

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського

Кафедри загальноінженерних дисциплін та обладнання

**В.П. Хорольський, Д.П. Заїкіна**

## **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

**Методичні рекомендації з вивчення дисципліни**

Ступінь: бакалавр

Кривий Ріг  
2019р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського

Кафедри загальноінженерних дисциплін та обладнання

**В.П. Хорольський, Д.П. Заїкіна**

## **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

**Методичні рекомендації з вивчення дисципліни**

Ступінь:бакалавр

Затверджено на засіданні  
кафедри загальноінженерних дис-  
циплін та обладнання  
Протокол № 1  
від «28» серпня 2019 р.

Схвалено навчально-методичною  
радою  
ДонНУЕТ  
Протокол № 1  
від «29» серпня 2019 р.

Кривий Ріг  
2019р.

**УДК**  
**3 76**

**Хорольський, В.П., Заїкіна, Д.П.**

**3 76** Теоретичні основи холодильної техніки [Текст] : метод. рек. до вивч. дисц. / В.П. Хорольський, Д.П. Заїкіна; Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, каф. загальноінженерних дисциплін та обладнання. – Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2019. – 48.

Методичні рекомендації розроблені для надання допомоги студентам до вивчення дисципліни «Теоретичні основи холодильної техніки». У методичних рекомендаціях сформульовано мету та задачі дисципліни, представлено зміст семінарських/практичних занять, наведено питання для обговорення та самостійну роботу студентів з описом методу її опрацювання.

© В.П. Хорольський, Д.П. Заїкіна, 2019

© Донецький національний університет економіки й торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, 2019

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>5</b>
<b>ЧАСТИНА 1. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....</b>	<b>6</b>
<b>ЧАСТИНА 2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДГОТОВКИ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....</b>	<b>14</b>
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи моделювання процесів одержання холоду холодильної техніки.....	15
Змістовий модуль 2. Процеси теплообміну, конденсації та випарювання в холодильній техніці. Основи криогенної техніки.....	19
<b>ЧАСТИНА 3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ.....</b>	<b>24</b>
Змістовий модуль 1. Теоретичні основи моделювання процесів одержання холоду холодильної техніки.....	25
Змістовий модуль 2. Процеси теплообміну, конденсації та випарювання в холодильній техніці. Основи криогенної техніки.....	34

## ВСТУП

*Основною метою* вивчення дисципліни є формування у студентів професійних компетентностей щодо теоретичних основ холодильної техніки і надання знань, що охоплює принцип роботи, основи розрахунку і практичне застосування холодильної техніки.

*Завданнями дисципліни* є ознайомлення з теоретичними основами холодильної техніки; навчитися розв'язувати прості інженерні задачі з розрахунку холодильної техніки тощо.

**ЧАСТИНА 1.**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

## 1. Опис дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни
Обов'язкова (для студентів спеціальності "назва спеціальності") / вибіркова дисципліна	<b>Обов'язкова для студентів спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»</b>
Семестр (осінній / весняний)	<b>осінній</b>
Кількість кредитів	<b>7</b>
Загальна кількість годин	<b>210</b>
Кількість модулів	<b>1</b>
Лекції, годин	<b>65</b>
Практичні / семінарські, годин	<b>26</b>
Лабораторні, годин	<b>-</b>
Самостійна робота, годин	<b>119</b>
Тижневих годин для денної форми навчання:	
аудиторних	<b>7</b>
самостійної роботи студента	<b>9,2</b>
Вид контролю	<b>екзамен</b>

## 2. Програма дисципліни

**Ціль** – формування у студентів професійних компетентностей щодо теоретичних основ холодильної техніки і надання знань, що охоплює принципи роботи, основи розрахунку і практичне застосування холодильної техніки.

**Завданнями дисципліни** є ознайомлення з теоретичними основами холодильної техніки; навчитися розв'язувати прості інженерні задачі з розрахунку холодильної техніки тощо.

### **Зміст дисципліни розкривається в темах:**

Тема 1. Загальні відомості про холодильні процеси та створення низьких температур.

Тема 2. Історія розвитку холодильної техніки та низьких температур

Тема 3. Теоретичний аналіз фізичних і математичних моделей процесів холодильної техніки.

Тема 4. Основні способи отримання низьких та наднизьких температур.

Тема 5. Методи перевірки адекватності моделей.

Тема 6. Загальні положення, щодо роботи теплообмінних апаратів.

Тема 7. Ефективність криогенних систем.

Тема.8. Властивості технічних матеріалів при низьких температурах.

Тема 9. Оцінка балансів теплообмінної апаратури холодильної техніки.

Тема10.Розрахунок температурного перепаду в повітроохолоднику морозильного апарату.

Тема.11. Властивості криогенних рідин. Системи зрідження газів. Еквівалентність систем зрідження. Системи зрідження водню гелію та неону.

Тема 12. Розрахунок процесів тепло – й – масообміну в ізоляції.

Тема 13. Розрахунок зони конденсації.

Тема 14. Розрахунок зони випарювання

Тема 15. Зберігання і транспортування криорідин.

Тема 16. Використання криогенних технологій в промисловості. Розділення газових сумішей та одержання криорідин.

Тема 17. Використання криогенних технологій в харчовій промисловості.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (денна форма навчання)				
	усього	у тому числі			
		Лекц.	Пр./Сем.	Лаб.	СРС
1	2	3	4	5	6
<b>Змістовий модуль 1. Теоретичні основи моделювання процесів одержання холоду холодильної техніки.</b>					
Тема 1. Загальні відомості про моделювання робочих процесів холодильної техніки.	12	4	2	-	6
Тема 2. Історія розвитку холодильної техніки та низьких температур	6	2	-	-	4
Тема 3. Теоретичний аналіз фізичних і математичних моделей процесів холодильної техніки.	10	4	-	-	6
Тема 4. Основні способи отримання низьких та наднизьких температур.	16	4	4	-	8
Тема 5. Методи перевірки адекватності моделей.	10	4	-	-	6
Тема 6. Загальні положення, щодо роботи теплообмінних апаратів.	12	4	2	-	6
Тема 7. Ефективність криогенних систем.	10	4	-	-	6
Тема 8. Властивості технічних матеріалів при низьких температурах.	14	4	4	-	6
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>90</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>48</b>
<b>Змістовий модуль 2. Процеси теплообміну, конденсації та випарювання в холодильній техніці. Основи криогенної техніки.</b>					
Тема 9. Оцінка балансів теплообмінної апаратури холодильної техніки.	14	4	2	-	8
Тема 10. Розрахунок температурного перепаду в повітряохолоднику морозильного апарату.	14	4	2	-	8
Тема 11. Властивості криогенних рідин. Системи зрідження газів. Еквівалентність систем зрідження. Системи зрідження водню гелію та неону.	12	4	-	-	8
Тема 12. Розрахунок процесів тепло – й – масообміну в ізоляції.	16	4	4	-	8



Тема 13. Розрахунок зони конденсації.	12	4	-	-	8
Тема 14. Розрахунок зони випарювання	14	4	2	-	8
Тема 15. Зберігання і транспортування кріорідин.	12	4	-	-	8
Тема 16. Використання кріогенних технологій в промисловості. Розділення газових сумішей та одержання кріорідин	14	4	2	-	8
Тема 17. Використання кріогенних технологій в харчовій промисловості.	12	3	2	-	7
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>120</b>	<b>35</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>71</b>
<b>Усього годин</b>	<b>210</b>	<b>65</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	<b>119</b>

#### 4. Індивідуальні завдання

Не заплановані навчальним планом.

