

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра

Технічної кріофізики
(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова науково-методичної комісії _____

(назва комісії)

(підпис)

(ініціали та прізвище)

« _____ » _____ 20 _____ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теоретичні основи холодильної та кріогенної техніки
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

галузь знань _____ 14 «Електрична інженерія» _____

(шифр і назва)

спеціальність _____ 142 «Енергетичне машинобудування» _____

(шифр і назва)

спеціалізація _____ 142-03 «Кріогенна та холодильна техніка» _____ ++ _____

(шифр і назва)

вид дисципліни _____ професійна підготовка _____

(загальна підготовка / професійна підготовка)

форма навчання _____ денна _____

(денна / заочна)

Харків – 2021 рік

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни _____
(назва дисципліни)

Розробники:

(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

(назва кафедри)

Протокол від « ____ » _____ 20__ року № _____

Завідувач кафедри _____
(назва кафедри) (підпис) (ініціали та прізвище)

ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Підпис голови НМК (для дисциплін загальної підготовки та дисциплін професійної підготовки за спеціальністю) або завідувача випускової кафедри (для дисциплін професійної підготовки зі спеціалізації, якщо РПНД розроблена не випусковою кафедрою)

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета

Знання устрою та принципу дії машин та апаратів холодильної та кріогенної техніки. Уміння розраховувати та аналізувати кріогенні та холодильні цикли, визначати диференціальні та інтегральні показники процесів, характеристики циклів

Компетентності

ПКс-16. Вміти 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

РН-1. Знання і розуміння математики та тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, конструкційних матеріалів на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

РН-10. Лабораторні / технічні навички та вміння планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.

РН-8. Здатність здійснювати пошук літератури, використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань спеціальності «Енергетичне машинобудування» відповідних спеціалізацій

Результати навчання

Розраховувати термодинамічні та теплофізичні властивості робочих тіл кріогенної та холодильної техніки. Розраховувати інтегральні та диференціальні показники холодоутворюючих процесів та пояснювати умови їх застосування. Будувати ідеальний та реальний цикл процесу для кріогенних та холодильних пристроїв, визначати енергетичні втрати, визначати інтегральні показники. Розраховувати ректифікаційні колони, компресійні та абсорбційні холодильні машини.

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Технічна термодинаміка при низьких температурах	Проектування теплообмінних апаратів
Гідрогазодинаміка при низьких температурах	Методи дослідження в низькотемпературній техніці
Математичні методи та моделі енергетичного обладнання в розрахунках на ЕОМ	Кріогенні системи скраплення та розділення газових сумішей

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ECTS	з них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Контрольні роботи (кількість робіт)	Залік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Денна форма навчання										
8	150 5	64	86	48	16		КР			+
Денна прискорена форма навчання										
6	150 5	64	86	48	16		КР			+

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 43 (%):

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
			Модуль № 1	
			Основные термодинамические соотношения (3 кр.)	
1	Л	2	Основні термодинамічні співвідношення	1, 2
2	Л	2	Властивості чистих робочих речовин Рівноважні стани і фазові переходи чистих речовин	1, 2
3	Л	2	Бінарні системи. Гомогенні бінарні суміші. Гетерогенні ідеальні бінарні суміші. Гетерогенні неідеальні бінарні суміші Побудова I-x діаграми, її призначення	1, 2
4	Л	2	Властивості реального газу Стисливість. Рівняння стану. Закон відповідних станів.	1, 2
5	Л	2	Внутрішня енергія. Теплоємність. Основні термодинамічні таблиці і діаграми	1, 2
6	Л	2	Холодоутворюючі процеси в циклах Холодоутворюючі процеси в циклах Зміна термодинамічних величин при стисненні газу Дроселювання Процес $u = \text{Const}$ Адіабатне розширення газу. Детандер Вихлоп	1, 2
7	Л	2	Відкачка пару киплячої рідини. Процеси охолодження з використанням твердих тіл. Трубка Ранка-Хілша. Хвильове розширення газу. Процеси охолодження на використання властивостей 4He і 3He	1, 2
8	Л	2	Ідеальні цикли і процеси Ідеальні цикли і процеси Термостатування Охолодження Конденсація і кристалізація Зрідження Характеристика ідеальних циклів Поділ газової суміші	1, 2
9	Л	2	Реальні цикли. Ступені Класифікація холодильних і криогенних установок і циклів Класифікація за призначенням Класифікація за способом отримання холоду Реальні цикли. Втрати, ефективність реальних циклів. Енергетичний баланс окремих ступенів охолодження	1, 2
10	Л	2	Цикли скраплення. Ступені з зовнішнім охолодженням Ступінь з розширенням потоку в детандері Ступінь з розширенням потоку в дросельному пристрої Рефрижераторні цикли	1, 2
11	Л	4	Структура циклів, вибір вихідних даних для розрахунку Методика складання рівнянь енергетичного балансу для скраплюючих і рефрижераторних ступенів Вибір вихідних даних для розрахунку Доцільне число	1, 2

