

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ  
імені адмірала Макарова

Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра теплотехніки

T7548



**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Заступник директора  
з навчальної роботи

к.т.н., професор О.М. Дудченко

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**Program of the Discipline**

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**  
**Theoretical bases of refrigeration technology**

рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни *обов'язкова*

мова викладання *українська*

**Херсон – 2023**

Робоча програма навчальної дисципліни "Теоретичні основи холодильної техніки" для здобувачів вищої освіти з галузі знань 14 "Електрична інженерія", спеціальність 142 "Енергетичне машинобудування", освітньо-професійна програма "Холодильні машини і установки".

"26" серпня 2023 р. – 34 с.

---

Розробник: Калініченко І.В., кандидат технічних наук, доцент кафедри теплотехніки ХННІ НУК

*Проект* робочої програми навчальної дисципліни "Теоретичні основи холодильної техніки" *узгоджено з гарантом освітньої програми*

*Гарант освітньої програми*

"Холодильні машини і установки"

*к.т.н., доцент кафедри*

*теплотехніки ХННІ НУК*



І.В. Калініченко

*Проект* робочої програми навчальної дисципліни "Теоретичні основи холодильної техніки" *розглянуто на засіданні кафедри теплотехніки Херсонського навчально-наукового інституту НУК*

Протокол № 1 від «28» серпня 2023 р.

*в.о. завідувача кафедри*

*канд. техн. наук, доцент*



Г.О. Кобалава

Робоча програма навчальної дисципліни "Теоретичні основи холодильної техніки" *затверджена методичною радою Херсонського ННІ НУК*

Протокол № 1 від «29» серпня 2023 р.

*Голова МР Херсонського ННІ НУК,*

*канд. техн. наук, професор НУК*



О.М. Дудченко

© Калініченко І.В., 2023 рік

© ХННІ НУК, 2023 рік

## Зміст

Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни .....	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення дисципліни .....	6
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування .....	25
7. Форми поточного та підсумкового контролю .....	26
8. Критерії оцінювання результатів навчання .....	32
9. Засоби навчання.....	33
10. Рекомендовані джерела інформації .....	33
11. Інформаційні джерела.....	34

## ВСТУП

### Анотація

Робоча програма навчальної дисципліни "Теоретичні основи холодильної техніки" розрахована на підготовку здобувачів вищої освіти за освітньо-професійною програмою "Холодильні машини і установки" за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти і зорієнтована на оволодіння поглибленими знаннями в галузі проектування та експлуатації холодильних машин, установок і теплових насосів, необхідних для розробки, впровадження та експлуатації енергоефективних та екологічно збалансованих рішень.

Робоча програма навчальної дисципліни "Теоретичні основи холодильної техніки" передбачає комплексне застосування набутих компетенцій для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем в галузі енергетичного машинобудування або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки та методів відповідних наук за допомогою сучасних дослідницьких методів з використанням новітнього досвіду із застосуванням сучасного обладнання та інформаційних технологій.

**Ключові слова:** цикл холодильної машини, штучний холод, холодильний агент, холодопродуктивність.

### Annotation

The program of the discipline "Theoretical bases of refrigeration technology" is designed for the preparation of students of higher education under the educational and professional program "Refrigerating machines and installations" at the first (bachelor's) level of higher education and is aimed at mastering in-depth knowledge in the field of design and operation of refrigerating machines and installations and heat pumps, necessary for the development, implementation and operation of energy-efficient and ecologically balanced solutions.

The program of the discipline "Theoretical bases of refrigeration technology" provides for the comprehensive application of acquired competencies to solve complex specialized tasks and practical problems in the field of power engineering or in the learning process, which involves the application of theories of heat and mass transfer, technical thermodynamics, hydrogas dynamics, transformation (transformation) of energy, technical mechanics and methods of relevant sciences with the help of modern research methods using the latest experience with the use of modern equipment and information technologies.

**Keywords:** refrigerating machine cycle, artificial cold, refrigerant, refrigerating capacity.

## 1. Опис навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни наведений в табл. 1.

Таблиця 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 9,0	Галузь знань: 14 "Електрична інженерія"	<i>обов'язкова</i>
Модулів – 5		<b>Рік підготовки</b>
Змістових модулів – 8		3-й
Електронний адрес РПНД на сайті ХННІ НУК <a href="http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/refrigerating-machines-and-installations-b.html">http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/refrigerating-machines-and-installations-b.html</a>	Спеціальність: 142 "Енергетичне машинобудування"	<b>Семестр</b>
		5-й, 6-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання: -	Освітньо-професійна програма: "Холодильні машини і установки"	<b>Лекції</b>
		30 годин 5-й, 30 годин 6-й
Загальна кількість годин – 270		<b>Лабораторні роботи</b>
		15 годин 5-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних: 5-й семестр – 4,0; 6-й семестр – 4,0;  самостійної роботи здобувача: 5-й семестр – 2,0; 6-й семестр – 6,0.	Освітній рівень: <b>перший (бакалаврський)</b>	<b>Практичні заняття</b>
		15 годин 5-й, 30 годин 6-й
		<b>Самостійна робота</b>
		30 годин 5-й, 30 годин 6-й
		<b>Курсовий проект</b>
		90 годин 6-й
		<b>Вид контролю</b>
		Залік 5-й,  Екзамен, курсовий проект 6-й
		<b>Форма контролю</b>
ПИСЬМОВО		

## 2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою освоєння дисципліни "Теоретичні основи холодильної техніки" є оволодіння знаннями в галузі енергетичного машинобудування, ознайомлення з технологією штучного холоду, холодильними машинами, установок і теплових насосів, необхідних для розробки, впровадження та експлуатації енергоефективних та екологічно збалансованих рішень та формування у здобувача вищої освіти відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

### **Інтегральна компетентність:**

**ІК 1.** Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі і практичні проблеми у галузі енергетичного машинобудування або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій тепломасообміну, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки та методів відповідних наук і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

### **Загальні компетентності:**

**ЗК 4.** Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

**ЗК8.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

**ЗК9.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

### **Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:**

**ФК 1.** Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку галузі енергетичного машинобудування.

**ФК4.** Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при проектуванні деталей і вузлів енергетичного і технологічного обладнання.

**ФК5.** Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання.

## 3. Передумови для вивчення дисципліни

*Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: "Технічна термодинаміка" та "Тепломасообмін", що викладаються здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.*

## 4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувача вищої освіти таких результатів навчання:

**ПР 2.** Знання і розуміння інженерних наук на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми, в тому числі певна обізнаність в останніх досягненнях.