#### 5. Обсяги, зміст та засоби діагностики самостійної роботи

Вид та тема занять	Кількість годин самостійної роботи	Зміст самостійної роботи	Засоби діагностики
<b>Змістовий модуль 1. Теоретичні основи моделювання процесів одержання холоду холодильної техніки</b>			
«Загальні відомості про моделювання робочих процесів холодильної техніки»	10	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Підготовка до виконання практичного завдання.	Перевірка задач, опитування
«Основні способи отримання низьких та наднизьких температур»	14	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Підготовка до виконання практичного завдання.	Перевірка задач, опитування
«Загальні положення, щодо роботи теплообмінних апаратів»	12	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Підготовка до виконання практичного завдання.	Перевірка задач, опитування
«Властивості технічних матеріалів при низьких температурах»	12	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Підготовка до виконання практичного завдання.	Перевірка задач, опитування
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>48</b>		
<b>Змістовий модуль 2. Процеси теплообміну, конденсації та випарювання в холодильній техніці. Основи кріогенної техніки.</b>			

«Оцінка балансів теплообмінної апаратури холодильної техніки»	12	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Підготовка до виконання практичного завдання.	Перевірка задач, опитування
«Розрахунок температурного перепаду в повітряохолоднику морозильного апарату»	12	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Підготовка до виконання практичного завдання.	Перевірка задач, опитування
«Розрахунок процесів тепло – й – масообміну в ізоляції»	12	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Підготовка до виконання практичного завдання.	Перевірка задач, опитування
«Розрахунок зони випарювання»	12	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Підготовка до виконання практичного завдання.	Перевірка задач, опитування
«Використання кріогенних технологій в промисловості. Розділення газових сумішей та одержання кріорідин»	12	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Підготовка до виконання практичного завдання.	Перевірка задач, опитування
«Використання кріогенних технологій в харчовій промисловості»	11	1. Опрацювання конспекту лекцій та дотичного до нього матеріалу, необхідного для розв'язування задач. 2. Підготовка до виконання практичного завдання.	Перевірка задач, опитування
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>71</b>		
<b>Разом</b>	<b>119</b>		

### 6. Матриця зв'язку між дисципліною/ змістовим модулем, результатами навчання та компетентностями

Результати навчання	Компетентності						
	Загальні						
	ФК5	ФК6	ФК7	ФК8	ФК12	ФК13	ФК14
1. Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні за-	+						

ходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання.							
2. Здатність вибирати основні й допоміжні матеріали та способи реалізації основних теплотехнологічних процесів при створенні нового обладнання в галузі енергомашинобудування і застосовувати прогресивні методи експлуатації теплотехнологічного обладнання для об'єктів енергетики, промисловості і транспорту, комунально-побутового та аграрного секторів економіки.			+				
3. Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів у ході підготовки виробництва нової продукції, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових енергетичних об'єктів та систем.			+				
4. Здатність визначати режими експлуатації енергетичного та теплотехнологічного обладнання та застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів.				+			
5. Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи методи дослідницької діяльності.					+		
6. Здатність використовувати знання робочих процесів в теплообмінних апаратах, холодильних машинах і установках, системах кондиціонування повітря.						+	
7. Здатність розрахувати і визначити основні технічні параметри і характеристики енергетичного обладнання (зокрема холодильних машин і установок, систем кондиціонування повітря).							+

## 7. Методи навчання

Лекції, самостійна робота (самостійно опрацювання лекційного і практичного матеріалу, додаткових питань за наведеним переліком літератури).

## 8. Методи оцінювання

Екзамен.

### 9. Розподіл балів, які отримують студенти

Відповідно до системи оцінювання знань студентів ДонНУЕТ, рівень сформованості компетентностей студента оцінюються у випадку проведення екзамену: впродовж семестру (50 балів) та при проведенні підсумкового контролю - екзамену (50 балів).

### Оцінювання студентів протягом семестру

№ теми практичного заняття	Вид роботи/бали					
	Тестові завдання	Ситуаційні завдання	Обговорення теоретичних та практичних питань теми	Індивідуальне завдання	ПМК	Сума балів
<b>Змістовий модуль 1</b>						
Тема 1			1	3		4
Тема 2			1	3		4
Тема 3			1	3		4
Тема 4			1	3	5	9
Разом змістовий модуль 1			<b>4</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>21</b>
<b>Змістовий модуль 2.</b>						
Тема 1.			1	3		4
Тема 2.			1	3		4
Тема 3			1	3		4
Тема 4.			1	3		4
Тема 5.			1	3		4
Тема 6.			1	3	5	9
Разом змістовий модуль 2			<b>6</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>29</b>
Усього			<b>10</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>50</b>

### Загальне оцінювання результатів вивчення дисципліни

Для виставлення підсумкової оцінки визначається сума балів, отриманих за результатами екзамену та за результатами складання змістових модулів. Оцінювання здійснюється за допомогою шкали оцінювання загальних результатів вивчення дисципліни (модулю).

Оцінка		
100-бальна шкала	Шкала ECTS	Національна шкала
90-100	A	5, «відмінно»

80-89	В	4, «добре»
75-79	С	
70-74	Д	3, «задовільно»
60-69	Е	
35-59	FX	2, «незадовільно»
0-34	F	

## 10. Методичне забезпечення

1. Електронний конспект лекцій.
2. Методичні вказівки з вивчення дисципліни.
3. Навчальна та наукова література.

## 11. Рекомендована література

### Основна

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.

2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

### Допоміжна

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

**ЧАСТИНА 2.  
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПІДГОТОВКИ  
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

# ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОДЕРЖАННЯ ХОЛОДУ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.

## Тема 1. Загальні відомості про моделювання робочих процесів холодильної техніки.

План заняття:

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Які параметри стану є основними.
2. Назвіть одиницю виміру тиску, прийняту в системі одиниць СИ.
3. Які є співвідношення між одиницями тиску 1 кг/см<sup>2</sup>, 1 мм. рт. ст., 1 мм. вод. ст., 1 Па.
4. Що таке розрідження.
5. Які співвідношення між температурами, виражені у Кельвінах та градусах Цельсія.
6. Що таке питомий об'єм тіла і його щільність. Яке співвідношення між ними.

7. Що таке теплоємність.
  8. Що таке ентальпія.
  9. Що таке ентропія.
2. Опитування.
3. Розв'язання практичних задач.

**Задача:** Визначити будівельну площу камери, холодопродуктивність приладів охолодження та гладкотрубну поверхню холодильної техніки.

Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Дані для розрахунку

Но- мер ро- зра- хун- ко- вого ва- ріан- та	Камера схову								
	Вантаж	$g_v$ $m/m^3$	Параметри повітря в камері		Сумарний питомий тепло- приплив $\frac{q_{\Sigma}}{\lambda \delta}$ $\frac{i^2 r^3 \ddot{a} \ddot{e} \ddot{a} \ddot{e}}$	Номер розра- хунко- вого ва-ріан- та	Єм- ність каме- ри	Робоча речовина у межах охолод- ження	
			$t_{кам},$ $^{\circ}C$	$\varphi,$ %				Вар. А бага- реї	Вар. Б ПО (повітроо- холод-жувачів)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	Птиця охолодж.	0,38	-5	85	46	0	20	R717	R404A
1	Свинина мороже- на	0,45	-20	76	77	1	35	Е/ГЛ	R717
2	Картопля	0,35	2	85	40	2	50	П/ГЛ	R134a
3	Сир	0,5	0	90	85	3	60	R717	R407C
4	Яблука	0,35	4	90	48	4	80	R717	R22

5	Риба мороже- на	0,45	-24	85	105	5	110	Е/ГЛ	R410A
6	М'ясо в блоках	0,6	-22	79	100	6	95	R717	R507

## Тема 2. Основні способи отримання низьких та наднизьких температур.

План заняття:

*1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:*

1. Природне і штучне охолодження. Яка між ними різниця?
  2. Який закон і термодинамічний цикл лежать в основі передачі тепла з визначеного температурного рівня на більш високий?
  3. В чому полягає принцип передачі тепла від об'єкта, що охолоджується в навколишнє середовище?
  4. Що в холодильній техніці використовується в якості робочих тіл? Охарактеризуйте їх основні властивості.
  5. Чому практично неможливо реалізувати цикл Карно (ідеальний цикл Карно) в холодильних установках.
  6. Застосовується чи ні на практиці процес регенерації тепла в холодильній установці, якщо теоретичний розрахунок показує, що з енергетичної точки зору він недоцільний.
  7. Від чого залежить температура поверхневого переохолодження хладагенту в конденсаторі. Як досягається таке переохолодження.
  8. Від чого залежить температура перегріву пара хладагенту в регенеративному теплообміннику
2. Опитування.
  3. Розв'язання практичних задач.

**Задача:** Побудувати цикли ПКХМ, при цьому, визначити параметри вузлових точок циклів, провести розрахунки енергетичних показників та порівняти їх.

Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Дані для розрахунку

Номер розрахункового варіанта	Тип X/A	Цикл 1		Цикл 2		Холодопродуктивність кВт
		$t_{н.с}, ^\circ\text{C}$	$t_{кам.}, ^\circ\text{C}$	$t_{н.с}, ^\circ\text{C}$	$t_{кам.}, ^\circ\text{C}$	
1	R600a	45	-20	30	7	3
2	R507	35	-18	22	5	6
3	R134a	45	-25	35	-5	9
4	R600a	40	-22	25	0	8
5	R22	35	-30	20	-10	11
6	R134a	50	-20	40	0	5



7	R410a	15	-40	10	-5	7
8	R22	30	-35	25	-15	13
9	R507	40	-24	28	2	4
10	R410a	10	-50	0	-10	10

### Тема 3. Загальні положення, щодо роботи теплообмінних апаратів.

План заняття:

*1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:*

1. Класифікація теплообмінних апаратів (ТОА). Вимоги до ТОА.
2. Основи теплогідравлічних розрахунків ТОА. Рівняння енергії і руху в одномірному наближенні. Розрахунок температур робочих тіл ТОА по довжині каналу при різних граничних умовах. Теплоносії ТОА.
3. Алгоритми конструкторського і теплогідравлічного розрахунків рекуперативних теплообмінників при постійній теплоємності теплоносіїв. Особливості теплових розрахунків теплообмінників з фазовим переходом теплоносіїв. Використання середньологарифмічного температурного напору.
4. Критерії ефективності ТОА. Порівняння ТОА. Методи інтенсифікації теплопередачі.
5. Теплообмінники рекуперативного типу – кожухотрубчаті, труба в трубі, пластинчаті, спіральні. Особливості конструкцій та застосування.
6. Теплообмінники регенеративного типу. Градирні, змішувальні і барботажи та особливості конструкцій та застосування.
7. Матеріали, які використовуються для ТОА. Міцнісні розрахунки.
9. Теплообмінники на теплових трубках. Використання теплообмінників для осушування повітря.

*2. Опитування.*

*3. Розв'язання практичних задач.*

**Задача:** Розрахувати і сконструювати теплообмінник жорсткої конструкції, якщо відома необхідна для теплопередачі площа, пропускна спроможність апарата, швидкість руху продукту по трубопроводах.

Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Дані для розрахунку

Номер розрахункового варіанта	Площа теплообміну $A, \text{ м}^2$	Пропускна спроможність $V, \text{ дм}^3/\text{с}$	Швидкість руху продукту $v, \text{ м/с}$	Тиск, МПа		Матеріал труб і корпусу
				в трубах, $P_{\text{тр}}$	в корпусі, $P_{\text{к}}$	
1.	17,2	16,10	0,40	0,158	0,448	Сталь 10
2.	17,3	16,15	0,41	0,162	0,452	Сталь 20
3.	17,4	16,20	0,42	0,166	0,456	X18H10T

4.	17,5	16,25	0,43	1,170	0,460	X18H12T
5.	17,8	16,40	0,46	0,182	0,472	Сталь 10
6.	17,9	16,45	0,47	0,186	0,476	Сталь 20
7.	18,0	16,50	0,48	0,190	0,480	X18H10T
8.	18,1	16,55	0,49	0,194	0,484	X18H12T
9.	18,4	16,70	0,52	0,206	0,496	Сталь 10
10.	18,5	16,75	0,53	0,210	0,500	Сталь 20
11.	18,6	16,80	0,54	0,214	0,504	X18H10T
12.	18,7	16,85	0,55	0,218	0,508	X18H12T

#### Тема 4. Властивості технічних матеріалів при низьких температурах.

План заняття:

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Крайові умови рівняння Фур'є.
  2. На які групи поділяються технічні матеріали за призначенням?
  3. В чому різниця між інструментальними та конструкційними матеріалами?
  4. Який зв'язок існує між температурою і середньою кінетичною енергією молекулярного руху молекул газу?
  5. Якими властивостями характеризується газоподібний стан?
  6. Які особливості має іонно-електронна структура?
  7. Чим відрізняються фрикційні і антифрикційні матеріали?
2. Опитування.
3. Розв'язання практичних задач.

**Задача:** Визначити температуру за заданих умов. Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Дані для розрахунку

Номер розрахункового варіанта	Температура приміщення, $t_1$	Температура стіни, $t_2$		Номер розрахункового варіанта	Температура приміщення,	Температура стіни, $t_2$
1,11,21	18	10		6,16,26	23	8
2,12,22	19	9		7,17,27	24	12
3,13,23	20	18		8,18,28	25	11
4,14,24	21	13		9,19,29	26	16
5,15,25	22	16		10,20,30	27	13

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ПРОЦЕСИ ТЕПЛООБМІНУ, КОНДЕНСАЦІЇ ТА ВИПАРЮВАННЯ В ХОЛОДИЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ. ОСНОВИ КРИГЕННОЇ ТЕХНІКИ.

### Тема 5. Оцінка балансів теплообмінної апаратури холодильної техніки.

План заняття:

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Термодинамічні основи циклів холодильної техніки.
  2. Рівняння теплового балансу холодильної техніки.
  3. Регенеративний теплообмін.
  4. Основне призначення теплообмінних апаратів холодильної техніки.
2. Опитування.
3. Розв'язання задач.

**Задача:** Побудувати графічні залежності компонентів теплового балансу  $\dot{Q}_1, \dot{Q}_2, \dot{Q}_3, \dot{Q}_4$  залежно від часу (за місяцями).

Вихідні дані розрахункового режиму:

- ємність камери умовного вантажу,  $C_{ум} = 150 \text{ т}$ ;
- вантаж – птиця заморожена в пластмасових ящиках;
- температура, що надходить,  $t_{ност} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- температура повітря в камері,  $t_{кам} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- площа підлоги камери  $F_{підл} = 144 \text{ м}^2$ .

