

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра

Аерокосмічної теплотехніки (№ 205)
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету № 2
авіаційних двигунів
(назва факультету)

_____ В. Ф. Сорокін
(підпис) (ініціали та прізвище)

« _____ » _____ 2018 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теплофізичні властивості речовин
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань

_____ 14 «Електрична інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність:

_____ 144 «Теплоенергетика»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма:

_____ «Теплофізика», «Енергетичний менеджмент»
(найменування спеціалізації)

Рівень вищої освіти

_____ перший (бакалаврський)
(найменування спеціалізації)

Харків 2018 рік

Робоча програма Термофізичні властивості речовин
(назва дисципліни)

для студентів за спеціальністю: 144 «Теплоенергетика»
(код та найменування спеціальності)

Освітньою програмою: «Енергетичний менеджмент»
(назва спеціалізації)

«___» _____ 2018 р. 9 с.

Розробник: Петухов І. І. доцент каф. аерокосмічної теплотехніки (205), к. т. н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання) _____ (підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
Аерокосмічної теплотехніки (№ 205)
(назва кафедри)

Протокол № ___ від «___» червня 2018 р.

Завідувач кафедри д.т.н., доцент _____ П.Г. Гакал
(наукова ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

Ухвалено науково-методичною комісією Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» з галузей знань «Механічна інженерія», «Електрична інженерія» й «Транспорт».

Протокол № ___ від “___” _____ 2018 року

Голова _____ В. М. Павленко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Погоджено
В. о. начальника навчально-методичного відділу

к.т.н., доцент _____ М. С. Романов
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки (спеціальність, спеціалізація), рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	<p>Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр та найменування)</p> <p>Спеціальність: <u>144 «Теплоенергетика »</u> (код та найменування)</p> <p>Освітня програма: <u>«Енергетичний менеджмент»</u> (найменування)</p> <p>Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u></p>	Цикл підготовки за вибором
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістових модулів – 7		2018/2019
Індивідуальне завдання: - не передбачено		Семестр
Загальна кількість годин – 120		6-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 3,3		Лекції *
		38 годин
		Практичні, семінарські
		0 годин
		Лабораторні
	19 годин	
	Самостійна робота	
	63 години	
	Вид контролю	
	іспит	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: придбання знань, вмінь і навичок, що дозволять розробляти та раціонально використовувати науково обґрунтовані методи експериментального визначення, розрахунку і представлення теплофізичних властивостей різних середовищ - від чистої однофазної речовини до багатокомпонентних багатофазних систем.

Завдання: практична реалізація можливостей дослідження і розрахунку теплофізичних властивостей речовин за допомогою методів і моделей, які ґрунтуються на фундаментальних положеннях термодинаміки і використовують відповідний математичний апарат, довідкові данні та комп'ютерні програми.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: основні моделі та методи розрахунку теплофізичних властивостей чистих речовин та сумішей у різних агрегатних станах;

вміти: вибрати раціональний метод розрахунку теплофізичних властивостей; визначити базу даних, необхідну для опису теплофізичних властивостей речовини;

оцінити сталість рівноваги та межі існування термодинамічної системи визначеного виду.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1.

Змістовий модуль 1. Основні співвідношення і методи дослідження теплофізичних властивостей речовин.

Тема 1. Вступ. Загальні поняття, визначення та співвідношення.

Мета і задачі дисципліни, структура курсу. Література. Теплофізичні та термодинамічні властивості. Методи дослідження теплофізичних властивостей. Параметри стану і їхній взаємозв'язок. Диференціальні співвідношення термодинаміки і методи їхнього одержання. Зв'язок термічних і калоричних параметрів стану. Методи розрахунку термодинамічних властивостей. Основні співвідношення для калоричних властивостей.

Тема 2. Рівновага термодинамічної системи.

Загальні умови рівноваги термодинамічної системи. Умови рівноваги для неізольованих систем. Критерії сталості рівноваги однорідної системи.

Змістовий модуль 2. Термодинамічні властивості чистої речовини.

Тема 3. Умови рівноваги фаз чистої речовини.

Хімічний потенціал. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Фазові діаграми. Фізичні причини й область існування метастабільного стану чистої речовини. Число Гіббса. Бінодаль та спінодаль. Рівновага при різному тиску фаз. Рівняння Пойнтинга. Рівновага диспергованої фази. Досяжні перегрів і переохолодження рідини.

Тема 4. Рівняння кривих фазової рівноваги та стану фаз.

Рівновага рідина - пар чистої речовини. Співвідношення для розрахунку теплоти пароутворення і параметрів стану рівноважних фаз. Рівновага кристал-пар. Рівновага кристал-рідина. Властивості чистої речовини в трифазній області. Фундаментальний трикутник. Властивості речовини в білякритичній області, співвідношення для критичних параметрів.