**ПР4.** Застосовувати інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до спеціальності 142 Енергетичне машинобудування; обирати і застосовувати придатні типові аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати таких досліджень.

**ПР6.** Розробляти і проектувати вироби в галузі енергетичного машинобудування, процеси і системи, що задовольняють конкретні вимоги, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосовування адекватної методології проектування.

**ПР8.** Використовувати наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації, здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань принаймні в одному з напрямів енергетичного машинобудування.

**ПР11.** Розуміння застосовуваних методик проектування і досліджень у сфері енергетичного машинобудування, а також їх обмежень.

**ПР21.** Аналізувати розвиток науки і техніки.

## **5. Програма навчальної дисципліни**

### **5 - й семестр**

#### **Модуль 1**

##### ***Змістовий модуль 1. Фізичні принципи отримання низьких температур***

**Тема 1.** Роль холодильної та криогенної техніки у енергетичному машинобудуванні, металургії, нафтовій, газовій та хімічній промисловості, у будівельній техніці, збереженні харчових продуктів, транспорті, сільському господарстві та інших галузях діяльності людини.

Головні історичні етапи розвитку холодильної та криогенної техніки. Загальні відомості про низькі температури. Міжнародна практична шкала температур. Охолодження на різних температурних рівнях. Помірний, глибокий та холод наднизьких температур. Прилади та методи вимірювання низьких температур. Основні терміни та визначення.

Література: [3], с. 18 – 23, 101 - 105; [9], с. 9 – 21, 167 – 179.

**Тема 2.** Розширення газу з виробництвом зовнішньої роботи. Дроселювання газів та рідин. Процес охолодження за постійної внутрішньої енергії. Рівноважне адіабатне розширення газу в детандерах. Процес вихлопування або вільного випускання газу з балона.

Фізичні принципи отримання низьких температур. Вихровий ефект (вихрова труба). Термоелектричний ефект (Термоелектрична батарея). Охолодження десорбцією газів. Магнітокалоричний ефект. Принцип недосяжності нуля абсолютної температури. Властивості робочих речовин та матеріалів при низьких температурах. Надпровідність. Отримання азоту, кисню

та інертних газів.

Література: [2], с. 7 – 24; [3], с. 7 – 17, с. 23 – 27; [5], с. 17 – 34; [9], с. 81 – 104.

## **Змістовий модуль 2. Термодинамічні основи одержання штучного холоду. Властивості робочих рідин**

**Тема 3.** Термічні параметри стану термодинамічної системи. Другий закон термодинаміки. Ентальпія. Ентропія. Процес охолодження без зміни ентропії. Зв'язок температури та ентропії. Зміна основних термодинамічних величин під час стискання реального газу. Процеси, які супроводжуються зниженням температури за адіабатних умов.

Абсолютний тиск. Термодинамічний процес в  $P$ - $v$  координатах. Основне рівняння газового стану. Зворотні колові процеси. Зворотний цикл Карно. Необоротні втрати зворотніх циклів.

Література: [5], с. 8 – 16; [9], с. 21 – 44, 62 – 115.

**Тема 4.** Властивості робочих речовин холодильних та криогенних систем. Історія створення холодильних агентів. Вимоги до холодильних агентів. Природні та штучні холодильні агенти. Вплив холодильних агентів на екологію (*токсичні, озоноруйнівні, вогнебезпечні тощо*) та зовнішнє середовище.

Діаграми хладонів. Точка кипіння при різних показниках тиску. Процеси кипіння та конденсації. Рівноважні стани і фазові переходи. Критична точка.

Література: [1], с. 1 – 18, 41 – 58; [2], с. 51 – 68; [3], с. 54 – 65; [9], с. 45 – 79.

## **Модуль 2**

### **Змістовий модуль 3. Парокомпресорні холодильні машини**

**Тема 5.** Термодинамічні та фізичні основи холодильних машин. Парокомпресорні холодильні машини (ПКХМ). Найпростіший цикл стиснення холодильного агента. Схема та цикл парокомпресорної холодильної машини.

Розрахунок теоретичного циклу ПКХМ. Характерні точки і інтервали циклу одноступінчатої ПКХМ. Перегрів та переохолодження холодильного агента.

Література: [1], с. 19 – 27; [2], с. 80 – 90; [3], с. 34 – 42; [5], с. 63 – 114.



**Тема 6.** Схеми та цикли двох- та багатоступінчастих холодильних машин. Загальні принципи переходу на цикл двохступінчатої холодильної машини. Теоретичний цикл та принципова схема каскадної холодильної машини.

Бінарні суміші. Схеми та цикли ПКХМ з використанням теплоносіїв та розсолів. Властивості теплоносіїв та розсолів.

Література: [1], с. 28 – 32; [2], с. 91 – 102; [3], с. 44 – 50; [9], с. 140 – 152.

#### **Змістовий модуль 4. Тепловикористовуючі холодильні машини. Теплові насоси**

**Тема 7.** Схеми та принцип дії абсорбційної холодильної машини (АБХМ). Теоретичні цикли АБХМ.

Пароежекторні холодильні машини (ПЕХМ). Принцип дії, теоретичні цикли.

Література: [1], с. 33 – 39; [3], с. 50 – 53; [5], с. 164 – 220.

**Тема 8.** Теплові насоси. Трансформація низькопотенціальної скидної теплоти. Двох- та багато ступінчаті теплові насоси. Коефіцієнт трансформації теплоти (COP).

Література: [1], с. 393 – 39; [4], с. 128 – 144.

#### **Контрольні питання до 1-го та 2-го модулів (5 - й семестр)**

1. Роль холодильної та криогенної техніки у енергетичному машинобудуванні, металургії, нафтовій, газовій та хімічній промисловості, у будівельній техніці, збереженні харчових продуктів, транспорті, сільському господарстві та інших галузях діяльності людини.

2. Головні історичні етапи розвитку холодильної та криогенної техніки. Загальні відомості про низькі температури.

3. Міжнародна практична шкала температур. Охолодження на різних температурних рівнях. Помірний, глибокий та холод наднизьких температур.

4. Прилади та методи вимірювання низьких температур. Основні терміни та визначення.

5. Розширення газу з виробництвом зовнішньої роботи. Дроселювання газів та рідин.

6. Процес охолодження за постійної внутрішньої енергії. Рівноважне адіабатне розширення газу в детандерах.

7. Процес вихлопування або вільного випускання газу з балона.