Розрахункові параметри при:

- навколишній температурі  $t_n = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- вантажообігу через камеру  $G_{ван} = 0,08 \cdot E, \text{ т/добу}$ ;
- коефіцієнтом маси тари  $a_T = 0,1$ ;
- сумарному теплоприпливі через огородження  $\dot{Q}_1 = 5,91 \text{ кВт}$ ;
- зміні питомої ентальпії продукту  $\Delta i_{r \text{ до } a} = 30,2 \text{ кДж/кг}$  у процесі його заморожування в камері;
- зміні питомої ентальпії тари  $\Delta i_{\delta \text{ до } \delta} = 26,8 \text{ кДж/кг}$ ;
- Питомі навантаження експлуатаційних теплоприпливів:
  - від освітлення  $q_{осв} = 2 \text{ Вт/м}^2$ ;
  - від відкриття дверей  $q_{дв} = 9,3 \text{ Вт/м}^2$ ;
  - від теплоприпливу:
    - від теплоприпливу працюючого обладнання обчислюється за виразом  $\dot{Q}_4'' = 0,1(\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3)$ ;
    - кількість працюючих людей  $n_l = 3$ .

## Тема 6. Розрахунок температурного перепаду в повітряохолоднику морозильного апарату.

План заняття:

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Критерій Рейнольдса.
  2. Коефіцієнт теплопередачі.
  3. Температурні втрати і температура кипіння розчинів.
  4. Закономірності зміни температурного напору при русі теплоносіїв вздовж поверхні теплообміну.
  5. Визначення коефіцієнтів теплообміну.
2. Опитування.
3. Розв'язання практичних задач.

**Задача:** Виконати розрахункове завдання з визначення кількості випарників (повітроохолоджувачів).

Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Дані для розрахунку

Номер розрахункового варіанта	Теплоприплив у камері, Вт	Найменування продуктів, які зберігаються в камері	Температура в камері, °С
1	770	Фрукти, зелень	6
2	720	Напої	6
3	1200	Молочно-жирова продукція	2
4	950	Напівфабрикати (овочеві)	2
5	840	Напівфабрикати (рибні)	-1
6	800	Молочно-жирова продукція	2
7	1100	Напівфабрикати (м'ясні)	0
8	1325	М'ясна продукція	0
9	915	Рибна продукція	-2
10	1115	Консерви (м'ясні, рибні)	0

## Тема 7. Розрахунок процесів тепло – й – масообміну в ізоляції.

План заняття:

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

1. Диференціальні рівняння тепло- і масообміну.
2. Тепло- і масовіддача.
3. Потрійна аналогія.
4. Тепло- і масовіддача при конденсації пари з парогазової суміші.

2. Опитування.
3. Розв'язання практичних задач.

**Задача:** Визначити тривалість охолодження й кількість теплоти, що відводиться при охолодженні продукту.

Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 6.

Таблиця 6

Дані для розрахунку

Номер розрахункового варіанта	Вид продукту	Кількість продукту, кг	Умовна форма продукту	Початкова температура продукту	Температура повітря в камері	Швидкість руху повітря	Товщина продукту, м
1	Яловичина	180	Циліндр	25	0	3,0	0,20
2	Телятина	150	Пластина	27	0	2,8	0,17
3	Свинина	120	Куля	26	2	2,5	0,15
4	Птах	200	Циліндр	23	0	2,7	0,10
5	Тріску	170	Пластина	7	-1	3,0	0,10
6	Судак	200	Пластина	8	-2	2,9	0,15
7	Лящ	250	Пластина	8	-1,5	2,7	0,20
8	Яловичина	320	Циліндр	20	1	2,9	0,20
9	Свинина	370	Пластина	21	0	2,6	0,16
10	Птах	250	Циліндр	22	0	2,8	0,10

## Тема 8. Розрахунок зони випарювання.

План заняття:

1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:

- 1 Загальна характеристика процесу випарювання
  - 2 Фізико-хімічна сутність процесу випарювання
  - 3 Деякі властивості водно-сольових розчинів. Температурні втрати і температура кипіння водно-сольових розчинів
  4. Класифікація випарних апаратів.
  5. Що таке вторинна пара? Що таке екстра-пара?
  6. Що таке корисна різниця температур?
2. Опитування.
  3. Розв'язання практичних задач.

**Задача:** Визначити площу поверхні нагріву гріючих камер двокорпусної випарної установки.

Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 7.

## Дані для розрахунку

Номер розрахункового варіанта	$P_0$ , кгс/см <sup>2</sup>	$G_{\text{поч}}$ , т/год	Номер розрахункового варіанта	$K_1$	$K_2$
1.	0,3	10	1.	1000	900
2.	0,4	9	2.	1100	1000
3.	0,5	8	3.	1200	1100
4.	0,6	7	4.	1300	1200
5.	0,7	6	5.	1400	1300
6.	0,55	15	6.	1500	1400
7.	0,65	14	7.	1600	1500
8.	0,45	13	8.	1650	1550
9.	0,35	12	9.	1250	1150
10.	0,25	11	10.	1350	1250

**Тема 9. Використання кріогенних технологій в промисловості. Розділення газових сумішей та одержання кріорідин.**

План заняття:

*1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:*

1. Кріогеніка. Розвиток кріогенної технології.
2. Кріогенні продукти, їх властивості.
3. особливості низькотемпературної області. Деякі поняття і визначення.
4. Системи зрідження газів.
5. Зберігання кріопродуктів.
2. *Опитування.*
3. *Розв'язання практичних задач.*

**Задача:** Визначити сумарний парціальний тиск газів та знайти початковий тиск кріоконденсаційного насосу.

Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 8.

Таблиця 8

## Дані для розрахунку

Номер розрахункового варіанта	Молярні концентрації не конденсуючих газів у повітрі			Температура кріоповітря
	Неон	Гелій	Водень	
1.	$1,82 \cdot 10^{-3}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	20
2.	$1,81 \cdot 10^{-3}$	$5,22 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-5}$	21
3.	$1,83 \cdot 10^{-3}$	$5,21 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	22
4.	$1,84 \cdot 10^{-3}$	$5,23 \cdot 10^{-4}$	$5,25 \cdot 10^{-5}$	23
5.	$1,85 \cdot 10^{-3}$	$5,25 \cdot 10^{-4}$	$5,30 \cdot 10^{-5}$	24
6.	$1,82 \cdot 10^{-3}$	$5,25 \cdot 10^{-4}$	$5,05 \cdot 10^{-5}$	25
7.	$1,81 \cdot 10^{-3}$	$5,21 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	20

8.	$1,83 \cdot 10^{-3}$	$5,23 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	21
9.	$1,84 \cdot 10^{-3}$	$5,24 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-5}$	22
10.	$1,85 \cdot 10^{-3}$	$5,21 \cdot 10^{-4}$	$5,10 \cdot 10^{-5}$	23

## Тема 10. Використання кріогенних технологій в харчовій промисловості.

План заняття:

*1. Обговорення основних положень теми та питань самостійного вивчення:*

1. Кріогенне охолодження та заморожування за допомогою CO<sub>2</sub>.
2. Мікрокріогенні системи охолодження, їхні характерні риси.
3. Дросельні мікрокріогенні системи на сумішах речовин.
2. *Опитування.*
3. *Розв'язання практичних задач.*

**Задача:** Знайти об'єм рідкого азоту, необхідного для заморожування продукту.

Числові значення вихідних даних для розрахунку наведені в таблиці 9.

