

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

"ЗАТВЕРДЖУЮ"



з науково-педагогічної

Антонової Л.А. ЛЕЙМОНОВ

2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Енергетичні основи процесів охолодження

рівень вищої освіти бакалавр _____

галузь знань 10 природничі науки _____
(кодифікатор)

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали _____
(кодифікатор)

освітня програма Прикладна фізика енергетичних систем _____
(кодифікатор)

спеціалізація _____
(кодифікатор)

вид дисципліни за вибором _____
(обов'язковий / за вибором)

ННІ комп'ютерна фізика та енергетики _____

2021/2022 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою ІНІ КФЕ

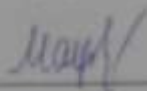
"30" червня 2020 року, протокол №6-2/21

РОЗРОБИНИК ПРОГРАМИ: Олександр АЛЕКСАНДР, канд. техн. наук, доцент

Програму складено на засіданні кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

Протокол від "30" червня 2021 року, №6/21

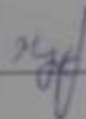
Завідувач кафедри теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності



Юрій МАЦЕВИТИЙ

Програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником проектної групи)
Прикладна фізика синхротронних систем

Гарант освітньої програми
Прикладна фізика синхротронних систем

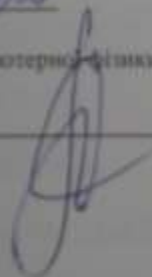


Руслан СУХОВ

Програму погоджено науково-методичною комісією ІНІ комп'ютерної фізики та енергетики

Протокол від "30" червня 2021 року, № 6/21

Голова науково-методичної комісії ІНІ комп'ютерної фізики та енергетики



Ольга ЛІСІНА

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Енергетичні основи процесів охолодження складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки бакалавр, спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали. Освітня програма «Прикладна фізика енергетичних систем»

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є підготовка фахівців, які мають необхідний рівень знань про основні закономірності, на яких ґрунтується робота охолоджувальних агрегатів, про термодинамічні холодоагентів і області їх використання; про принципіальні схеми і термодинамічні цикли холодильних установок, а також про шляхи підвищення ефективності їх роботи.

1.2. Завдання вивчення дисципліни

Завданням є отримання знань з улаштування і основних законів термодинаміки, покладених в основу циклів холодильних машин, принципів вибору робочих тіл для холодильних машин різних типів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: основні закономірності і процеси, які супроводжують явища вироблення холоду, термодинамічні властивості робочих тіл, за допомогою яких здійснюються ці процеси; принципіальні схеми і термодинамічні цикли холодильних машин, критерії оцінки ефективності їх роботи і засоби удосконалення устаткування.

вміти: самостійно працювати з літературними джерелами користуватися термодинамічними діаграмами і сучасними засобами при проведенні розрахункових та експериментальних досліджень холодильних установок.

1.3. Кількість кредитів 4

1.4. Загальна кількість годин 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
7-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота, у тому числі	
56 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
28 годин..	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з освітньо-науковою програмою «Прикладна фізика енергетичних систем» спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» студенти мають досягти таких результатів навчання (Р):

P01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

P02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

P03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.

P04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

P05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

P06. Відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

P07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики

P8. Вільно спілкуватися

P9. Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію.

P10. Планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів.

P11. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.

P12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

P13. Оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов'язані з реалізацією проєктів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проєктів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: теоретичні принципи організації циклів холодильних машин, і практичних проблем функціонування холодильних установок;

вміти: застосовувати математичні методи для побудови й аналізу моделей фізичних процесів, які протікають в елементах холодильного обладнання, застосовувати ефективні технології, інструменти та методи дослідження при розв'язанні практичних проблем холодопостачання, підвищення ефективності систем

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Теоретичні основи процесів енергетичних систем. Властивості холодоагентів

Тема 1. Введення до курсу «Енергетичні основи процесів охолодження».

Основні визначення: теплота, робота, термодинамічна система, робочі тіла, параметри стану. Поняття про термодинамічний процес.

Тема 2. Термодинамічні властивості холодоагентів.

Робочі тіла для поршневих холодильних машин. Робочі тіла і абсорбенти для абсорбційних холодильних машин. Проміжні теплоносії для трансформаторів теплоти.

Тема 3. Використання замкнених термодинамічних процесів в теплоенергетичному обладнанні

Поняття термодинамічного циклу. Прямий цикл Карно. Термодинамічний коефіцієнт корисної дії прямого циклу. Зворотні цикли, холодильний коефіцієнт.

Тема 4. Особливості протікання термодинамічних процесів для реальних речовин. (H – S) діаграма фреону.

Термодинамічні властивості реальних робочих тіл. Рівняння стану реальних газів. Структура діаграми (ентальпія–ентропія) для фреону. Побудова термодинамічних процесів в (H – S) діаграм .