8. Фізичні принципи отримання низьких температур. Вихровий ефект (вихрова труба).

9. Термоелектричний ефект (Термоелектрична батарея).

10. Охолодження десорбцією газів.

11. Магнітокалоричний ефект. Охолодження близько абсолютного нуля. Принцип недосяжності нуля абсолютної температури.

12. Термічні параметри стану термодинамічної системи. Другий закон

термодинаміки. Ентальпія. Ентропія. Процес охолодження без зміни ентропії. Зв'язок температури та ентропії.

13.Зміна основних термодинамічних величин під час стискання реального газу. Процеси, які супроводжуються зниженням температури за адіабатних умов.

14.Абсолютний тиск. Термодинамічний процес в  $P, v$  координатах. Основне рівняння газового стану.

15.Зворотні колові процеси. Зворотний цикл Карно. Необоротні втрати зворотніх циклів.

16.Властивості робочих речовин холодильних та кріогенних систем. Вимоги до холодильних агентів.

17.Історія створення холодильних агентів. Природні та штучні холодильні агенти.

18.Властивості робочих речовин та матеріалів при низьких температурах. Надпровідність. Розділення повітря на компоненти. Отримання азоту, кисню та інертних газів.

19.Вплив холодильних агентів на екологію (*токсичні, озоноруйнівні, вогнебезпечні тощо*) та зовнішнє середовище.

20.Діаграми хладонів. Точка кипіння при різних показниках тиску. Процеси кипіння та конденсації. Рівноважні стани і фазові переходи. Критична точка.

21. Найпростіший цикл стиснення холодильного агента. Схема та цикл парокомпресорної холодильної машини.

22.Розрахунок теоретичного циклу ПКХМ. Характерні точки і інтервали циклу одноступінчатої ПКХМ. Перегрів та переохолодження холодильного агента.

23.Схеми та цикли двох- та багатоступінчастих холодильних машин. Загальні принципи переходу на цикл двохступінчатої холодильної машини.

24.Теоретичний цикл та принципова схема каскадної холодильної машини.

25.Бінарні суміші. Схеми та цикли ПКХМ з використанням теплоносіїв та розсолів. Властивості теплоносіїв та розсолів.

26.Термодинамічні основи одержання штучного холоду.

27.Схема та принцип дії абсорбційної холодильної машини (АБХМ). Теоретичні цикли АБХМ.

28.Пароежекторні холодильні машини (ПЕХМ). Принцип дії, теоретичні цикли.

29.Теплові насоси. Трансформація низькопотенціальної скидної теплоти. Коефіцієнт трансформації теплоти.

30.Двох- та багато ступінчаті теплові насоси. Коефіцієнт трансформації теплоти.

## 6 - й семестр

### Модуль 3

#### *Змістовий модуль 5. Розрахунок основних елементів холодильних установок*

**Тема 9.** Основні елементи холодильних установок. Компресори. Класифікація холодильних компресорів. Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування поршневих холодильних компресорів. Сальникові, без сальникові та плунжерні компресори.

Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування гвинтових холодильних компресорів. Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування ротаційних та спіральних холодильних компресорів.

Література: [1], с. 33 – 39; [3], с. 79 – 88; [5], с. 115 – 162.

**Тема 10.** Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування відцентрових холодильних компресорів.

Характеристики та вимоги до мастил, що використовуються в холодильних машинах. Розчинність мастил. Очищення та фільтрація мастил.

Література: [1], с. 84 – 98; [5], с. 226 – 283.

**Тема 11.** Класифікація та конструкція конденсаторів. Тепловий розрахунок проточних конденсаторів.

Класифікація та конструкція випарників. Тепловий розрахунок проточних випарників.

Література: [1], с. 99 – 146; [2], с. 242 – 281; [5], с. 285 – 317.

### Модуль 4

#### *Змістовий модуль 6. Розрахунок допоміжних апаратів холодильних установок. Автоматизація холодильних машин*

**Тема 12.** Допоміжні апарати холодильних установок, характеристика, призначення та принцип дії. Проміжні посудини. Регенеративні теплообмінники. Мастиловідділювачі. Повітровідділювачі. Фільтри-осушники фреонові. Призначення та принцип дії терморегулюючого вентиля.

Автоматизація холодильних машин. Контрольно-вимірювальні прилади. Агрегування холодильних машин. Апаратні агрегати. Сучасні фірми виробники агрегованих холодильних установок.

Література: [1], с. 147 – 182; [2], с. 277 – 308; [3], с. 98 – 100.

## *Змістовий модуль 7. Розрахунок і вибір холодильної установки*

**Тема 13.** Рівняння теплового балансу в охолоджуваному приміщені. Визначення втрат холоду в холодильній камері. Теплоізоляція. Надходження теплоти від різних джерел.

Визначення холодильної потужності, розрахунок і вибір холодильної установки. Сучасні світові виробники холодильного обладнання.

Література: [2], с. 160 – 195; [3], с. 89 – 98, 105 – 118.

## *Змістовий модуль 8. Кондиціонування повітря*

**Тема 14.** Властивості повітря. Тепловологісні процеси вологого повітря. *H-d* діаграма стану вологого повітря. Способи тепловологої обробки вологого повітря.

Комфортне кондиціонування повітря. Вимоги до систем комфортного кондиціонування повітря. Схеми систем комфортного кондиціонування повітря. Тепловий та аеродинамічний розрахунок та підбір обладнання системи комфортного кондиціонування повітря.

Література: [1], с. 301 – 392; [2], с. 336 – 431.

**Тема 15.** Системи технічного кондиціонування повітря, область застосування, схеми. Суднові системи інертних газів. Системи технічної вентиляції вантажних відсіків на транспорті. Сучасні світові виробники систем кондиціонування повітря.

Література: [2], с. 436 – 493.

## **Контрольні питання до 3-го та 4-го модулів (6- й семестр)**

1. Основні елементи холодильних установок. Компресори. Класифікація холодильних компресорів.
2. Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування поршневіх холодильних компресорів.
3. Сальникові, без сальникові та плунжерні компресори.
4. Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування гвинтових холодильних компресорів.
5. Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування ротаційних та спіральних холодильних компресорів.
6. Відцентрові компресори, характеристика, принцип дії.
7. Характеристики та вимоги до мастил, що використовуються в холодильних машинах. Розчинність мастил.
8. Очищення та фільтрація мастил.
9. Класифікація та конструкція конденсаторів. Тепловий розрахунок проточних конденсаторів.
10. Класифікація та конструкція випарників. Тепловий розрахунок проточних випарників.

