоміжна література

№ п/п	Назва підручників, навчальних посібників, методичних вказівок, каталог інформаційного і матеріального забезпечення
9.	Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія [Текст] : підручник / В. Г. Дяченко ; ред. А. П. Марченко ; НТУ "ХПІ". - Харків : НТУ "ХПІ", 2008. - 488 с. : іл. - ISBN 978-966-593-575-9
10.	История теплотехники [Текст] : учеб. пособие / А. А. Ларин, Д. Ю. Журило ; НТУ "ХПИ". - Харьков : НТУ "ХПИ", 2018. - 128 с.

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Таблиця 4. – Перелік дисциплін

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на:	На результати вивчення цієї дисципліни безпосередньо спираються:
Вступ до спеціальності	Гідрогазодинаміка
	Опір матеріалів
	Основи тепломасообміну

Провідний лектор: доц. Сергій КРАВЧЕНКО
(посада, звання, ПІБ)

(підпис)