Таблиця 9

Дані для розрахунку

Номер розрахункового варіанта	Маса продукту, що заморожується, т	Початкова температура, °С	Питома вага рідкого азоту, кг/м <sup>3</sup>	Теплота кипіння азоту, кДж/кг	Температура кипіння рідкого азоту, К	Вологість продукту, %	Теплота замерзання води, кДж/кг
1.	1	20	807,8	197,6	78	70	3400
2.	0,9	19			77,9	60	
3.	0,8	18			77,8	50	
4.	0,7	17			77,7	70	
5.	0,6	16			77,6	60	
6.	0,5	15			77,5	50	
7.	0,4	20			77,4	70	
8.	0,3	19			78	60	
9.	0,2	18			77,9	50	
10.	0,1	17			77,8	70	

**ЧАСТИНА 3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ОРГАНІЗАЦІЇ СА-  
МОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**



# ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОДЕРЖАННЯ ХОЛОДУ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.

**Тема 1. Загальні відомості про моделювання робочих процесів холодильних машин.**

**Методи контролю:** розв'язання задач, тестування, усне опитування.

**Завдання для самостійної роботи:**

*1.1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.*

*1.2. Самостійно опрацюйте питання.*

1. У зворотному циклі здійснюється перенос тепла від ...
2. Яке математичне вираження холодильного коефіцієнта?
3. Робочі процеси стиску і розширення в машинах.
4. Зворотній цикл Карно. Його побудова на діаграмі T-s.
5. Діаграма P-I(h). Побудова теоретичного циклу ПКХМ на діаграмі.
6. Побудова дійсного циклу на діаграмах P-I(h) та T-s.
7. Схема та цикл на діаграмі T-s газової холодильної машини з регенерацією

*1.3. Розв'яжіть тестові завдання.*

**Кількість теплоти, яка потрібна для перетворення 1 кг рідини в пару, називається**

- A. питомою теплотою кипіння
- B. питомою теплотою пароутворення
- C. питомою ентальпією
- D. питомою ентропією

**Холодильні машини працюють за термодинамічним**

- A. зворотним циклом
- B. циклом Карно
- C. прямим циклом
- D. циклом Ренкіна

**Коефіцієнт корисної дії циклу Карно не залежить від властивостей робочого тіла, а тільки від \_\_\_\_\_ гарячого і холодного тіла**

- A. теплоємності
- B. теплопровідності
- C. температури
- D. ентальпії

**Параметри, від відношення яких залежить значення к.к.д. циклу Карно**

- A. парціальні тиски
- B. густина

- C. абсолютні температури
- D. питомі об'єми

**Величину, яка показує, скільки теплоти відбирається від холодного тіла в зворотному циклі на одиницю затраченої роботи, називають**

- A. холодильним к.к.д.
- B. ефективним к.к.д.
- C. термічним к.к.д.
- D. номінальним к.к.д.

**Термічний коефіцієнт корисної дії довільного прямого циклу визначається за формулою**

- A.  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
- B.  $\eta = 1 - \frac{q_2}{q_1}$
- C.  $\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}$
- D.  $\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^n}$

**За допомогою якого із цих рівнянь визначається ефективність холодильних машин**

- A.  $\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$
- B.  $\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1}$
- C.  $\varepsilon = 1 - \frac{q_2}{l_k}$
- D.  $\varepsilon = 1 - \frac{q_1}{k}$

**Координати, в яких площа діаграми буде в масштабі виражати роботу**

- A. температура – ентропія (T – s)
- B. ентальпія – ентропія (h – s)
- C. тиск – питомий об'єм (p – v)
- D. ентальпія – вологовміст (h – d)

### **Список рекомендованої літератури**

#### **Основна**

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.

2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня

«Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

### **Допоміжна**

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

## **Тема 2. Основні способи отримання низьких та наднизьких температур.**

**Методи контролю:** розв'язання задач, тестування, усне опитування.

### **Завдання для самостійної роботи:**

*1.1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.*

*1.2. Самостійно опрацюйте питання.*

1. Методи одержування низьких температур: розширення з виробництвом зовнішньої роботи.

2. Методи одержування низьких температур: розширення без виробництвом зовнішньої роботи.

3. Методи одержування низьких температур: дроселювання

*1.3. Розв'яжіть тестові завдання.*

## **Процес розширення з виробленням зовнішньої роботи як метод отримання низьких температур використовують**

- A. в кріогенній техніці
- B. в техніці низьких температур
- C. в побутовій холодильній техніці
- D. в промисловості на рівні температур: від -170 до -50°C

## **Процес кипіння рідини при зниженому тиску як метод отримання холоду, використовують**

- A. в кріогенній техніці
- B. в техніці низьких температур
- C. в техніці помірного холоду малої продуктивності
- D. в промисловості на рівні температур: від -120 до -50°C

**Коефіцієнт перетворення COP циклу Карно має математичний вигляд**

$COP = \frac{T_{гор} + T_{хол}}{T_{гор}}$ . Про яку машину йдеться

- A. холодильну
- B. теплофікаційну
- C. тепловий насос
- D. теплову

**Різницю температур перегрітої пари і температури насичення  $t_n$  називають**

- A. мірою перегрівання
- B. мірою сухості
- C. мірою вологості
- D. мірою температури

**Криву на діаграмах водяної пари, яка характеризує стан рідини, нагрітої до температури насичення  $t_n$ , називають кривою**

- A. верхньою граничною  $x=1$
- B. нижньою граничною  $x=0$
- C. середньою
- D. верхньою граничною  $x=0,5$

**У парокompресійній холодильній машині дроселювання холодоагента здійснюється з метою**

- A. зниження тиску
- B. підвищення температури
- C. підвищення температури і тиску
- D. підвищення тиску

### **Список рекомендованої літератури**

#### **Основна**

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.

2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне

машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

### **Допоміжна**

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

### **Тема 3. Загальні положення, щодо роботи теплообмінних апаратів.**

**Методи контролю:** розв'язання задач, тестування, усне опитування.

#### **Завдання для самостійної роботи:**

*1.1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.*

*1.2. Самостійно опрацюйте питання.*

1. Що таке теплообмінний апарат?
2. Перелічити типи теплообмінного встаткування за їх принципом дії.
3. Перелічити типи теплообмінного встаткування за схемою руху теплоносіїв.

*1.3. Розв'яжіть тестові завдання.*

#### **Процес, який відбувається з холодильним агентом у горизонтальному кожухотрубному конденсаторі**

- А. охолодження
- В. конденсація
- С. охолодження й конденсація
- Д. охолодження, конденсація й переохолодження

#### **В горизонтальному кожухотрубному конденсаторі з водою відбувається**

- А. охолодження в межтрубному просторі
- В. підігрів у межтрубному просторі
- С. підігрів у трубах
- Д. кипіння в межтрубному просторі

#### **У звичайному кожухотрубному випарнику відбувається з холодильним агентом**

- А. нагрівання
- В. нагрівання й кипіння
- С. кипіння
- Д. кипіння й перегрів пари

#### **У звичайному кожухотрубному випарнику відбувається з холодоносієм**

- А. охолодження в межтрубному просторі
- В. підігрів у межтрубному просторі
- С. охолодження в трубах

D. підігрів у трубах

**Укажіть галузь використання кожухотрубних випарників із внутрішньотрубним кипінням холодильного агенту**

- A. установки комфортного кондиціонування повітря
- B. установки для одержання крижаної води
- C. аміачні низькотемпературні установки
- D. фреонові низькотемпературні установки

**Теплообмінник у холодильній машині призначений**

- A. для перегріву пари
- B. для переохолодження рідини
- C. для перегріву пари й переохолодження рідини
- D. для охолодження пари й нагрівання рідини

**Рекуперативні теплообмінники - це**

- A. теплообмінні апарати, в яких передача теплоти між двома рідинами здійснюється через стінку
- B. теплообмінні апарати, в яких обмін теплотою здійснюється при змішуванні гарячої та холодної рідин
- C. теплообмінні апарати, в яких одна і та ж поверхня нагріву омивається то гарячою, то холодною рідиною
- D. теплообмінні апарати, в яких обмін теплотою здійснюється при змішуванні гарячого і холодного повітря

### **Список рекомендованої літератури**

#### **Основна**

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.