Тема 5 Класифікація і загальна характеристика холодильних уста новок.

Класифікація холодильних машин залежно від температури, виду холодильного агента.

Загальні принципи роботи холодильних машин.

Тема 6. Допоміжне обладнання холодильних уста новок.

Улаштування і принцип роботи компресора. Призначення і принцип роботи випарників.

Улаштування і принцип роботи переохолоджувача. Конденсатовідвідники. Насосне обладнання холодильних установок.

Тема 7. Теплонасосні системи

Загальні принципи роботи теплового насосу. Ефективність застосування теплових насосів. Коефіцієнт перетворення. Класифікація теплових насосів за джерелами теплової енергії. Моновалентна і бівалентна схеми теплового насосу

Розділ 2. Принципи роботи і основне обладнання холодильних установок

Тема 8. Цикл парової компресійної холодильної установки

Загальна характеристика парових компресійних холодильних установок Принципова схема одноступінчастої парової компресійної холодильної машини. Тепловий розрахунок одноступінчастої холодильної машини.

Тема 9. Абсорбційні холодильні установки.

Особливості організації циклу абсорбційної холодильної установки. Тепловий розрахунок абсорбційної холодильної машини.

Тема 10. Проектування абсорбційних двоступінчастих холодильних установок

Принципова схема абсорбційної двоступінчастої бромісто-літієвої холодильної машини.

Тепловий розрахунок абсорбційної двоступінчастої холодильної машини.

Тема 11. Цикл пароежекторної холодильної установки

Переваги використання парових ежекторів у схемах холодильних машин. Принципова схема пароежекторної холодильної установки

Тема 12 Розрахунок теплообмінних апаратів холодильних установок

Розрахунок кожухотрубчастого генератора зрошувального типу. Методика теплового розрахунку конденсатора. Методика розрахунку абсорбера зрошувального типу.

Тема 13. Поняття про цикл глибокого холоду

Метод адіабатного дроселювання (метод Лінде). Метод адіабатного розширення з виробленням зовнішньої роботи (метод Клода). Принципова схема установки та цикл глибокого холоду.

Тема 14. Визначення параметрів робочого тіла у характерних точках циклу теплового насосу

Принципова схема теплового насосу. Обчислення показників роботи теплонасосної установки.

Тема 15. Підбір обладнання теплонасосної установки

Визначення потужності компресора . Обчислення площі поверхні теплообміну теплообмінника для прийому теплоти для ґрунтового теплового насосу. Підбір потужності теплогенераторів для бівалентних схем теплонасосних установок.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Теоретичні основи процесів охолодження. Властивості холодоагентів.												
Тема 1. Введення до курсу «Енергетичні основи процесів охолодження».	6	2	2			2						
Тема 2. Термодинамічні властивості холодоагентів.	6	2	2			2						
Тема 3. Використання замкнених термодинамічних процесів в теплоенергетичному обладнанні	10	4	2			4						
Тема 4. Особливості протікання термодинамічних процесів для реальних речовин. (H – S) діаграма фреону.	8	2	2			4						
Тема 5 Класифікація і загальна характеристика холодильних установок.	8	2	2			4						
Тема 6. Допоміжне обладнання холодильних установок.	8	2	2			4						
Тема 7. Теплонасосні системи	8	2	2			4						
Разом за розділом 1	54	16	14			24						
Розділ 2. Принципи роботи і основне обладнання холодильних установок												
Тема 8. Цикл парової компресійної холодильної установки	8	2	2			4						
Тема 9. Абсорбційні холодильні установки	8	2	2			4						
Тема 10.Проектування абсорбційних двоступінчастих холодильних установок	8	2	2			4						
Тема 11. Цикл пароежекторної холодильної установки	8	2	2			4						

Тема 12 Розрахунок теплообмінних апаратів холодильних установок	8	2	2			4						
Тема 13. Поняття про цикл глибокого холоду	8	2	2			4						
Тема 14. Визначення параметрів робочого тіла у характерних точках циклу теплового насосу	8	2	2			4						
Тема 15. Підбір обладнання теплонасосної установки	10	2	4			4						
Разом за розділом 2	66	16	18			32						
Усього годин	120	32	32			56						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Параметри стану робочого тіла. .	2
2	Термодинамічні процеси робочих тіл	2
3	Визначення параметрів робочих тіл у циклах енергетичного обладнання	2
4	Структура $h-S$ діаграми фреону. Визначення параметрів стану холодоагентів.	2
5	Побудова циклу холодильної установки	2
6	Обчислення основних параметрів обладнання холодильної установки	2
7	Визначення основних характеристик циклу теплового насосу	2
8	Розрахунок циклу компресійної холодильної установки.	2
9	Розрахунок абсорбційної холодильної установки	2
10.	Розрахунок абсорбційних двоступінчастих холодильних установок	2
11	Тепловий розрахунок теплообмінних апаратів холодильних установок	2
12	Розрахунок пароежекторної холодильної установки	2
13	Побудова циклу теплового насосу	2
14	Розрахунок площі поверхні "теплоприймача для «грунтового» теплового насосу.	4
15	Визначення техніко-економічних показників теплонасосної установки	2
Разом		32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми (види, зміст самостійної роботи)	Кількість годин
1	Ознайомитись з основними термодинамічними поняттями: теплота, робота, термодинамічна система, робочі тіла, параметри	4