11. Допоміжні апарати холодильних установок, характеристика, призначення та принцип дії. Проміжні посудини.
12. Регенеративні теплообмінники. Характеристика та принцип дії.
13. Мاستиловідділювачі. Характеристика, призначення та принцип дії.
14. Повітровідділювачі. Характеристика, призначення та принцип дії.
15. Фільтри-осушники фреонові. Характеристика та принцип дії.
16. Контрольно-вимірювальні прилади. Призначення та принцип дії терморегулюючого вентиля.
17. Агрегування холодильних машин. Апаратні агрегати.
18. Сучасні фірми виробники агрегованих холодильних установок.
19. Рівняння теплового балансу в охолоджуваному приміщенні.
20. Визначення втрат холоду в холодильній камері. Теплоізоляція.
21. Надходження теплоти до охолоджуваного приміщення від різних джерел тепла.
22. Визначення холодної потужності, розрахунок і вибір холодної установки. Сучасні світові виробники холодної обладнання.
23. Властивості повітря. Тепловологісні процеси вологого повітря.
24. *H-d* діаграма стану вологого повітря. Способи тепловологої обробки вологого повітря.
25. Комфортне кондиціонування повітря. Вимоги до систем комфортного кондиціонування повітря.
26. Схеми систем комфортного кондиціонування повітря.
27. Тепловий та аеродинамічний розрахунок та підбір обладнання системи комфортного кондиціонування повітря.
28. Системи технічного кондиціонування повітря, область застосування, схеми. Суднові системи інертних газів.
29. Системи технічної вентиляції вантажних відсіків на транспорті.
30. Сучасні світові виробники систем кондиціонування повітря.

## **Модуль 5. (Курсовий проект)**

**Тема КП 1.** Вихідні дані для виконання курсового проекту.

Література: [7], с. 3 – 7.

**Тема КП 2.** Вибір та обґрунтування зовнішніх і внутрішніх параметрів холодної установки

Література: [7], с. 6 – 7; [2], с. 160 – 168.

**Тема КП 3.** Розрахунок теплоприпливів у приміщення, що охолоджуються, та визначення потрібної холодопродуктивності установки.

Література: [7], с. 7 – 28; [2], с. 169 – 195.

**Тема КП 4.** Вибір і обґрунтування системи охолодження, типу холодної машини, розрахунок циклу і підбір холодної компресора

Література: [7], с. 30 – 46; [5], с. 115 – 162.

**Тема КП 5.** Визначення теплового навантаження і підбір основних теплообмінних апаратів холодильної установки

Література: [7], с. 47 – 57; [2], с. 242 – 281; [5], с. 285 – 317.

**Тема КП 6.** Автоматизація холодильної установки. Побудова схеми автоматизації холодильної установки.

Література: [7], с. 58 – 57; [2], с. 277 – 308; [3], с. 98 – 100.

## 5.1 Структура навчальної дисципліни

Структура навчальної дисципліни наведена в табл. 2.

Таблиця 2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		лр	пр	ср	
1	2	3	4	5	6
<b>5- й семестр</b>					
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Фізичні принципи отримання низьких температур</b>					
<p><b>Тема 1.</b> Роль холодильної та криогенної техніки у енергетичному машинобудуванні, металургії, нафтовій, газовій та хімічній промисловості, у будівельній техніці, збереженні харчових продуктів, транспорті, сільському господарстві та інших галузях діяльності людини.</p> <p>Головні історичні етапи розвитку холодильної та криогенної техніки. Загальні відомості про низькі температури. Міжнародна практична шкала температур. Охолодження на різних температурних рівнях. Помірний, глибокий та холод наднизьких температур. Прилади та методи вимірювання низьких температур. Основні терміни та визначення</p>	<b>5</b>	4	-	-	1
<p><b>Тема 2.</b> Розширення газу з виробництвом зовнішньої роботи. Дроселювання газів та рідин. Процес охолодження за постійної внутрішньої енергії. Рівноважне адіабатне розширення газу в детандерах. Процес вихлопування або вільного випускання газу з балона.</p> <p>Фізичні принципи отримання низьких температур. Вихровий ефект (вихрова труба). Термоелектричний ефект (Термоелектрична батарея). Охолодження десорбцією газів. Магнітокалоричний ефект. Принцип недосяжності нуля абсолютної температури. Властивості робочих речовин та матеріалів при низьких температурах. Надпровідність. Отримання азоту, кисню та інертних газів</p>	<b>10</b>	4	-	4	2
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	-	<b>4</b>	<b>3</b>

<b>Змістовий модуль 1. Термодинамічні основи одержання штучного холоду. Властивості робочих рідин</b>					
<p><b>Тема 3.</b> Термічні параметри стану термодинамічної системи. Другий закон термодинаміки. Ентальпія. Ентропія. Процес охолодження без зміни ентропії. Зв'язок температури та ентропії. Зміна основних термодинамічних величин під час стискання реального газу. Процеси, які супроводжуються зниженням температури за адіабатних умов.</p> <p>Абсолютний тиск. Термодинамічний процес в P-<math>\nu</math> координатах. Основне рівняння газового стану. Зворотні колові процеси. Зворотний цикл Карно. Необоротні втрати зворотніх циклів</p>	<b>15</b>	4	-	5	6
<p><b>Тема 4.</b> Властивості робочих речовин холодильних та криогенних систем. Історія створення холодильних агентів. Вимоги до холодильних агентів. Природні та штучні холодильні агенти. Вплив холодильних агентів на екологію (<i>токсичні, озоноруйнівні, вогнебезпечні тощо</i>) та зовнішнє середовище.</p> <p>Діаграми хладонів. Точка кипіння при різних показниках тиску. Процеси кипіння та конденсації. Рівноважні стани і фазові переходи. Критична точка</p>	<b>15</b>	4	5	-	6
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>12</b>
<b>Разом за модулем 1</b>	<b>45</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>15</b>
<b>Модуль 2</b>					
<i>Змістовий модуль 3. Парокомпресорні холодильні машини</i>					
<p><b>Тема 5.</b> Термодинамічні та фізичні основи холодильних машин. Парокомпресорні холодильні машини (ПКХМ). Найпростіший цикл стиснення холодильного агента. Схема та цикл парокомпресорної холодильної машини.</p> <p>Розрахунок теоретичного циклу ПКХМ. Характерні точки і інтервали циклу одноступінчатої ПКХМ. Перегрів та переохолодження холодильного агента</p>	<b>15</b>	4	4	4	3
<p><b>Тема 6.</b> Схеми та цикли двох- та багатоступінчастих холодильних машин. Загальні принципи переходу на цикл двохступінчатої холодильної машини. Теоретичний цикл та принципова схема каскадної холодильної машини.</p> <p>Бінарні суміші. Схеми та цикли ПКХМ з використанням теплоносіїв та розсолів. Властивості теплоносіїв та розсолів.</p>	<b>15</b>	4	4	-	7
<b>Разом за змістовим модулем 3</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>10</b>