			ступенів охолодження Температурні рівні Тиск потоків Вибір інших параметрів	
12	ЛР	2	Побудова ізобар, ізохор, ізоентальп у T-S-діаграмі з використанням рівнянь стану реального газу.	1, 2
13	ЛР	2	Розрахунок термодинамічного циклу холодильної машини.	3, 4, 5
14	ЛР	2	Розрахунок термодинамічного циклу холодильної машина з регенерацією тепла.	3, 4, 5
15	ЛР	2	Розрахунок термодинамічного циклу багатоступінчастої холодильної машини.	3, 4, 5
16	ЛР	2	Розрахунок термодинамічного циклу каскадної холодильної машини.	3, 4, 5
			Модуль № 2 Холодопродуктивні процеси (2 кр.)	
17	Л	4	Цикли парових компресійних холодильних машин Цикл ХМ з розширенням хладагенту в детандері Цикл ХМ з дроселюванням хладагенту Цикл ХМ з переохолодженням хладагенту Цикл ХМ зі всмоктуванням сухої і перегрітої пари.	3, 4, 5
18	Л	2	Причини переходу до багатоступінчатого стиснення. Вплив багатоступінчатого стиснення і дроселювання на незворотні втрати в циклі Вибір проміжного тиску Приклади двоступеневих холодильних машин	3, 4, 5
19	Л	2	Цикл каскадної холодильної машини. Газові холодильні машини Цикл каскадної холодильної машини Цикли газових холодильних машин Регенеративний цикл Дійсні цикли та характеристики газових холодильних машин	3, 4, 5
20	Л	2	Теоретичний процес пароежекторної холодильної машини Область застосування ПЕХМ Принцип дії і теоретичний процес роботи пароежекторних машини	3, 4, 5
21	Л	2	Газодинамічні основи роботи пароструминного апарату Дійсний процес пароежекторної машини Характеристика роботи пароежекторної машини Робочі схеми і конструкції пароежекторних машин	3, 4, 5
22	Л	2	Ректифікація. Розрахунок ректифікаційної колони. Безперервна конденсація. Безперервне випаровування Основні поняття ректифікації бінарної суміші Аналіз процесу ректифікації в Іх діаграмі Метод Поншона визначення числа тарілок ректифікаційної колони Метод Мак-Кеба і Тіле визначення числа тарілок ректифікаційної колони Визначення числа реальних тарілок	1, 2
23	Л	2	Апарати однократної і двукратної ректифікації Апарати о однократної ректифікації для вилучення кисню. Апарати однократної ректифікації для вилучення азоту	1, 2
24	Л	2	Апарати однократної ректифікації для вилучення азоту і кисню Апарати двукратної ректифікації Конструкції ректифікаційних колон	1, 2
25	Л	2	Абсорбційні холодильні машини Схеми та принцип дії АХМ Найпростіша схема АХМ Теплові розрахунки теоретичних процесів різних схем АХМ Графічний розрахунок найпростішої схеми машини	4