	стану. Ідеальний газ	
2	Ознайомитись з поняттями: внутрішня енергія, ентальпія, робота розширення і технічна робота. Фізичний сенс першого закону термодинаміки.	4
	Ознайомитись з основними термодинамічними процесами. Політропні процеси.	4
4	Розглянути прямі термодинамічні цикли. Термодинамічний коефіцієнт корисної дії прямого циклу.	4
5	Розглянути зворотні цикли. Холодильний коефіцієнт	4
6	Розглянути допоміжне обладнання холодильних установок.	4
7	Ознайомитись з методикою Розрахунку кожухотрубчастого генератора зрошувального типу.	4
8	Ознайомитись з методикою теплового розрахунку конденсатора..	4
9	Ознайомитись з методикою розрахунку абсорбера зрошувального типу.	4
10	Розглянути установки глибокого холоду, що працюють за методом Лінде.	4
11	Розглянути установки глибокого холоду, що працюють за методом Клода.	4
12	Розглянути використання теплових насосів для систем теплопостачання будівель.	4
13	Розглянути оцінку доцільності використання поновлюваної енергії для використання у циклі теплового насосу	4
14	Розглянути оцінку ефективності використання теплового насосу у порівнянні з традиційними джерелами енергії.	4
	Разом	56

6. Індивідуальні завдання

Відповідно до діючого навчального плану студенти при вивченні курсу «Енергетичні основи процесів охолодження» виконують дві розрахунково-графічні роботи:

1. «Визначення параметрів робочого тіла у характерних точках циклу теплового насосу»,
 2. «Обчислення площі поверхні теплоприймача для «грунтового» теплового насосу.
- Розрахунково-графічні роботи виконують за індивідуальними вихідними даними. Для виконання кожної розрахунково-графічної роботи передбачено по 14 годин. Видача РГР №1 – на п'ятому тижні семестру, видача РГР №2 – на 10 тижні.

7. Методи навчання

Для проведення лекційних занять використовуються пояснювально-ілюстративний та(або) метод проблемного викладання.

Практичні, семінарські заняття проводяться за репродуктивним або частково-пошуковим методами.

Якщо за якихось непередбачуваних обставин вводиться дистанційне навчання може використовуватися дослідницький метод або комбінації методів.

8. Методи контролю

На заняттях проводяться опитування та розв'язання задач. По закінченні теми проводиться модульний контроль. Форма підсумкового контролю знань – іспит.

Поточний контроль засвоєння матеріалу включає:

оцінку відповідей та роботи на практичних заняттях (експрес контроль та тестові завдання проводяться з метою перевірки якості роботи студента на практичних заняттях в аудиторії). Тривалість експрес-контролю 10 хвилин. Кожен експрес-контроль за темами (1-8) містить 1 завдання. Правильна відповідь на питання оцінюється 1 бал. Кожен експрес-контроль за темами (9-150) містить 2 завдання. Правильна відповідь на кожне завдання оцінюється 1 бал. Відсутність студента на занятті або невиконання експрес-контролю приносить студенту 0 балів.

Кількість балів за експрес контроль:

Розділ 1

експрес контроль за темами (1-8) –1 бал за кожен тему;

контрольна робота за розділом - – 12 балів

розрахунково-графічна робота №1 - 10 балів

- Разом за 1 розділом 30 балів

Розділ 2

експрес контроль за темами (9-15) –2 бали за кожен тему;

розрахунково-графічна робота №2 - 16 балів

- Разом за 2 розділом 30 балів
- Загалом 60 балів
- Іспит – 40 балів

Сумарна кількість балів 100.

Контрольна робота за розділом 1 (ваговий бал 12) триває 20 хвилин.. Контрольна робота містить розрахункове завдання, яке оцінюється у 6 балів, і два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється по 3 бали .

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання						Іспит	Сума
Розділ 1	КР	РГР	Розділ 2	РГР	Разом		
T1-T8	12	10	T9-T15	16	60	40	100
8			14				

Критерії оцінювання:

Розрахункове завдання контрольної роботи

- повністю правильно виконане завдання оцінюється в 6 балів;
- завдання виконане з несуттєвими помилками оцінюється в 5 балів (незначні помилки в арифметичних розрахунках);

с) частково виконане завдання оцінюється в 4 балів (правильно обрана логіка рішення, але присутні грубі помилки в розрахунках);

д) частково виконане завдання оцінюється в 2 бали (правильно обрана логіка рішення, зовсім відсутні розрахунки);

е) неправильно виконане завдання оцінюється в 0 балів.

