

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 – 2022 рік

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни _____
(назва дисципліни)

Розробники:

_____ ст.викладач (посада, науковий ступінь та вчене звання)	_____ (підпис)	_____ С.В.Юшко (ініціали та прізвище)
_____ (посада, науковий ступінь та вчене звання)	_____ (підпис)	_____ (ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

_____ Технічна кріофізика _____
(назва кафедри)

Протокол від «_____» _____ 20__ року № _____

Завідувач кафедри _____ ТКФ _____ В.В.Старіков _____
(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:
Прикладне програмне забезпечення в енергетиці	Проектування теплообмінних апаратів
Основи технічної термодинаміки	Розширювальні машини та пристрої
Гідрогазодинаміка	Пристрої та автоматизація холодильних та криогенних систем
Питання тепломасообміну в холодильній техніці	Криогенні системи скраплення та розділення газових сумішей
Компресорні машини	Теоретичні основи та конструкції систем кондиціонування
Математичні методи та моделі енергетичного обладнання в розрахунках на ЕОМ	

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										
7	120/4	64	56	32	32		Р			+
Денна прискорена форма навчання										
5	120/4	64	56	32	32		Р			+

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 53,3 (%):

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. Холодоутворюючі процеси. Холодильні цикли.	
1	Л	2	Параметри стану, рівняння стану ідеального та реального газів. Властивості чистих робочих речовин. Рівноважні стани і фазові переходи чистих речовин. Контрольна система. Матеріальний та енергетичний баланси.	1, 2
2	Л	2	Основні термодинамічні таблиці і діаграми. Застосування для термодинамічних розрахунків. Застосування професійних програм Coolpack, Solkane, Refprop для отримання таблиць та діаграм термодинамічних параметрів	1, 2
3	Л	2	Гомогенні бінарні суміші. Гетерогенні ідеальні бінарні суміші. Гетерогенні неідеальні бінарні суміші. Побудова T-x і i-x діаграм, використання їх в термодинамічних розрахунках	1, 2
4	Л	2	Холодоутворюючі процеси в циклах. Зміна термодинамічних величин при стисненні газу. Процес дроселювання $i = \text{const}$. Процес $u = \text{const}$. Процес адіабатного розширення газу $s = \text{const}$.	1, 2
5	Л	2	Процес вихлопу. Відкачка пару киплячої рідини. Процеси охолодження з використанням серед в твердому стані.	1, 2
6	Л	2	Ідеальні цикли і процеси. Термостатування. Охолодження Конденсація і кристалізація. Зрідження. Поділ газової суміші.	1, 2
7	Л	2	Класифікація холодильних і криогенних циклів. Втрати та характеристики ефективності реальних циклів. Ступені, температурні рівні, рівні робочих тисків.	1, 2
8	Л	2	Енергетичний баланс окремих ступенів охолодження. Цикли скраплення. Рефрижераторні цикли. Ступень з зовнішнім охолодженням. Ступень з розширенням в детандері. Ступень з розширенням потоку в дросельному пристрої.	1, 2
9	Л	2	Структура циклів. Раціональне число ступенів охолодження. Температурні рівні. Методика складання рівнянь енергетичного балансу для ступенів та циклів скраплення. Методика складання рівнянь енергетичного балансу для рефрижераторних ступенів та циклів. Тиск потоків. Допустимі втрати та коефіцієнти.	1, 2

Модуль № 2 Цикли холодильних машин та кріогенних установок. Ректифікація				
10	Л	2	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 перегрітого пара. Особливості циклу ХМ на CO ₂ . Професійні програми для розрахунку циклів ХМ.	3, 4, 5
11	Л	2	Причини переходу до багатоступінчатого стиснення. Вплив багатоступінчатого стиснення і дроселювання на незворотні втрати в циклі. Вибір проміжного тиску. Схеми та цикли двоступеневих холодильних машин.	3, 4, 5
12	Л	2	Цикл каскадної холодильної машини. Цикли газових холодильних машин. Регенеративний цикл. Дійсні цикли та характеристики газових холодильних машин	3, 4, 5
13	Л	2	Схеми та принцип дії абсорбційної холодильної машини. Тепловий розрахунок теоретичних процесів АХМ. Побудова процесів циклу найпростішої АХМ в і-х діаграмі. Графічний розрахунок АХМ.	3, 4, 5
14	Л	2	Абсорбційна машина з теплообмінником АХМ з теплообмінником розчинів і ректифікацією пара після генератора. Зворотня подача розчину в генераторі і абсорбері. Принцип дії і теоретичний процес роботи пароежекторної холодильної машини. Дійсний процес ПЕХМ. Характеристики ПЕХМ. Робочі схеми і конструкції ПЕХМ.	3, 4, 5
15	Л	2	Ректифікація. Безперервна конденсація. Безперервне випаровування. Ректифікації бінарної суміші. Аналіз процесу ректифікації в і-х діаграмі. Апарати однократної і двукратної ректифікації. Конструкції ректифікаційних колон.	1, 2
16	Л	2	Термодинамічний розрахунок ректифікаційної колони бінарної суміші. Метод Понсона, метод Мак-Кеба і Тіле визначення числа теоретичних тарілок ректифікаційної колони. Визначення числа реальних тарілок.	1, 2
17	ЛР	2	Побудова $T-S$ - та $P-i$ - діаграм стану реального газу з використанням таблиць термодинамічних параметрів отриманих з програм Coolpack / Refprop.	1, 2
18	ЛР	2	Побудова на $T-S$ - та $P-i$ - діаграмі стану реального газу графіків ізопроцесів з використанням таблиць термодинамічних параметрів отриманих з програм Coolpack / Refprop.	1, 2
19	ЛР	2	Розрахунок термодинамічного циклу холодильної машини без регенерації холоду, перегріву та переохолодження робочого тіла.	3, 4, 5
20	ЛР	2	Розрахунок термодинамічного циклу холодильної машини з регенерацією тепла.	3, 4, 5
21	ЛР	4	Розрахунок термодинамічного циклу багатоступінчастої холодильної машини.	3, 4, 5
22	ЛР	4	Розрахунок термодинамічного циклу каскадної холодильної машини.	3, 4, 5