Тема 5. Методи опису термодинамічних властивостей чистої речовини.

Основні вимоги до термічного рівняння стану. Калоричні рівняння стану. Модель ідеального газу. Основні рівняння стану реальних газів. Рівняння стану рідин і твердих тел. Термічне рівняння стану рідини в метастабільній області.

Тема 6. Метод термодинамічної подібності.

Загальні положення. Метод термодинамічної подібності при розрахунку параметрів стану чистої речовини. Закон відповідних станів. Узагальнені діаграми стану.

МОДУЛЬ 2.

Змістовий модуль 3. Термодинамічні властивості багатокомпонентних однофазних систем

Тема 7. Газові суміші.

Багатокомпонентні системи. Модель суміші ідеальних газів. Калоричні властивості суміші ідеальних газів. **Вологе повітря.** Суміш реальних газів. Надлишкові функції і їхній взаємозв'язок. Термічне рівняння стану сумішей реальних газів.

Тема 8. Властивості розчинів.

Рідкі і тверді суміші (розчини). Розчинність. Ідеальний розчин. Парціальні величини. Рівняння Гіббса-Дюгема. Теплоти змішання.

Змістовий модуль 4. Фазова рівновага в багатокомпонентних системах.

Тема 9. Загальні умови фазової рівноваги в багатокомпонентних системах.

Правило фаз Гіббса. Летючість, її фізичний зміст і переваги при використанні. Летючість ідеального газу. Летючість чистої речовини в різних агрегатних станах. Летючість компонента газової суміші. Закон Рауля. Летючість і активність

Тема 10. Розчинність.

Умови розчинності. Розчинність газу в рідині, коефіцієнт Генрі. Приклади розчинності газу в технічних рідинах (вода, паливо, холодоагент, мастило). Розчинність твердого тіла в рідині, рівняння Шредера. Розсоли. Кріоскопічна константа. Розчинність рідин і твердих тіл у газах (парах). Взаємна розчинність речовин, що знаходяться в однаковому агрегатному стані. Антифризи.

Тема 11. Фазова рівновага та діаграми стану бінарного розчину.

Загальні умови фазової рівноваги в бінарних розчинах p, N та T, N - діаграми ідеального бінарного розчину при фазовій рівновазі. Рівновага рідина-пар у розчині з нелетючим компонентом. Рівновага рідина - пар у неідеальних розчинах. Розчини з областю незмішування. Розчинена та вільна вода у паливі, вплив стабілізуючих присадок. Багатокомпонентні холодоагенти. Розчини холодоагент-масло. Критична область у розчинах. Рівновага кристал-рідина в бінарних розчинах. Кристалізація розчинів з областю незмішування у твердій фазі. Евтектика. Фазова рівновага в низькотемпературних теплоносіях, рідкий льод. Кристалогідрати.

Тема 12. Калоричні параметри бінарного розчину.

Калоричні діаграми ідеального бінарного розчину для області фазових переходів. Теплові ефекти при фазових переходах у розчинах. Інтегральна теплота пароутворення. Диференціальна теплота пароутворення бінарного розчину. Теплоти плавлення розчинів.

Змістовий модуль 5. Переносні і поверхневі властивості речовин

Тема 13. Переносні властивості рідин і газів.

В'язкість. Теплопровідність. Коефіцієнти дифузії. Переносні властивості сумішей та гетерогенних систем.

Тема 14. Поверхневі властивості на границі розділу фаз.

Поверхневий натяг чистих рідин і їхніх сумішей. Поверхневий натяг водних розчинів. Поверхнево активні домішки.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Основні співвідношення і методи дослідження теплофізичних властивостей речовин.						
Тема 1. Вступ. Загальні поняття, визначення та співвідношення.	9	2		4		3
Тема 2. Рівновага термодинамічної системи.	5	2				3
Разом за змістовим модулем 1	14	4		4		6
Змістовий модуль 2. Термодинамічні властивості чистої речовини.						
Тема 3. Умови рівноваги фаз чистої речовини.	7	3				4
Тема 4. Рівняння кривих фазової рівноваги та стану фаз.	10	4				6
Тема 5. Методи опису термодинамічних властивостей чистої речовини.	8	2		2		4
Тема 6. Метод термодинамічної подібності.	2	1				1
Разом за змістовим модулем 2	27	10		2		15
Разом за модулем 1	41	14		6		21
Модуль 2						
Змістовий модуль 3. Термодинамічні властивості багатокомпонентних однофазних систем.						
Тема 7. Газові суміші. Вологе повітря.	10	3		3		4
Тема 8. Властивості розчинів.	6	2				4
Разом за змістовим модулем 3	16	5		3		8
Змістовий модуль 4. Фазова рівновага в багатокомпонентних системах.						
Тема 9. Загальні умови фазової рівноваги в багатокомпонентних системах.	4	2				2
Тема 10. Розчинність.	8	2				6
Тема 11. Фазова рівновага та діаграми стану бінарного розчину.	22	8		4		10
Тема 12. Калоричні параметри бінарного розчину.	10	2				8
Разом за змістовим модулем 4	44	14		4		26
Змістовий модуль 5. Переносні і поверхневі властивості.						
Тема 13. Переносні властивості рідин і газів.	7	2		2		3
Тема 14. Поверхневі властивості на границі розділу фаз. Теплофізичних властивості багатофазних середовищ.	12	3		4		5
Разом за змістовим модулем 5	19	5		6		8
Разом за модулем 2	79	24		13		42
Усього годин з дисципліни	120	38		19		63