2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

## **Допоміжна**

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

### **Тема 4. Властивості технічних матеріалів при низьких температурах.**

**Методи контролю:** розв'язання задач, тестування, усне опитування.

#### **Завдання для самостійної роботи:**

*1.1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.*

*1.2. Самостійно опрацюйте питання.*

1. Границя плинності.
2. Границя міцності.
3. Границя стомлюваності.
4. Пластичність (ударна в'язкість).
5. Значення модуля Юнга.

*1.3. Розв'яжіть тестові завдання.*

#### **До механічних властивостей матеріалів відносяться**

- A. міцність на розтяг, стиск, згин і кручення
- B. крихкість і твердість
- C. питома теплоємність, температура плавлення і теплопровідність
- D. пружність, еластичність, пластичність і в'язкість

#### **Властивості, що має тіло, яке здатне повністю відновлювати свою форму і розміри після припинення дії зовнішніх сил, що викликали його деформацію**

- A. еластичність
- B. міцність
- C. пластичність
- D. пружність

#### **У наслідок втоми матеріалу виникає**

- A. збільшення сили зчеплення деформованого матеріалу при зсуві елементів кристалічної решітки
- B. зменшення ваги матеріалу без зміна форми поверхонь, що труться
- C. зміна форми поверхонь матеріалів, що деформуються і зменшення ваги матеріалу
- D. зміна форми поверхонь матеріалів, що деформуються і збільшення ваги матеріалу

#### **Величина, яка використовується для характеристики деформації розтягу**

- A. абсолютне видовження

- В. густина
- С. в'язкість
- Д. коефіцієнт поверхневого натягу

**Межу пружності матеріалу характеризує**

- А. міцність
- В. пластичність
- С. пружність
- Д. твердість

**Межею пропорційності називається**

- А. механічна напруга при якій матеріал тече
- В. механічна напруга вище від якої матеріал вже не підлягає закону Гука
- С. механічна напруга при якій матеріал не зазнає залишкових деформацій
- Д. механічна напруга при якій матеріал руйнується

**Механічна напруга і сила, яка викликає деформацію, пов'язані між собою**

- А. механічна напруга дорівнює добутку сили на площу поперечного перерізу зразка, який зазнає деформації розтягу
- В. механічна напруга дорівнює добутку сили на відносне видовження зразка, який зазнає деформації розтягу
- С. механічна напруга прямо пропорційна силі і обернено пропорційна відносному видовженню зразка
- Д. механічна напруга прямо пропорційна силі і обернено пропорційна площі поперечного перерізу зразка, який зазнає деформації розтягу

**Напруга при якій зразок подовжується без збільшення навантаження називається**

- А. границею пружності
- В. границею пропорційності
- С. границею міцності
- Д. границею текучості

**Список рекомендованої літератури**

**Основна**

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.
2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.



3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

#### **Допоміжна**

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ПРОЦЕСИ ТЕПЛООБМІНУ, КОНДЕНСАЦІЇ ТА ВИПАРЮВАННЯ В ХОЛОДИЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ. ОСНОВИ КРИГЕННОЇ ТЕХНІКИ.**

**Тема 5. Оцінка балансів теплообмінної апаратури холодильних машин.**

**Методи контролю:** розв'язання задач, тестування, усне опитування.

**Завдання для самостійної роботи:**

*1.1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.*

*1.2. Самостійно опрацюйте питання.*

1. Теплові розрахунки теплообмінних апаратів.

2. Теплообмін, гідродинаміка і пароутворення в теплообмінних поверхнях.

*1.3. Розв'яжіть тестові завдання.*

**Коефіцієнт теплопередачі ( $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ) аміачного кожухотрубного випарника для охолодження розсолу дорівнює**

- A. 3...5
- B. 20...40
- C. 100...200
- D. 400...600

**Коефіцієнт теплопередачі ( $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ) камерної ребреної батареї дорівнює**

- A. 3...5
- B. 20...40
- C. 100...200
- D. 800...1000

**Коефіцієнт теплопередачі ( $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ) камерного повітроохолоджувача дорівнює**

- A. 3...5
- B. 15...30
- C. 100...200
- D. 400...600

**Визначити значення коефіцієнта теплопровідності ( $\text{Вт}/(\text{м К})$ ), що відповідає теплоізоляційним матеріалам високої ефективності**

- A. 0,01
- B. 0,04
- C. 0,1
- D. 0,4

**Визначити значення коефіцієнта теплопровідності ( Вт / (м К)), що відповідає теплоізоляційним матеріалам середньої ефективності**

- A. 0,1
- B. 0,2
- C. 0,4
- D. 1,0

**Визначити значення коефіцієнта теплопровідності ( Вт / (м К)), що відповідає теплоізоляційним матеріалам низької ефективності**

- A. 0,1
- B. 0,2
- C. 0,4
- D. 1,0

**Знайти кількість тепла, що передається крізь плоску стінку товщиною 100 мм, висотою 3 м і шириною 5 м, якщо температура на її поверхнях складає 20 °С і – 15 °С;  $\lambda = 1$  Вт/(м · град)**

- A. 4 - 6 кВт
- B. 6 - 8 кВт
- C. 10 - 12 кВт
- D. 13 - 15 кВт

### **Список рекомендованої літератури**

#### **Основна**

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.

2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

#### **Допоміжна**

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

## Тема 6. Розрахунок температурного перепаду в повітряохолоднику морозильного апарату.

**Методи контролю:** розв'язання задач, тестування, усне опитування.

### Завдання для самостійної роботи:

1.1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.

1.2. Самостійно опрацюйте питання.

1. Температурний режим, місце використання, вид обладнання, об'єм, місце розташування холодильного агрегату.

1.3. Розв'яжіть тестові завдання.

### Принципи, на якому засноване відділення повітря від холодильного агенту у повітровіддільниках

- A. випар холодильного агенту
- B. конденсація холодильного агенту
- C. перегрів холодильного агенту
- D. переохолодження холодильного агенту

### Системи холодозабезпечення не бувають

- A. безнасосні
- B. насосні
- C. із проміжними холодоносіями
- D. з використанням холодильного агенту як холодоносія

### Морозильні апарати, що відносяться до пристроїв періодичної дії

- A. конвеєрні
- B. флюїдизаційні
- C. багатоплиточні
- D. криогенні

### Морозильні апарати, що призначені для інтенсивного заморожування продуктів з невеликими геометричними розмірами

- A. тунельні
- B. конвеєрні
- C. флюїдизаційні
- D. багатоплиточні

«к» у формулі  $\delta_{i3} = (1/k - (1/\alpha_n + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_k)) / \lambda_{i3}$

- A. коефіцієнт теплопередачі ізоляційної конструкції
- B. коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу
- C. коефіцієнт температуропровідності ізоляційного матеріалу
- D. коефіцієнт тепловіддачі із зовнішнього боку ізоляційної конструкції

« $\alpha_n$ » у формулі  $\delta_{із} = (1/k - (1/\alpha_n + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_k)) / \lambda_{із}$