<i>Змістовий модуль 4. Тепловикористовуючі холодильні машин. Теплові насоси</i>					
<b>Тема 7.</b> Схема та принцип дії абсорбційної холодильної машини (АБХМ). Теоретичні цикли АБХМ. Пароежекторні холодильні машини (ПЕХМ). Принцип дії, теоретичні цикли	<b>10</b>	4	-	2	4
<b>Тема 8.</b> Теплові насоси. Трансформація низькопотенціальної скидної теплоти. Двох- та багато ступінчаті теплові насоси. Коефіцієнт трансформації теплоти (COP)	<b>5</b>	2	2	-	1
<b>Разом за змістовим модулем 4</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>Разом за модулем 2</b>	<b>45</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>15</b>
<b>Разом за 5-м семестром</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
<b>6- й семестр</b>					
<b>Модуль 3</b>					
<i>Змістовий модуль 5. Розрахунок основних елементів холодильних установок</i>					
<b>Тема 9.</b> Основні елементи холодильних установок. Компресори. Класифікація холодильних компресорів. Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування поршневих холодильних компресорів. Сальникові, без сальникові та плунжерні компресори. Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування гвинтових холодильних компресорів. Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування ротаційних та спіральних холодильних компресорів	<b>15</b>	6	-	4	5
<b>Тема 10.</b> Конструкція, принцип дії, розрахунок, енергетичні втрати та область застосування відцентрових холодильних компресорів. Характеристики та вимоги до мастил, що використовуються в холодильних машинах. Розчинність мастил. Очищення та фільтрація мастил	<b>15</b>	4	-	4	7
<b>Тема 11.</b> Класифікація та конструкція конденсаторів. Тепловий розрахунок проточних конденсаторів. Класифікація та конструкція випарників. Тепловий розрахунок проточних випарників	<b>15</b>	4	-	8	3
<b>Разом за змістовим модулем 5</b>	<b>45</b>	14	-	16	15
<b>Разом за модулем 3</b>	<b>45</b>	14	-	16	15

<b>Модуль 4</b>					
<b>Змістовий модуль 6. Розрахунок допоміжних апаратів холодильних установок. Автоматизація холодильних машин</b>					
<p><b>Тема 12.</b> Допоміжні апарати холодильних установок, характеристика, призначення та принцип дії. Проміжні посудини. Регенеративні теплообмінники. Мاستилівідділювачі. Повітровідділювачі. Фільтри-осушники фреонові. Призначення та принцип дії терморегулюючого вентиля.</p> <p>Автоматизація холодильних машин. Контрольно-вимірювальні прилади. Агрегування холодильних машин. Апаратні агрегати. Сучасні фірми виробники агрегованих холодильних установок</p>	<b>15</b>	4	-	2	9
<b>Разом за змістовим модулем 6</b>					
<b>15</b>					
<b>4</b>					
<b>-</b>					
<b>2</b>					
<b>9</b>					
<b>Змістовий модуль 7. Розрахунок і вибір холодильної установки</b>					
<p><b>Тема 13.</b> Рівняння теплового балансу в охолоджуваному приміщенні. Визначення втрат холоду в холодильній камері. Теплоізоляція. Надходження теплоти від різних джерел.</p> <p>Визначення холодильної потужності, розрахунок і вибір холодильної установки. Сучасні світові виробники холодильного обладнання</p>	<b>15</b>	6	-	8	1
<b>Разом за змістовим модулем 7</b>					
<b>15</b>					
<b>6</b>					
<b>-</b>					
<b>8</b>					
<b>1</b>					
<b>Змістовий модуль 8. Кондиціонування повітря</b>					
<p><b>Тема 14.</b> Властивості повітря. Тепловологісні процеси вологого повітря. <i>H-d</i> діаграма стану вологого повітря. Способи тепловологої обробки вологого повітря.</p> <p>Комфортне кондиціонування повітря. Вимоги до систем комфортного кондиціонування повітря. Схеми систем комфортного кондиціонування повітря. Тепловий та аеродинамічний розрахунок та підбір обладнання системи комфортного кондиціонування повітря</p>	<b>10</b>	4	-	4	2
<p><b>Тема 15.</b> Системи технічного кондиціонування повітря, область застосування, схеми. Суднові системи інертних газів. Системи технічної вентиляції вантажних відсіків на транспорті. Сучасні світові виробники систем кондиціонування повітря</p>	<b>5</b>	2	-	-	3
<b>Разом за змістовим модулем 8</b>					
<b>15</b>					
<b>6</b>					
<b>-</b>					
<b>4</b>					
<b>5</b>					
<b>Разом за модулем 4</b>					
<b>45</b>					
<b>16</b>					
<b>-</b>					
<b>14</b>					
<b>15</b>					

<b>Модуль 5</b>					
<b>Курсовий проект</b>					
Курсовий проект «Розрахунок холодильної машини»	<b>90</b>	-	-	-	90
<b>Разом за модулем 5</b>	<b>90</b>	-	-	-	90
<b>Разом за 6-й семестр</b>	<b>180</b>	30	-	30	120
<b>Усього годин з курсу</b>	<b>270</b>	60	15	45	150

Примітка: л – лекції; лр – лабораторні роботи; пр – практичні заняття; с.р. – самостійна робота

## 5.2 Теми лабораторних робіт

На лабораторних заняттях здобувачі вищої освіти ознайомлюються з теоретичним матеріалом (відповідно до складу змістових модулів), який наводиться науково-педагогічним працівником (НПП), та практичним його застосуванням. Теми лабораторних робіт представлені в табл. 3.

Таблиця 3. Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>5-й семестр</b>		
1	Побудова циклу ПКХМ з використанням електронної програми CoolPack Література: Інформаційне джерело [14].	5
2	Заправка ПКХМ хладоном. Заправка ПКХМ мастилом. Випробування системи на міцність і щільність. Література: [4], с. 70 – 82.	4
3	Пуск і зупинка ПКХМ. Способи регулювання роботи ПКХМ Література: [4], с. 87 – 95.	4
4	Експлуатація теплового насосу повітряного типу. Послідовність проведення планового технічного огляду Література: [4], с. 128 – 144.	2
<b>Разом</b>		<b>15</b>

### 5.3 Теми практичних занять

Метою практичних занять є доповнення лекційного матеріалу. На практичних заняттях здобувачі вищої освіти знайомляться з теоретичним матеріалом (відповідно до складу змістових модулів), що наводяться НПП, та практичним його застосуванням. Теми практичних занять представлені в табл. 4.

