

Київський національний університет  
будівництва і архітектури  
Кафедра теплотехніки

Шифр Спеціальності 185	Назва спеціальності, освітньої програми Нафтогазова інженерія та технології	Сторінка 1 з 5
------------------------------	--	----------------

«Затверджую»

Завідувач кафедри теплотехніки  
д.т.н., професор О.В.Приймак  
31.08.2022 р.

Розробник

к.т.н., доцент О.Г. Погосов  
30.08.2022 р.



## СИЛАБУС

### Дисципліна обов'язкової компоненти Технічна термодинаміка, тепломасообмін

1) Шифр за освітньою програмою: ОК 18
2) Навчальний рік: 2022/2023
3) Освітній рівень: перший (бакалавр)
4) Форма навчання: денна, заочна
5) Галузь знань: 18 – Виробництво та технології
6) Спеціальність, назва освітньої програми: 185 – Нафтогазова інженерія та технології, ОП «Нафтогазова інженерія та технології»
8) Статус освітньої компоненти: обов'язкова
9) Семестр: четвертий
11) Контактні дані викладача: Погосов Олександр Григорович, к.т.н. e-mail: <a href="mailto:pohosov.oh@knuba.edu.ua">pohosov.oh@knuba.edu.ua</a> , <a href="mailto:pogosov_aleksandr@ukr.net">pogosov_aleksandr@ukr.net</a> ; +380977883483; <a href="https://outlook.office365.com/mail/group/knuba.edu.ua/knubaadmission/email">https://outlook.office365.com/mail/group/knuba.edu.ua/knubaadmission/email</a>
12) Мова викладання: українська
13) Пререквізити: ОК 8 - вища математика, ОК 9 - фізика, ОК 10 - хімія
14) Мета курсу: засвоєння студентами знань та методів технічної термодинаміки та тепломасообміну. Технічна термодинаміка та тепломасообмін є базовими академічними науками, що надають знання інженерам спеціальностей енергетичного напрямку в галузі теплових дисциплін. Актуальність вивчення полягає в технічній підпорядкованості подальших прикладних дисциплін та в цілому значній енергоємності енергетичної галузі. Ефективна витрата палива та теплової енергії неможлива без глибоких знань основ протікання термодинамічних та тепломасообмінних процесів.

#### 15) Результати навчання:

№	Програмний результат навчання	Метод перевірки навчального ефекту	Форма проведення занять	Посилання компетентності
---	-------------------------------	------------------------------------	-------------------------	--------------------------

1.	<b>PH01.</b> Застосовувати основні теорії, методи та принципи математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук, сучасні моделі, методи та програмні засоби підтримки прийняття рішень для розв'язання складних задач будівництва та цивільної інженерії.	Екзамен. Курсова робота.	Лекційні, практичні, лабораторні заняття в аудиторії/с самостійна робота студента	ІК, ЗК01-03, СК-01.
2.	<b>PH03.</b> Презентувати результати власної роботи та аргументувати свою позицію з професійних питань, фахівцям і нефахівцям, вільно спілкуючись державною та іноземною мовою.	-//-	-//-	ІК, ЗК03, ЗК 06, ЗК 11.
3.	<b>PH07.</b> Виконувати збір, інтерпретацію та застосування даних, в тому числі за рахунок пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.	-//-	-//-	ІК, ЗК01-02, ЗК06 СК-02.
4.	<b>PH12.</b> Мати поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач в галузі будівництва та цивільної інженерії (відповідно до спеціалізації).	-//-	-//-	ІК ЗК02-03 ЗК 08, ЗК 11, СК-14.
5.	<b>PH15.</b> Оволодіння навичками ефективно працювати самостійно (курсове та дипломне проектування) або в групі (лабораторні роботи, включаючи навички лідерства при їх виконанні), вміння отримати бажаний результат в умовах обмеженого часу з акцентом на професійну сумлінність і виключення можливості плагіату.	-//-	-//-	ІК ЗК02-03 ЗК06-07 ЗК 11, СК-01, СК-14.