23	ЛР	2	Вивчення можливостей і методики роботи з професійною програмою Coolpack. Розрахунок з застосуванням програми Coolpack термодинамічних циклів холодильних машини з регенерацією тепла, багатоступінчастої та каскадної.	3, 4, 5
24	ЛР	2	Вивчення можливостей і методики роботи з професійною програмою Solkane. Розрахунок з застосуванням програми Solkane термодинамічних циклів холодильних машини з регенерацією тепла, багатоступінчастої та каскадної.	3, 4, 5
25	ЛР	2	Розрахунок циклу ХМ на CO ₂ з застосуванням професійної програми Simple One Stage CO ₂ Cycle	3, 4, 5
26	ЛР	2	Вивчення можливостей і методики роботи з професійною програмою Refprop для отримання термодинамічних та теплофізичних властивостей робочих речовин криогенних систем	3, 4, 5
27	ЛР	2	Розрахунок ректифікаційної колони ВРУ. Визначення номінальних режимних параметрів (концентрацій, температур, ентальпій і розходів) потоків	1, 2
28	ЛР	2	Розрахунок ректифікаційної колони ВРУ. Визначення числа тарілок ректифікаційної колони.	1, 2
29	ЛР	4	Розрахунок абсорбційної холодильної машини	3, 4, 5
Разом (годин)		64		

Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятися 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	16
2	Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських) занять	16
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	
4	Виконання індивідуального завдання:	16
5	Інші види самостійної роботи	8
	Разом	56

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розрахункове завдання: "Розрахунок термодинамічного циклу кріогенної установки з зріджувальним / рефрижераторним режимом роботи"
(вид індивідуального завдання)

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
1.	Схема кріогенної установки. Опис роботи. Визначення складу ступеней та міжступінчатих температур.	12
2.	Термодинамічний розрахунок гелієвої кріогенної установки. Визначення номінальних режимних параметрів.	14
3.	Розрахунок загальних параметрів теплообмінних апаратів (температури потоків, розходи), компресора та детандера	15

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Навчання з курсу " Теоретичні основи холодильної та кріогенної техніки" здійснюється у формі навчальних занять (лекції, лабораторні заняття, консультації), а також у формі самостійної роботи (опрацювання навчального матеріалу, виконання та захист індивідуального навчального розрахункового завдання).

МЕТОДИ 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 задач).

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
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	100
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
T11	T12	T13	T14	T15	T16	ЛР		Р		
2	2	2	2	2	2	48		20		

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	
60 ... 63	E	задовільно
35 ... 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 ... 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Конспект лекцій
2. Варіанти індивідуальних домашніх завдань
3. Перелік питань до екзамену
4. Підручники, задачники

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова література

1	Архаров А.М., Марфеніна І.В., Микулін Е.І. Кріогенні системи. Основи теорії і розрахунку. К: Машинобудування. 1998. 464 с.
2	Баррон Р.Ф. Кріогенні системи: Пер.с англ. . К.: Техніка, 1999. - 408 с.
3	Техніка низьких температур. /Под ред. Е.І. Мікуліна і др.- К.: Вища школа, 1995. 512 с.
4	Григор'єв В.А., Крохін Ю.И. Тепло- і масообмінні апарати кріогенної техніки. – К.: Вища школа, 1992. 312 с.
5	Холодильні машини. /Под ред. І.А.Сакуна. – К.: Машинобудування, 1995.-510 с.
6	Теплові і конструктивні розрахунки холодильних машин. /Под ред. Н.Н.Кошкіна. – К.: Машинобудування, 1996.- 462 с.
7	Теплові і конструктивні розрахунки холодильних машин. /Под ред. І.А.Сакуна. – К.: Машинобудування, 1987.- 423 с.
8	Галимова Л.В. Абсорбційні холодильні машини і теплові насоси: Навч. посібник. К.: Машинобудування, 1997. 226 с.

Допоміжна література

1	Теплофізичні основи отримання штучного холоду. Довідник. Под ред. А.В.Бикова. К.: Техніка, 1980. - 228 с.
2	Бабакін Б.С., Стефанчук В.І., Ковтунов Е.Е. Альтернативні холодагенти і сервіс холодильних систем на їх основі. – К.: Колос. – 160 с.
3	Бакластов А.М. Промислові тепломасообмінні апарати і установки. – К.: Техніка, 1996.– 325с.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

(перелік інформаційних ресурсів)

Електронний конспект лекцій