Таблиця 4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
<b>5-й семестр</b>		
1	Основні фізичні величини, критерії та залежності, що використовуються при розрахунках холодильних машин Література: [6], с. 13 – 22.	4
2	Розрахунок зміни основних термодинамічних величин під отримання низьких температур. (Робота з діаграмами стану хладонів) Література: [9], с. 82 – 115.	5
3	Розрахунок циклу парокомпресорної холодильної машини Література: [6], с. 106 - 108	4
4	Розрахунок теоретичного циклу тепловикористовуючої абсорбційної холодильної машини Література: [1], с. 33 – 39; [3], с. 50 – 53.	2
<b>Разом за 5-й семестр</b>		<b>15</b>
<b>6-й семестр</b>		
1	Тепловий розрахунок поршневих холодильних компресорів Література: [5], с. 118 – 132; [6], с. 103 – 106.	4
2	Тепловий розрахунок відцентрових холодильних компресорів Література: [5], с. 135 – 151.	4
3	Тепловий, гідравлічний, конструктивний розрахунок конденсаторів та розрахунок на міцність Література: [6], с. 22 – 51.	4
4	Тепловий, гідравлічний, конструктивний розрахунок випарників та розрахунок на міцність Література: [6], с. 53 – 66.	4

5	Побудова принципової схеми холодильної машини з елементами автоматизації Література: [3], с. 98 – 100.	2
6	Визначення втрат холоду в холодильній камері. Розрахунок товщини та підбір теплоізоляції Література: [2], с. 160 – 185; [3], с. 110 – 118.	4
7	Визначення холодопродуктивності холодильної машини. Розрахунок і вибір холодильної установки Література: [2], с. 185 – 195; [3], с. 105 – 110.	4
8	Тепловий та аеродинамічний розрахунок та підбір обладнання системи комфортного кондиціонування повітря Література: [2], с. 381 – 403.	4
<b>Разом за 6-й семестр</b>		<b>30</b>
<b>Разом</b>		<b>45</b>

## 5.4 Самостійна робота

Самостійна робота здобувача вищої освіти передбачає проробку ним лекційного матеріалу, підготовку до проведення та захисту лабораторних та практичних робіт, опрацювання окремих питань тем змістових модулів, підготовку до модульних контролів знань, а також виконання модульних контрольних робіт. Види самостійних робіт та кількість годин для опрацювання наведені в табл. 5.

Таблиця 5. Розподіл годин самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Норматив	Денна форма
<b>5-й семестр</b>			
1	Підготовка до лекційних занять	1 год. на 1 лек.	6
2	Підготовка до практичних робіт	підготовка до практичних робіт – до 1 год. на 1 роб.	4
3	Підготовка до лабораторних робіт	підготовка до лабораторних робіт – до 1 год. на 1 роб.	4
4	Виконання модульної контрольної роботи (реферат)	до 10 год. на 1 роб.	6
5	Підготовка до підсумкового контролю (залік)	до 10 год. на 1 роб.	10
<b>Разом за 5-й семестр</b>			<b>30</b>
<b>6-й семестр</b>			
1	Підготовка до лекційних занять	1 год. на 1 лек.	5
2	Підготовка до практичних робіт	підготовка до практичних робіт – до 1 год. на 1 роб.	8
3	Виконання модульної контрольної роботи (реферат)	до 10 год. на 1 роб.	7
4	Підготовка до підсумкового контролю (екзамен)	до 10 год. на 1 роб.	10
5	Курсовий проект	до 90 год. на 1 роб.	90
<b>Разом за 6-й семестр</b>			<b>120</b>

## 5.5 Виконання модульних контрольних робіт

Під час поточного модульного контролю здобувачі вищої освіти денної форми навчання виконують одну модульну контрольну роботу у кожному семестрі, яка представляє собою письмові відповіді на 2 питання із даного семестру.

Варіант питань обирається здобувачами із табл. 6 або задається НПП індивідуально. У відповідях мають бути продемонстровані знання здобувача з навчальної дисципліни, його вміння відбирати і узагальнювати матеріал, ясно і дохідливо оформлювати текстовий матеріал.

Таблиця 6. Варіант питань поточного модульного контролю

№ варіанту	5-й семестр		6-й семестр	
	Запитання 1	Запитання 2	Запитання 1	Запитання 2
1	1	16	1	16
2	2	17	2	17
3	3	18	3	18
4	4	19	4	19
5	5	20	5	20
6	6	21	6	21
7	7	22	7	22
8	8	23	8	23
9	9	24	9	24
10	10	25	10	25
11	11	26	11	26
12	12	27	12	27
13	13	28	13	28
14	14	29	14	29
15	15	30	15	30
16	16	1	16	1
17	17	2	17	2
18	18	3	18	3
19	19	4	19	4
20	20	5	20	5
21	21	6	21	6
22	22	7	22	7
23	23	8	23	8
24	24	9	24	9
25	25	10	25	10
26	26	11	26	11
27	27	12	27	12
28	28	13	28	13
29	29	14	29	14
30	30	15	30	15



## 6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання:

для всіх видів занять:

- робота з літературою - опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмій і навичок та реалізацію контрольної-корекційної функції в умовах формальної, неформальної та інформальної освіти;

- пояснення - словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення;

- дискусія - обмін поглядами щодо конкретної проблеми з метою набуття нових знань, зміцнення власної думки, формування вміння її обстоювати;

для лекційних занять:

- лекція - усний виклад навчального матеріалу, який характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованою розумових образів, доведень і узагальнень;

- ілюстрування - показ та сприйняття предметів, процесів і явищ у їх имвольному зображенні за допомогою плакатів, карт, портретів, фотографій, схем, репродукцій, звукозаписів тощо;

для лабораторних і практичних занять:

- лабораторна робота - вивчення в спеціальних умовах явищ природи за допомогою спеціального обладнання;

- практична робота - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків;

інструктаж - ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки, показ операцій та організацію робочого місця;

методи контролю і самоконтролю:

- фронтальне опитування;

- контрольні тестові роботи програмованого типу (перелік запитань і можливі варіанти відповідей).