#### 16) Структура курсу:

##### Денна форма навчання

Лекції, год.	Практичні заняття, год.	Лабораторні заняття, год.	Курсовий проект/ курсова робота РГР/Контрольна робота	Самостій на робота студента, год.	Форма підсумко вого контролю
<b>34</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>Курсова робота</b>	<b>81</b>	<b>іспит</b>
<b>Сума годин:</b>			<b>165</b>		
<b>Загальна кількість кредитів ECTS:</b>			<b>5,5</b>		
<b>Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження:</b>			<b>84 годин (2,8 кредитів ECTS)</b>		

##### Заочна форма навчання

Лекції, год.	Практичні заняття, год.	Лабораторні заняття, год.	Курсовий проект/ курсова робота РГР/Контрольна робота	Самостій на робота студента, год.	Форма підсумко вого контролю
<b>8</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>Курсова робота</b>	<b>101</b>	<b>іспит</b>
<b>Сума годин:</b>			<b>135</b>		
<b>Загальна кількість кредитів ECTS:</b>			<b>5,5</b>		
<b>Кількість годин (кредитів ECTS) аудиторного навантаження:</b>			<b>34 годин (1,13 кредитів ECTS)</b>		

#### 17) Зміст курсу: (окремо для кожної форми занять – Л/Пр/Лаб/ КР/СРС)

##### Лекції

Змістовий модуль 1. Розрахунок процесів з ідеальними газами

**Тема 1.** Вступ. Зміст дисципліни. Стан та перспективи розвитку технічної термодинаміки в Україні та за кордоном Основні поняття та визначення технічної термодинаміки. Робоче тіло. Термодинамічний стан. Термодинамічний процес, рівноважний та нерівноважний процеси. Термічні і калоричні параметри стану. Рівняння стану ідеальних газів.

**Тема 2.** Енергетичні характеристики термодинамічного процесу. Теплота і робота у термодинамічному процесі.

**Тема 3.** Перший закон термодинаміки. Аналітичні вирази першого закону термодинаміки. Основна термодинамічна тотожність.

**Тема 4.** Теплоємність. Массовою, мольною та об'ємна теплоємність. Закон Майєра.

**Тема 5.** Ідеальних газ. Закони ідеальних газів Суміш ідеальних газів. Масові, об'ємні, мольні частки та зв'язок між ними. Умовна молярна маса і газова стала суміші. Основні закони газових сумішей. Теплоємність газової суміші.

**Тема 6.** Термодинамічні процеси ідеальних газів. Загальні аналітичні залежності аналізу термодинамічних процесів з ідеальним газом. Аналіз ізохорного, ізобарного, ізотермічного, адіабатного процесів ідеального газу. Політропний процес та його узагальнюючий зміст.

**Змістовий модуль 2. Реальні гази та пара.**

**Тема 7.** Відмінність властивостей реальних газів від ідеальних. Фазові діаграми. Термодинамічні потенціали. Рівняння стану реальних газів. Диференціальні рівняння термодинаміки.

**Тема 8.** Термодинамічні властивості водяної пари. Три стадії отримання перегрітої пари.  $h-s$  – діаграма водяної пари. Аналіз основних термодинамічних процесів водяної пари з використанням  $p-v$ ,  $T-s$  та  $h-s$  діаграм.

**Тема 9.** Вологе повітря. Основні поняття. Термодинамічні властивості вологого повітря.  $h-d$  – діаграма та аналіз процесів нагрівання, охолодження, змішування вологого повітря. Розрахунок сушильного устаткування.

**Змістовий модуль 3. Термодинаміка потоків.**

**Тема 10.** Витікання газів. Рівняння нерозривності для потоку речовини. Перший закон термодинаміки для потоку речовини. Сопло, дифузор, сопло Лавалю. Розрахунок швидкості витікання та геометрії сопла при витіканні ідеальних газів та водяної пари. Розрахунок процесів витікання водяної пари з використанням  $h-s$  діаграми

**Тема 11.** Дроселювання газів та пари.

**Тема 12.** Термодинамічні основи роботи компресора. Індикаторна діаграма. Визначення роботи на привід компресора при різних процесах стиснення. Багатоступінчасті компресори.

**Змістовий модуль 4. Другий закон термодинаміки.**

**Тема 13.** Сутність та формулювання другого закону термодинаміки.

**Тема 14.** Класифікація теплових машин. Цикл Карно та його науково-практичне значення. Цикл Карно прямий та зворотній. Еквівалентний цикл Карно. Теореми Карно. Термодинамічна шкала температур.