- A. коефіцієнт теплопередачі ізоляційної конструкції
- B. коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу
- C. коефіцієнт температуропровідності ізоляційного матеріалу
- D. коефіцієнт тепловіддачі із зовнішнього боку ізоляційної конструкції

« $\alpha_k$ » у формулі  $\delta_{із} = (1/k - (1/\alpha_n + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_k)) / \lambda_{із}$

- A. коефіцієнт теплопередачі ізоляційної конструкції
- B. коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу
- C. коефіцієнт температуропровідності ізоляційного матеріалу
- D. коефіцієнт тепловіддачі із зовнішнього боку ізоляційної конструкції

« $\lambda_{із}$ » у формулі  $\delta_{із} = (1/k - (1/\alpha_n + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_k)) / \lambda_{із}$

- A. коефіцієнт теплопередачі ізоляційної конструкції
- B. коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу
- C. коефіцієнт температуропровідності ізоляційного матеріалу
- D. коефіцієнт тепловіддачі із зовнішнього боку ізоляційної конструкції

« $\delta_i/\lambda_i$ » у формулі  $\delta_{із} = (1/k - (1/\alpha_n + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_k)) / \lambda_{із}$

- A. опір паропроникності шару теплової ізоляції
- B. опір паропроникності шару пароізоляції
- C. опір паропроникності в будівельних шарах ізоляційної конструкції
- D. термічний опір шару теплової ізоляції

### Список рекомендованої літератури

#### Основна

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.

2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

## Допоміжна

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

### Тема 7. Розрахунок процесів тепло – й – масообміну в ізоляції.

**Методи контролю:** розв'язання задач, тестування, усне опитування.

#### Завдання для самостійної роботи:

*1.1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.*

*1.2. Самостійно опрацюйте питання.*

1. Теплообмін при конденсації пари. Плівкова і крапельна конденсація. Визначення товщини плівки конденсату і локального значення коефіцієнта тепловіддачі. Вплив перегріву і вологості пари. Вплив стану поверхні. Вплив швидкості і напрямку руху пари на коефіцієнт тепловіддачі.

2. Конвективний теплообмін. Вільний і вимушений рух рідини. Товщина граничного шару. Числа і рівняння подібності.

*1.3. Розв'яжіть тестові завдання.*

#### Визначити спосіб, при якому не передається теплота через шар холодильної ізоляції

- A. теплопровідністю по стінках пор
- B. теплопровідністю в обсязі пор
- C. конвекцією й теплопровідністю в обсязі пор
- D. випромінюванням між стінками пор

#### Визначити значення вологи, що є основним джерелом зволоження ізоляції

- A. молекулярна
- B. гігроскопічна
- C. дифузійна
- D. краплинна

#### Обребріння з метою інтенсифікації теплопередачі слід здійснювати, якщо

$$\alpha_1 \ll \alpha_2$$

- A. зі сторони  $\alpha_2$
- B. з обох боків;
- C. залежить від роду рідини;
- D. зі сторони  $\alpha_1$

#### Визначити механізм передачі тепла в металах і їх сплавах

- A. хаотичний рух і зіткнення окремих молекул
- B. негармонічні пружні коливання
- C. рух вільних електронів

D. дифузія молекул

**Охолоджувальна систем у якій робоче тіло надходить в охолоджувальний прилад під різницею тисків конденсації й випару**

- A. насосна з верхньою подачею холодильного агента в охолоджувальні прилади
- B. насосна з нижньою подачею холодильного агента в охолоджувальні прилади
- C. безнасосна прямоточна
- D. безнасосна із самоциркуляцією

**Охолоджувальна систем у якій робоче тіло надходить в охолоджувальний прилад під дією різниці щільностей робочого тіла**

- A. насосна з верхньою подачею холодильного агента в охолоджувальні прилади
- B. насосна з нижньою подачею холодильного агента в охолоджувальні прилади
- C. безнасосна прямоточна
- D. безнасосна із самоциркуляцією

**« G » у формулі  $G = Q_0 / r$  означає**

- A. теплове навантаження охолоджувального приладу
- B. масову кількість холодильного агента, що випарувався, в одиницю часу
- C. об'ємну кількість холодильного агента, що випарувався, в одиницю часу
- D. сховану теплоту випару холодильного агента

**Список рекомендованої літератури**

**Основна**

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.

2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

## Допоміжна

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

### Тема 8. Розрахунок зони випарювання.

**Методи контролю:** розв'язання задач, тестування, усне опитування.

#### Завдання для самостійної роботи:

*1.1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.*

*1.2. Самостійно опрацюйте питання.*

1. Наведіть схему випарної станції. Поясніть як вона працює.
2. Призначення матеріального балансу випарної станції.
3. Як визначається кількість випареної води в кожному корпусі трикорпусної випарної станції?

*1.3. Розв'яжіть тестові завдання.*

**Межі у яких повинна змінюватися кратність циркуляції холодильного агенту в безнасосних прямоточних охолоджувальних системах безпосереднього випару**

- A. 0,3...0,8
- B. 1...1,3
- C. 3...5
- D. 20...40
- E.

**Межі у яких повинна змінюватися кратність циркуляції холодильного агенту в насосних охолоджувальних системах безпосереднього випару з нижньою подачею холодильного агенту в охолоджувальні прилади**

- A. 0,3...0,8
- B. 1...1,3
- C. 3...5
- D. 20...40

**Межі у яких повинна змінюватися кратність циркуляції холодильного агента в насосних охолоджувальних системах безпосереднього випару з верхньою подачею холодильного агенту в охолоджувальні прилади**

- A. 0,3...0,8
- B. 1...1,3
- C. 3...5
- D. 20...40



**« Н » у формулі  $\Delta P_{\text{ц}} = g H (\rho_1 - \rho_2)$  означає**

- A. висота від рівня рідини у віддільнику рідини до місця подачі холодильного агента в охолоджувальний прилад
- B. висота від рівня рідини у віддільнику рідини до місця виходу холодильного агента з охолоджувального приладу
- C. висота від рівня рідини у віддільнику рідини до дна апарата
- D. висота віддільника рідини

**«  $\rho_1$  » у формулі  $\Delta P_{\text{ц}} = g H (\rho_1 - \rho_2)$  означає**

- A. щільність рідкого холодильного агента
- B. питомий обсяг рідкого холодильного агента
- C. щільність парорідинної суміші
- D. питомий обсяг парорідинної суміші

**«  $\rho_2$  » у формулі  $\Delta P_{\text{ц}} = g H (\rho_1 - \rho_2)$  означає**

- A. щільність рідкого холодильного агента
- B. питомий обсяг рідкого холодильного агента
- C. щільність парорідинної суміші
- D. питомий обсяг парорідинної суміші

**Недоліком насосної охолоджувальної системи безпосереднього випару з верхньою подачею холодильного агента не є**

- A. ненадійний розподіл холодоагенту між шлангами батареї
- B. велика продуктивність насосів
- C. велика ємність циркуляційних ресиверів
- D. мала ємність по холодоагенту

### **Список рекомендованої літератури**

#### **Основна**

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.

2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

## Допоміжна

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

**Тема 9. Використання кріогенних технологій в промисловості. Розділення газових сумішей та одержання кріорідин.**

**Методи контролю:** розв'язання задач, тестування, усне опитування.

**Завдання для самостійної роботи:**

*1.1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.*

*1.2. Самостійно опрацюйте питання.*

1. Транспортування кріопродуктів.
2. Процеси при тривалому зберіганні кріопродуктов.
3. Трубопроводи.