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:

- усні відповіді;
- виконання лабораторних та практичних робіт;
- поточний модульний контроль;
- підсумковий контроль (залік, екзамен);

- виконання курсового проекту;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень та виступи на наукових заходах тощо.

## 7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного екзамену (заліку).

Питома вага заключного екзамену (заліку) в загальній системі оцінок - **40 балів**. Право здавати заключний екзамен (залік) дається здобувачу, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного екзамену (заліку) набирає не менше **60 балів**. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену (заліку).

Поточний контроль проводиться на кожному лабораторному (практичному) занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань лабораторних (практичних) робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

### 7.1 Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти та їх оцінювання

Критерії оцінювання результатів навчальної діяльності ЗВО з лабораторної, практичної, поточної модульної роботи та курсового проекту наведені в табл. 7 – 10 відповідно. Форми контролю та розподіл балів результатів навчальної діяльності здобувачів наведені в табл. 11.

Таблиця 7. Критерії оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти з лабораторної роботи

Бал	Критерії оцінювання
5	Лабораторна робота виконана самостійно у встановлений термін. У роботі чітко розкрита мета, при вирішенні завдань застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів

4	Робота виконана у встановлений термін. Здобувач виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації з НПП; описує спостереження; у цілому правильно складає звіт і робить висновки
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації з НПП; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках і помилки
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках і помилки
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконує лабораторну роботу під керівництвом НПП; складений звіт містить неточності у висновках і помилки
0	Робота не виконувалася

Таблиця 8. Критерії оцінювання результатів навчальної діяльності здобувачів з практичної роботи

Бал	Критерії оцінювання
5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів
4	Робота виконана у встановлений термін. Здобувач виконує практичну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; в цілому правильно складає звіт та робить висновки
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконує практичну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача; описує спостереження; складає звіт, що містить неточності у висновках та помилки
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач виконує практичну роботу під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки
0	Робота не виконувалася

Таблиця 9. Критерії оцінювання результатів виконання поточного модульного контролю у формі модульної контрольної роботи

Бал	Критерії оцінювання за відповідь на одне питання
10	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у правильній послідовності. Використані не тільки рекомендовані джерела інформації, а й новітні, самостійно знайдені у періодичних виданнях та в інтернет-ресурсах. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота достатньо

	ілюстрована, оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент вільно орієнтується в матеріалах
7	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності
5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації. Висновки сформульовані формально або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи студент слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки
0	Роботу не виконано

Таблиця 10. Критерії оцінювання результатів виконання курсового проекту

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання
Пояснювальна записка	40	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність дослідження предметної галузі; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; дотримання методики розрахунку та адекватність отриманих результатів, наявність посилань на використану літературу та відповідність стандартам оформлення роботи; відповідність висновків меті та завданням курсової роботи. Робота виконувалась систематично та вчасно подана на перевірку керівнику у відповідності із планом виконання курсової роботи
	35	Зміст роботи відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність дослідження предметної галузі;

		<p>дотримання методики розрахунку та адекватність отриманих результатів, наявність посилань на використану літературу та відповідність стандартам оформлення роботи; відповідність висновків меті та завданням курсової роботи.</p> <p>Робота виконувалась систематично, але подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи</p>
	30	<p>Зміст роботи відповідає обраній темі, але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано; не дотримано методики розрахунку, наявність посилань на використану літературу та відповідність стандартам оформлення роботи; відповідність висновків меті та завданням курсової роботи.</p> <p>Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи</p>
	20	<p>Робота, оформлена за вимогами, які пред'являються до курсових робіт, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези роботи розкриті, але недостатньо обґрунтовані, нечітко сформульовано висновки, пропозиції і рекомендації.</p> <p>Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи</p>
	10	<p>Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, але лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. В роботі немає конкретних висновків.</p> <p>Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи</p>
	0	Робота не виконувалась

Графічна частина	20	Розроблено конструктивну схему та побудовано процеси відповідно до завдань роботи без помилок. Графічна частина роботи виконана у відповідності до вимог ЄСКД
	15	Розроблено конструктивну схему та побудовано процеси відповідно до завдань роботи без помилок. Графічна частина роботи виконана з незначними невідповідностями до вимог ЄСКД
	10	Конструктивна схема та графіки процесів побудовано з незначними помилками. Графічна частина роботи виконана з незначними невідповідностями до вимог ЄСКД
	5	Конструктивна схема та графіки процесів побудовані з помилками. Графічна частина роботи виконана на низькому рівні та не відповідає вимогам ЄСКД
	0	Робота не виконувалась
Захист роботи	40	Доповідь логічно побудована, студент чітко та стисло викладає основні результати виконання роботи, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі роботи, під час доповіді вміло використовує презентацію, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання
	30	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання роботи, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює
	20	Студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання роботи але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи
	10	Студент невпорядковано викладає основні результати виконання роботи, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи
	5	Студент демонструє задовільні знання з теми виконання роботи, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи

Таблиця 11. Форми контролю та розподіл балів результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти

Форма контролю	Максимальна кількість балів
	Денна форма
<b>5-й семестр</b>	
Виконання лабораторних робіт	4 роботи × 5 балів = 20 балів
Виконання практичних робіт	4 роботи × 5 балів = 20 балів
Виконання поточного модульного контролю у формі модульної контрольної роботи	2 запитання × 10 балів = 20 балів
<b>Всього</b>	<b>60</b>
<b>6-й семестр</b>	
Виконання практичних робіт	8 робіт × 5 балів = 40 балів
Виконання поточного модульного контролю у формі модульної контрольної роботи	2 запитання × 10 балів = 20 балів
<b>Всього</b>	<b>60</b>

## 7.2 Підсумковий контроль у письмовій формі

Підсумковий контроль (екзамен, залік) складається у письмовій формі. Максимальна кількість балів за підсумковий контроль – 40 балів. Здобувач відповідає на 4 контрольних запитання (контрольні питання відповідно 5-го або 6-го семестру) без використання навчальних посібників, довідників та мобільних девайсів, кожне з яких оцінюється максимально у 10 балів. За відповідь на питання без помилок здобувач отримує максимальну кількість балів. За неповні відповіді або відповіді з помилками, знижується кількість отриманих балів. При написанні неправильної відповіді або при її відсутності бали не нараховуються. Критерії оцінювання підсумкового контролю у письмовій формі наведені в табл. 12.