**Тема 15.** Математичний вираз другого закону термодинаміки. Інтеграл Клаузіуса. Принцип існування ентропії та її фізичний зміст. Ексергія. Основи ексергетичного аналізу. Статистичний характер другого закону термодинаміки.

**Змістовий модуль 5. Цикли теплових двигунів та устаткування.**

**Тема 16.** Цикли двигунів внутрішнього згоряння. Цикли Отто, Дизеля, Трінклера. Визначення ефективності цих циклів та їх порівняння.

**Тема 17.** Цикли газотурбінних установок. Визначення їх ефективності та шляхи її підвищення.

**Тема 18.** Цикли паросилових установок. Конденсаційний цикл Ренкіна. Цикл паросилової установки з регенеративним підігрівом води. Цикл паросилової установки з проміжним перегрівом пари. Теплофікаційний цикл. Шляхи підвищення теплової ефективності паросилових установок. Комбіновані (бінарні) цикли. Цикли атомних електростанцій.

**Тема 19.** Загальна характеристика холодильних установок. Цикл повітряної компресорної холодильної установки. Цикл парової компресорної холодильної установки. Абсорбційна холодильна установка. Методи визначення ефективності термодинамічних циклів холодильних установок. Принцип роботи теплового насосу. Методи скраплення газів. Цикл глибокого холоду.

**Практичні заняття.**

**Практичне заняття 1.** Розрахунок процесів з ідеальними газами. Визначення термічних параметрів в процесах з ідеальними газами. Газова стала. Рівняння стану. Теплоємність. Зв'язок між масовою, мольною та об'ємною теплоємністю. Визначення калоричних параметрів в процесах з ідеальними газами.

**Практичне заняття 2.** Визначення кількості теплоти та роботи в процесах з ідеальними газами. Термодинамічний розрахунок газових сумішей. Масові, об'ємні, мольні частки та зв'язок між ними. Визначення умовної молярної маси і газової сталої суміші. Теплоємність газової суміші.

**Практичне заняття 3.** Адіабатний та політропний процеси з ідеальними газами. Повний розрахунок процесів, їх графічне зображення та аналіз

**Практичне заняття 4.** Розрахунок процесів з водяною парою. Рівняння Ван-Дер-Ваальса. Визначення характеристик та параметрів водяної пари за допомогою таблиць та  $h-s$  – діаграми. Аналіз трьох стадій отримання перегрітої пари.

**Практичне заняття 5.** Розрахунок процесів з вологим повітрям. Визначення характеристик вологого повітря за допомогою  $h-d$  – діаграми. Використання  $h-d$  – діаграми для розрахунку процесів нагрівання, охолодження. Використання  $h-d$  – діаграми для розрахунку процесів змішування. Розрахунок сушильного устаткування з використанням вологого повітря.

**Практичне заняття 6.** Витікання ідеальних газів та пари. Використання рівняння нерозривності та першого закону термодинаміки для потоку речовини при виборі форми і розмірів сопла та термодинамічному розрахунку. Витікання реальних газів та пари. Дроселювання. Використання h-s – діаграми при розрахунку процесів витікання водяної пари та дроселювання.

**Практичне заняття 7.** Розрахунок термодинамічних процесів, що відбуваються в паросилових установках. Визначення ефективності паросилових установок.

**Лабораторні заняття**

**Лабораторна робота 1.** Визначення ізобарної теплоємності повітря.

**Лабораторна робота 2.** Дослідження процесу кипіння води в замкненому об'ємі. Визначення залежності температури насичення водяної пари від тиску.

**Лабораторна робота 3.** Дослідження процесів у вологому повітрі. . Розрахунок сушильного устаткування з використанням вологого повітря. Визначення втрат теплоти в процесі сушки.

Лабораторні роботи проводяться впродовж кількох занять та потребують захисту

**Курсова робота.** Термодинамічний аналіз використання газів та пари в термодинамічних циклах і тепловому устаткуванні та розрахунок процесів з ними.

**Розділ 1.** Використання газової суміші в циклах двигунів внутрішнього згорання та газотурбінних установок. Розрахунок процесів з ними.