26	Л	2	Абсорбційна машина з теплообмінником АХМ з теплообмінником розчинів і ректифікацією пара після генератора. Зворотня подача розчину в генераторі і абсорбері	3, 4, 5
27	Л	2	Двоступінчаті, безнасосного і бромисто-літієві АХМ Схема та принцип дії безнасосної АХМ. Особливості процесів абсорбційної бромисто-літієвої ХМ. Вплив температур гріючого, охолоджуючих джерел та температури охолодження.	3, 4, 5
28	ЛР		Розрахунок термодинамічного циклу скраплення гелію	1, 2
29	ЛР	2	Розрахунок ректифікаційної колони. Визначення числа теоретичних тарілок	1, 2
30	ЛР	2	Розрахунок абсорбційної холодильної машини	4
Разом (годин)		64		

Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятись від загальної кількості аудиторних годин на кількість годин, що відведена на вивчення тем та питань, які вивчаються студентом самостійно (п. 3 додатку 8).
3. У графі 5 вказується номер відповідно до Додатку 14.

САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	10
2	Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських) занять	10
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	20
4	Виконання індивідуального завдання:	36
5	Інші види самостійної роботи	10
	Разом	86

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

(вид індивідуального завдання)

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
1.	Побудова ізобар, ізохор, ізоентальп реального газу в T-S-діаграмі	2
2.	Розрахунок термодинамічного циклу холодильної машини.	4
3.	Розрахунок термодинамічного циклу холодильної машина з регенерацією тепла	6
4.	Розрахунок термодинамічного циклу багатоступінчастої холодильної машини.	7
5.	Розрахунок термодинамічного циклу каскадної холодильної машини Контрольна робота	10
6.	Розрахунок термодинамічного циклу скраплення гелію	12
7.	Розрахунок ректифікаційної колони. Визначення числа теоретичних тарілок	14
8.	Розрахунок абсорбційної холодильної машини	16

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

(надається опис методів навчання)

Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та відповіді на контрольні питання, розв'язання задач на занятті.

Виконання розрахункових завдань та формулювання висновків.

Формулювання проблемних питань до теоретичного матеріалу.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

(надається опис методів контролю)

Поточний контроль: опитування на лекційних заняттях, перевірка домашніх завдань, перевірка підготовки до лабораторного заняття шляхом розв'язання задач, виконання та здача лабораторних робіт.

Модульний контроль: контрольна робота (теоретичні питання та розв'язання задачі).

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 1. Розподіл балів для оцінювання поточної успішності студента

Поточне тестування та самостійна робота									Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	100
11	11	11	11	11	11	11	11	12	

T1, T2, ... – номери тем змістових модулів.

Таблиця 2. Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 ... 100	A	відмінно
82 ... 89	B	добре
74 ... 81	C	
64 ... 73	D	задовільно
60 ... 63	E	
35 ... 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 ... 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(надається перелік складових навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни та посилання на сайт, де вони розташовані)

Навчально-методичне забезпечення надається до тижневих занять. Починається воно з плану роботи, де перераховуються всі види діяльності тижня. До індивідуальних завдань надаються приклади виконання.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова література

1	Архаров А.М., Марфенина И.В., Микулин Е.И. Криогенные системы. Основы теории и расчета. М. Машиностроение. 1988. 464 с.
2	Техника низких температур. /Под ред. Е.И. Микулина и др.- М.: Энергия, 1975. 512 с.
3	Холодильные машины: Уч. Пос./Н.Н. Кошкин, И.А. Сакун, Е.М. Бамбушек и др. Под общей ред. И.А. Сакуна. – Л.: Машиностроение, 1985. – 510 с.
4	Кошкин Н.Н. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. Л.: Машиностроение. 1976. 464 с.
5	Галимова Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы: Учеб. Пособие. Астрахань: Изд-во АГТУ, 1997. 226 с.

Допоміжна література

6	Теплофизические основы получения искусственного холода. Справочник. Под ред. А.В.Быкова. М. Пищевая промышленность.1980. - 228. 226 с.
7	Бабакин Б.С., Стефанчук В.И., Ковтунов Е.Е. Альтернативные хладагенты и сервис холодильных систем на их основе. – М.: Колос. – 160 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

(перелік інформаційних ресурсів)

Електронний конспект лекцій

Всі інші ресурси надані у курсі на відповідних темах