Таблиця 12. Критерії оцінювання підсумкового контролю

Бал	Критерії оцінювання
10	Відповідь на питання дано правильно, повно, логічно, містить аналіз, систематизацію, узагальнення та містить аргументовані висновки
7	Відповідь на питання дано правильно, достатньо повно, логічно, але допущені несуттєві помилки та неточності у викладенні матеріалу
5	Відповідь на питання дано частково правильно, містить неточності, недостатньо обґрунтовано
3	Відповідь на питання дано з суттєвими помилками, аргументи не сформульовані, використовується невірна термінологія
0	Відповідь на питання не надана

## 8. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерії оцінювання результатів навчання представлені в табл. 13, а захисту курсового проекту в табл. 14.

Таблиця 13. Критерії оцінювання результатів навчання

№ Модуля	№№ змістового модуля і теми	Денна форма		
		Вид роботи		Кількість балів
5-й семестр				
М1	ЗМ 1	T1	-	-
		T2	ПР № 1	0...5
	ЗМ 2	T3	ПР № 2	0...5
		T4	ЛР № 1	0...5
М2	ЗМ 3	T5	ПР № 3	0...5
			ЛР № 2	0...5
	ЗМ 4	T6	ЛР № 3	0...5
		T7	ПР № 4	0...5
		T8	ЛР № 4	0...5
Поточний модульний контроль				0...20
Підсумковий контроль			Залік (письмово)	0...40
Сума				<b>100</b>
6-й семестр				
М3	ЗМ 5	T9	ПР № 1	0...5
		T10	ПР № 2	0...5
		T11	ПР № 3	0...5
			ПР № 4	0...5
М4	ЗМ 6	T12	ПР № 5	0...5
	ЗМ 7	T13	ПР № 6	0...5
			ПР № 7	0...5
	ЗМ 8	T14	ПР № 8	0...5
T15		-	-	
Поточний модульний контроль				0...20
Підсумковий контроль			Екзамен (письмово)	40
Сума				<b>100</b>

Примітка: М – модуль; ЗМ – змістовний модуль; Т – навчальна тема; ЛР – лабораторна робота; ПР – практична робота

Таблиця 14. Критерії оцінювання результатів захисту курсового проекту

Пояснювальна записка	Графічна частина	Захист роботи	Кількість балів разом
0...40	0...20	0...40	<b>100</b>



## 9. Засоби навчання

Засоби навчання, завдяки яким досягається визначені цілі і результати навчання в межах освітнього процесу:

- Технічні засоби (відеоролики, звуко- і відеозаписи та ін.);
- Мультимедіа-, відео- і звуковідтворююча, проекційна апаратура (проектори, екрани, тощо);
- Комп'ютери, комп'ютерні системи та мережі;
- Програмне забезпечення (для підтримки дистанційного навчання, та ін.);
- Бібліотечні фонди (підручники і навчальні посібники, методичні рекомендації, наукова література, тощо).

## 10. Рекомендовані джерела інформації

### 10.1. Основна література

1. **Hundy G.F.** Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps. / G.F. Hundy, A.R. Trott and T.C. Welch. – Butterworth-Heinemann: Elsevier Ltd, March 2, 2016 (5th Edition). – 510 p. [Електронний варіант]
2. **Загоруйко В.О.** Суднова холодильна техніка: підручник / В.О. Загоруйко, О.А. Голіков. – К.: Наукова думка, 2002. – 576 с. [Електронний варіант]
3. **Лозовський А.П.** Основи холодильних технологій: навчальний посібник / А.П. Лозовський, О.М. Іванов. – Суми: Університетська книга, 2015. – 149 с. [Електронний варіант]
4. **Мелейчук С.С.** Монтаж, експлуатація, обслуговування холодильних і тепло насосних установок: навчальний посібник / С.С. Мелейчук, В.М. Арсеньєв. – Суми: СДУ, 2011. – 183 с. [Електронний варіант]
5. **Радченко М.І.** Суднові холодильні машини: навчальний посібник / М.І. Радченко, О.О. Лехмус. – Миколаїв: НУК. – 2015. – 392 с.
6. Розрахунки з дисципліни «Теплотехнологічні процеси та установки»: Навчальний посібник / **Луняка К.В.,** Димо Б.В., Андрєєва Н.Б., Калініченко І.В. – Херсон: ХНТУ, 2018. – 166 с. [Електронний варіант]
7. Розрахунок суднової холодильної установки / А.А.Андрєєв, І.П.Есін, Ю.В.Захаров, А.О.Моря, М.І.Радченко; За редакцією доктора технічних наук, професора **Ю.В.Захарова.** – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 88 с. [Електронний варіант]
8. Теплообмінники суднових систем кондиціонування та рефрижерації: навчальний посібник / **М.І. Радченко,** А.М. Радченко, Д.В. Коновалов, Р.М. Радченко. – Миколаїв: НУК, 2014. – 260 с.
9. **Франів А.** Фізика низьких температур : навч. посібник / А. Франів, В. Стадник, В. Курляк. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – 362 с. [Електронний варіант]

## 10.2. Додаткова література

10. Лабораторний практикум з холодильного устаткування для підготовки фахівців зі спеціальності обладнання переробних і харчових виробництв: Навчальний посібник / **В.Ф. Ялпачик**, М.І. Стручаєв, Ф.Ю Ялпачик, В.Г. Тарасенко, В.Г. Циб. – Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. – 203 с. [Електронний варіант]
11. **Мошенцев Ю.Л.**, Борозенець В.Г. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по компресорним машинам. – Миколаїв: НУК, 2008. – 60 с. [Електронний варіант]
12. Холодильні установки рефрижераторного рухомого складу: Навчальний посібник / **І.Е. Мартинов**, В.М. Іщенко, Н.С. Брайковська та ін. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – 134 с. [Електронний варіант]

## 11. Інформаційні джерела

13. Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. – Режим доступу: <http://www.kb.nuos.edu.ua> (дата звернення: 25.08.2023 р.).
14. **CoolPack IPU**. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.ipu.dk/products/coolpack/> (дата звернення 07.08.2023)
15. **Sabroe Products 2023**. Creating customer confidens. – 84 р. – Режим доступу <http://www.sabroe.com>. (дата звернення: 10.08.2023 р.).
16. **Viessmann Heat pumps up to 2000 kW**. – 42 р. – Режим доступу <http://www.viessmann.com>. (дата звернення: 10.08.2023 р.).

Розробник:

к.т.н., доцент кафедри  
теплотехніки ХННІ НУК



І.В. Калініченко