**Розділ 2.** Аналітичний та графічний порівняльний аналіз процесів в поршньових компресорах

**Розділ 3.** Аналіз витрат тепла на отримання перегрітої пари в паровому котлі при її використанні в паросилових установках та теплообмінних приладах.

**Розділ 4.** Розрахунок сушильного устаткування в якому сушильним агентом є вологе повітря.

**Розділ 5.** Розрахунок витікання газів та визначення типу та геометрії сопла.

**Розділ 6.** Аналітичний та графічний аналіз ефективності процесів, що здійснюються в паросиловій установці.

**Основна література:**

1. Алабовский А.Н. и др. Техническая термодинамика и теплопередача. – Киев, «Выща школа», 1990.
2. Константинов С.М., Луцки Р.В. Збірник задач з технічної термодинаміки. - Київ: «Політехніка», 2002. -380 с.
3. Константинов С.М., Технічна термодинаміка. – Київ: «Політехніка» НТУУ, «КПІ» 2001. -368 с.
4. Чеботарьов В.Ж. Технічна термодинаміка. - Київ, Наукова думка, 1988.
5. Шелудченко В.І., Кравцов В.В., Волкова О.Г. Технічна термодинаміка. – Донецьк, Севастополь, «Вебер» 2003 326 с.
6. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з технічної термодинаміки “Дослідження процесів у вологому повітрі”. Уклад.: С.В.Барановська, Ю.М.Кольчик - К.:КНУБА, 1999.- 8 с.
7. Технічна термодинаміка. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. ”. Уклад.: С.В.Барановська, Ю.М.Кольчик, Мельник В.О. - К.:КНУБА, 2000.- 19 с.
8. Термодинаміка: Методичні вказівки до практичних занять. Уклад.: Ю.М.Кольчик, Н.В.Чепурна. – К.: КНУБА, 2021. – 24 с.
9. Термодинаміка: Методичні вказівки до практичних занять. Частина II. Уклад.: Ю.М.Кольчик, Н.В.Чепурна. – К.: КНУБА, 2012. – 16 с.
- 7 Технічна термодинаміка Методичні вказівки до виконання курсової роботи «Термодинамічний аналіз використання газів та пари в термодинамічних циклах і тепловому устаткуванні та розрахунок процесів з ними» Уклад.: Ю.М.Кольчик, Н.В.Чепурна. – К.: КНУБА, 2016. – 24 с.

**19) Додаткові джерела:**

1. Андрущенко А.И., Р.З. Аминов, Ю.М. Хлебакин. Теплофикационные установки и их использование. - М.: Высшая школа, 1989.-256 с.
2. Кирилин В. А., Сычев В. В., Шейндлин А. Е. Техническая термодинамика, - М., Энергоатомиздат, 1983.-416с.
3. Гришин М.А. и др. Справочник. Установки для сушки пищевых продуктов. М., ВО Агропромиздат, 1989.
4. Костюк АГ., Шерстюк А.Н. Газотурбинные установки.- М.: Высшая школа, 1979 г.
5. Кошкин Н.Н. и др. Холодильные машины. М., Пищевая промышленность, 1973.
6. Куперман Л.И., Романовский С.А., Сидельковский Л.Н. Вторичные энергоресурсы и энерготехнологическое комбинирование в промышленности -Киев, Высшая школа, 1986.
7. Рабинович О.М. „Сборник задач по технической термодинамике” –М.: Машиностроение, 1973.-344с.

**Інформаційні ресурси**

Освітній сайт Київського національного університету будівництва і архітектури: <http://org2.knuba.edu.ua>.  
Бібліотека КНУБА. URL : <http://library.knuba.edu.ua/>.

**20) Система оцінювання навчальних досягнень (розподіл балів):**

Поточне оцінювання			Підсумковий контроль	Сума
РН.01,03	РН.07,12	РН.15		
20	20	20	40	100

**21) Умови допуску до підсумкового контролю:**

**Виконання та захист лабораторних робіт. Виконання та захист курсової роботи.**

**22) Політика щодо академічної доброчесності:**

**23) Посилання на сторінку електронного навчально-методичного комплексу дисципліни: (сайт кафедри теплотехніки)**

Бібліотека КНУБА. URL : <http://library.knuba.edu.ua/>.