*1.3. Розв'яжіть тестові завдання.*

**В універсальних холодильних камерах**

- А. зберігають одночасно різні охолоджені продукти
- В. зберігають одночасно різні заморожені продукти
- С. зберігають одночасно охолоджені й заморожені продукти
- Д. зберігають охолоджені, або заморожені продукти

**Визначити з яких перерахованих вимог, вимоги, що не пред'являють до холодильних камер зберігання**

- А. забезпечити швидку холодильну обробку продуктів, що надійшли в камеру
- В. забезпечити підтримування якісних характеристик збережених продуктів
- С. забезпечити мінімальні втрати маси збережених продуктів
- Д. забезпечити збереження товарного вигляду збережених продуктів

**Рівноважна температура холодильної камери зберігання - це середня температура повітря, що самовстановлюється під впливом... ( далі виберіть правильне закінчення формулювання)**

- А. теплових потоків крізь зовнішні огороження
- В....внутрішніх теплових потоків
- С. теплових потоків від збереженого продукту
- Д. теплових потоків при експлуатації камери

**Символ « $k_3$ » у формулі  $t_k = (k_3 F_3 t_3 + \alpha_i F_i t_i + \Sigma Q_{вн}) / (k_3 F_3 + \alpha_i F_i)$  означає**

- А. коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін
- В. коефіцієнт теплопередачі зовнішніх і внутрішніх стін
- С. середньоарифметичний коефіцієнт теплопередачі зовнішніх огорожень камери

D. середньозважений коефіцієнт теплопередачі, віднесений до сумарній площі огорожень камери

**Символ « $F_3$ » у формулі  $t_k = (k_3 F_3 t_3 + \alpha_i F_i t_i + \Sigma Q_{вн}) / (k_3 F_3 + \alpha_i F_i)$  означає**

- A. площа зовнішніх стін камери
- B. площа зовнішніх стін і стелі камери
- C. площа зовнішніх стін, стелі й підлоги камери
- D. площа внутрішніх стін камери

**Символ « $t_3$ » у формулі  $t_k = (k_3 F_3 t_3 + \alpha_i F_i t_i + \Sigma Q_{вн}) / (k_3 F_3 + \alpha_i F_i)$  означає**

- A. розрахункова температура зовнішнього повітря для холодильника
- B. температура повітря біля зовнішніх огорожень холодильника з урахуванням сонячного випромінювання
- C. температура абсолютного максимуму для населеного пункту, у якому знаходиться холодильник
- D. середньозважена температура зовнішнього повітря, віднесена до сумарній площі огорожень камери

**Відсоток кисню, що втримується в повітрі камер із регульованим газовим середовищем**

- A. (0...2)%
- B. (3...11)%
- C. (12...17)%
- D. (19...21)%

**Процес зниження температури продукту від початкової (позитивної) до температури вище початкової кріоскопічної називається**

- A. охолодження
- B. заморожування
- C. підморожування
- D. доморожування

**Процес зниження температури попередньо охолодженого продукту до температури значно нижче початкової кріоскопічної називається**

- A. охолодження
- B. заморожування
- C. підморожування
- D. доморожування

**Процес зниження температури продукту від початкової (позитивної) до температури значно нижче початкової кріоскопічної називається**

- A. охолодження
- B. заморожування
- C. підморожування
- D. доморожування

## Список рекомендованої літератури

### Основна

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.

2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

### Допоміжна

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

### Тема 10. Використання кріогенних технологій в харчовій промисловості.

**Методи контролю:** розв'язання задач, тестування, усне опитування.

#### Завдання для самостійної роботи:

*1.1. Опрацюйте конспект лекцій та рекомендовану літературу для обговорення теоретичних питань теми на практичному занятті.*

*1.2. Самостійно опрацюйте питання.*

1. Одержання наднизьких температур по методу Померанчука.
2. Одержання наднизьких температур у рефрижераторах розчинення.
3. Одержання наднизьких температур методами розмагнічування.

*1.3. Розв'яжіть тестові завдання.*

**Дайте визначення, які з морозильних апаратів відрізняються найменшим енергоспоживанням (у порівнянних умовах)**

- А. тунельні
- В. конвеєрні
- С. гравітаційно-конвеєрні
- Д. багатоплиточні

**Дайте визначення, які з морозильних апаратів відрізняються універсальністю, тобто можливістю заморожування продуктів різної форми и розмірів**

- A. тунельні
- B. конвеєрні
- C. флюїдизаційні
- D. багатоплиточні

**Огородження камер, в яких встановлюють крижані екрани**

- A. біля стелі
- B. біля зовнішніх стін, уздовж яких розташовані батареї
- C. біля зовнішніх стін, вільних від батарей
- D. біля внутрішніх стін

**Камери багатоповерхових холодильників, що використовують крижані вкриття продуктів**

- A. у низькотемпературних камерах верхнього поверху
- B. у низькотемпературних камерах проміжних поверхів
- C. у низькотемпературних камерах першого поверху
- D. у камерах, розташованих у підвалі

**Зміна коефіцієнту теплопровідності харчових продуктів при їхньому заморожуванні**

- A. збільшується до досягнення продуктом криогідратної температури ( $t_{\text{свт}}$ ), а потім залишається незмінним
- B. збільшується до досягнення продуктом  $t_{\text{свт}}$ , а потім зменшується
- C. залишається незмінним
- D. зменшується до досягнення продуктом  $t_{\text{свт}}$ , а потім залишається незмінним

**Зміна коефіцієнту температуровідності харчових продуктів при їхньому заморожуванні**

- A. збільшується до досягнення продуктом криогідратної температури ( $t_{\text{свт}}$ ), а потім залишається незмінним
- B. збільшується до досягнення продуктом  $t_{\text{свт}}$ , а потім зменшується
- C. залишається незмінним
- D. зменшується до досягнення продуктом  $t_{\text{свт}}$ , а потім залишається незмінним

**Зміна ентальпії харчових продуктів при їхньому заморожуванні**

- A. спочатку збільшується, потім зменшується
- B. лінійно зменшується
- C. зменшується по кривій з опуклістю вниз
- D. зменшується по кривій з опуклістю нагору

**Поясніть від чого залежить криоскопічна температура**

- A. від концентрації розчинів у тканинах продукту
- B. від швидкості руху повітря в камері

- С. від відносної вологості повітря, що оточує продукт
- Д. від температури в камері заморожування

### **Список рекомендованої літератури**

#### **Основна**

1. Теоретичні основи холодильної техніки : посібник до практичних і лабораторних занять та самостійної роботи, частина 2 / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 62 с.

2. Теплотехнологічні процеси та установки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до практичних занять для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 144 «Теплоенергетика», та спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. В. П. Петренко. – Київ : НУХТ, 2016. – 76 с.

3. Теоретичні основи холодильної техніки [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до вивчення дисципліни та виконання контрольної роботи для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» денної та заочної форм навчання / уклад. А. В. Форсюк. – Київ : НУХТ, 2016. – 33 с.

#### **Допоміжна**

1. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посіб. / М. М. Масліков. – К.: НУХТ, 2010. – 178 с.

Навчальне видання

*Хорольський В.П., Заїкіна Дар'я Павлівна*

Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

**«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ»**

Формат 60×84/8. Ум. др. арк. 2.

Донецький національний університет  
економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського  
50042, Дніпропетровська обл.,  
м. Кривий Ріг, вул. Курчатова, 13.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої  
справи ДК № 4929 від 07.07.2015 р.