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Використання експериментальних даних та диференціальних співвідношень термодинаміки для побудови рівнянь стану чистої однофазної речовини.	4
2	Апроксимація термодинамічних властивостей фаз чистої речовини.	2
3	I,d-діаграма вологого повітря.	3
4	Розчинність. Діаграми бінарного розчину в області фазової рівноваги.	4
5	Апроксимація температурної залежності переносних властивостей та поверхневого натягу речовин.	2
6	Розрахунок теплофізичних властивостей багатофазних середовищ.	4
	Разом	19

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Диференціальні співвідношення термодинаміки і методи їхнього одержання. Основні співвідношення для калоричних властивостей.	3
2	Умови рівноваги для неізольованих систем	3
3	Рівняння Пойнтинга. Рівновага диспергованої фази.	4
4	Співвідношення для розрахунку теплоти пароутворення і параметрів стану рівноважних фаз. Властивості речовини в білякритичній області.	6
5	Основні рівняння стану реальних газів. Термічне рівняння стану рідини в метастабільній області.	4

6	Закон відповідних станів. Узагальнені діаграми стану.	1
7	Надлишкові функції і їхній взаємозв'язок. Термічне рівняння стану сумішей реальних газів.	4
8	Ідеальний розчин. Парціальні величини. Теплоти змішання.	4
9	Летючість чистої речовини в різних агрегатних станах. Летючість компонента газової суміші.	2
10	Розчинність твердого тіла в рідині, рівняння Шредера. Взаємна розчинність речовин, що знаходяться в однаковому агрегатному стані.	6
11	Розчини з областю незмішування. Багатокомпонентні холодоагенти. Розчини холодоагент-масло.	10
12	Калоричні діаграми ідеального бінарного розчину для області фазових переходів. Теплові ефекти при фазових переходах у розчинах.	8
13	Переносні властивості сумішей та гетерогенних систем.	3
14	Поверхневий натяг водних розчинів, поверхнево активні домішки.	5
	Разом	63

9. Індивідуальні завдання

Розрахункова робота не передбачена.

10. Методи навчання

Лекційні заняття будуть проводитись з застосуванням електронних засобів навчання та роздачею додаткового друкованого допоміжного матеріалу. Практичні заняття будуть проводитись шляхом вирішення окремими студентами задач перед загальною аудиторією.

11. Методи контролю

На лабораторних заняттях – індивідуальне опитування. По закінченні модуля – модульний контроль.

Поточне тестування і самостійна робота														Сума	Підсумковий тест (залік/іспит) у разі відмови від балів поточного тестування та за наявності допуску до заліку/іспиту
Модуль 1						Модуль 2									
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2				Змістовий модуль 3		Змістовий модуль 4				Змістовий модуль 5			
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14		
4	6	6	8	4	2	10	4	6	6	14	6	12	12	100	100

T1, T2 ... T14 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій [1].
2. Комп'ютерні програми для лабораторних занять та самостійної роботи.

14. Рекомендована література

Базова

1. Петухов И.И. Теплофизические свойства веществ: учеб. пособие / И.И. Петухов, Т.П. Михайленко. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 180 с.
2. Кириллин В.А., Шейндлин А.Е., Шпильрайн Э.Э. Термодинамика растворов. - М.: Энергия, 1980.-290 с.
3. Шпильрайн Э.Э., Кессельман М.М. Основы теории теплофизических свойств веществ. - М.: Энергия, 1977.-196 с.

Допоміжна

4. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. - М.: Энергия, 1974.-477 с.
5. Базаров И.П. Термодинамика. - М.: Высшая школа, 1976 -447 с.
6. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей: Спр. пос.-Л.: Химия, 1982.-592 с.
7. Теплофизические свойства жидкостей в метастабильном состоянии. Справочник/ Скрипов В.П., Сеницын Е.Н., Павлов П.А. и др. -М.: Атомиздат,1980.-208 с.

15. Інформаційні ресурси

www.k205.khai.edu