Теоретичне питання контрольної роботи

а) правильна відповідь оцінюється у 3 балів

б) відповідь з помилками оцінюється у 2 бали

в) неправильна відповідь або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів

Форма підсумкового контролю знань – іспит.

Іспит (ваговий бал – 40). Необхідною умовою допуску студента до іспиту з дисципліни є позитивний рейтинг з усіх форм семестрової атестації, але не менше 30 балів.

Критерії оцінювання:

Теоретичні питання оцінюються в 10 балів кожне, при неповній або частково помилковій відповіді – 5 балів, при відсутності відповіді – 0 балів;

Повністю розв’язана задача оцінюється в 20 балів;

Задача розв’язана з несуттєвими помилками оцінюється в 15 балів (незначні помилки в арифметичних розрахунках);

Частково розв’язана задача оцінюється в 10 балів (правильно обрана логіка рішення, закони та рівняння, але є грубі помилки в розрахунках);

Частково розв’язана задача оцінюється в 5 балів (правильно обрана логіка рішення, основні закони та рівняння, та зовсім відсутні розрахунки);

Нерозв’язана задача оцінюється в 0 балів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Базова

1. Бурлянда О.Ф. Технічна термодинаміка. – Київ.: Техніка, 2001. – 320с.
2. Техническая термодинамика: Учеб. пособие для ВУЗов/ В.И.Крутов и др.// Под ред. В.И.Крутова. – М.: Высшая школа, 1991. – 344с.

3. Константинов С.М. Збірник задач з технічної термодинаміки та теплообміну / С.М. Константинов, Р.В. Луцик. – К.: Освіта України, 2009. – 340 с.
4. Доссат Р.Д. Основы холодильной техники / Р.Д.Доасст, Т.Д.Хоран, С.В.Аникин М.: Техносфера, 2008. – 821 с.
5. Константинов А.И. Расчеты холодильных машин и установок /А.И. Константинов, А.Г.Мельниченко. – М.: Агропромиздат, 1991. – 527с.
6. Кошкин Н.Н.Холодильные машины / Н.Н. Кошкин, И.А. Сакун, Е.М. Бамбушек. – Л.: Машиностроение, 1985. – 511 с.
7. Курылев Е.С. Холодильные установки: Учебник для вузов / Е.С. Курылев , Н.А. Герасимов. – Л.: Машиностроение, 1980. – 622 с.
8. Морозюк Т.В. Теория холодильных машин и тепловых насосов./ Т.В. Морозюк. – Одесса: Негоциант,2006.–721с.
9. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. Пособие/ Л.Л.Товажнянский, В.А. Лещенко и др., Под ред Л.Л.Товажнянского.- Х.: НТУ «ХПИ», 2006.-432 с.
10. Хайнрих Г. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения: Пер. с нем.. / Г. Хайнрих, Х.Найорк, В. Нестлер .– М.: Стройиздат, 1985.– 351 с.

Допоміжна

1. Новиков И.И. Термодинамика: Учеб пособие для ВУЗов. – М.: Машиностроение, 1984. – 592с.
2. Кириллин В.А. Техническая термодинаміка. / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейдлин. – М.: Энергия, 1974. – 447с.
3. Сборник задач по технической термодинамике / Андрианова Т.Н., Дзампов Б.В., Зубарев В.Н., Ремизов С.А. – М.: Энергоатомиздат, 1981, - 206с.
4. Зубарев В.Н. Практикум по технической термодинамике. / В.Н.Зубарев, А.А. Александров, В.С. Охотин – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 304с.
5. Данилова Г.Н. Теплообменные аппараты холодильных установок./ Г.Н. Данилова– М: Машиностроение, 1986. – 328 с.
6. Кошкин Н.Н. Холодильные машины / Н.Н.Кошкин, И.А.Сакун, Е.М.Бамбушек. – Л.: Машиносьстроение, 1985.– 511 с.
7. Богданов С.Н. Холодильная техника: свойства веществ. Справочник / С.Н.Богданов, О.П. Иванов, А.В. Куприянова. . – М.: Агропромиздат, 1985. – 208с.
8. Янтовский Е.И. Промышленные тепловые насосы / Е.И.Янтовский, Л.А.Левин. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 124 с..

:

11. Інформаційні ресурси в Інтернеті, інше методичне забезпечення

1. Мережа Internet.
2. Бібліотеки ХНУ ім. В.Н.Каразіна та ІПМаш НАН України.