



**Тітлов, О. С.** Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості [Текст] : навч. посіб. / Тітлов Олександр Сергійович, Горикін Сергій Федорович. - Львів : «Новий Світ-2000», 2012. - 286 с. : табл., рис. - (Вища освіта в Україні). - Бібліогр.: с. 219. - ISBN 978-966-418-167-6.

У пропонованому підручнику розглянуто цикли, схеми і конструкції холодильних машин і установок, які використовуються при низькотемпературній обробці і зберіганні харчових продуктів і сировини, в об'ємі необхідному для інженера-механіка харчової промисловості. Детально розглянуті питання практичного використання штучного холоду в інженерній практиці. Наведені останні

досягнення в області екологічної безпеки систем холодильної техніки. Розглянуті міжнародні зобов'язання України стосовно використання тільки екологічно чистих робочих речовин (Монреальський та Кіотський протоколи МІХ) і пов'язаних з цим вимушених замін холодильного обладнання. В посібнику розглянуті конструкції і систематизовані нові розробки вітчизняних і зарубіжних фахівців в техніці заморожування харчових продуктів рослинного та тваринного походження (лінії «шокового» заморожування, апарати для заморожування в рідинному азоті та ін.).

Посібник призначений для використання в навчальному процесі під час підготовки бакалаврів кваліфікації інженер-механік переробних і харчових виробництв, а також може бути корисним магістрам, аспірантам, науковим співробітникам і широкому колу спеціалістів, які займаються питаннями переробки і зберігання харчових продуктів.

## ВСТУП

**Холодильне обладнання** це сукупність взаємозв'язаних технічних засобів, призначених для створення, розподілу і використання штучного холоду. При цьому слід розрізняти безпосередньо холодильні системи і холодильне технологічне обладнання.

Холодильні системи - це комплекс холодильного обладнання (один або декілька компресорів, конденсатор і в, різного роду випарників, ресиверів і ін ), в якому циркулює холодильний агент, безпосередньо відтворюючий штучний холод. Такі комплекси називають холодильними машинами. З декількох типів холодильних машин, які принципово відрізняються один від одного, в харчовій промисловості використовують виключно парові компресорні холодильні машини.

Холодильне технологічне обладнання призначене для охолодження, заморожування і холодильного зберігання швидкопсувних харчових продуктів (ШХП). За характером дії на ШХП розрізняють холодильне технологічне

обладнання для охолодження і для заморожування продуктів. Охолодження (пониження температури не нижче криоскопічної), як правило, здійснюється в камерах охолодження (окрім рідких ШХП). Заморожування (пониження температури значно нижче криоскопічної) може здійснюватися або в камерах заморожування (камерних морозилках), або в спеціальних пристроях - швидко-морозильних апаратах.

Навчальний посібник, що пропонується, у жодному випадку не повинен розглядатися студентами як єдине джерело інформації. У ньому автори лише систематизували матеріал з різних підручників, спробували освітити основні тенденції розвитку і останні досягнення холодильної науки і техніки і можливість їх практичного використання на підприємствах харчової промисловості.

У Додатках, крім довідкових матеріалів, необхідних для розрахунку і вибору холодильного обладнання, включений перелік тем, винесених на самостійну роботу, і питання, які використовуються при тестуванні студентів.

Наприкінці наводиться перелік літератури, яка може знадобитися студентам при вивченні курсу, виконанні розрахунково-графічного завдання (РГЗ), завдань на самостійну роботу і успішному складанні модульних завдань.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ І ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ОТРИМАННЯ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР</b> .....	7
1.1. Галузі застосування штучного холоду.....	7
1.2. Фізичні принципи отримання низьких температур.....	9
Питання для самоконтролю.....	13
<b>РОЗДІЛ 2. ТЕРМОДИНАМІЧНІ ОСНОВИ ШТУЧНОГО ОХОЛОДЖУВАННЯ</b> .....	14
2.1. Принцип роботи холодильної машини.....	14
2.2. Робочі речовини холодильних машин.....	17
2.2.1. Вимоги, які ставляться до холодильних агентів.....	18
2.2.2. Класифікація, властивості і області застосування холодильних агентів.....	20
<b>РОЗДІЛ 3. ЦИКЛИ І СХЕМИ КОМПРЕСОРНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН</b> .....	26
3.1. Цикли і схеми газових холодильних машин.....	26
3.2. Цикли і схеми парових компресорних одноступінчатих холодильних машин.....	32
3.2.1. Цикл в області вологої пари з детандером.....	32
Заміна детандера дросельним вентилем.....	33
Стиснення в області перегрітої пари.....	35
3.2.2. Принципова схема і цикл аміачної холодильної машини з віддільником рідини.....	36

3.2.3. Принципова схема і цикл фреонової холодильної машини з РТО.....	38
3.3. Цикли і схеми холодильних машин з багатоступінчатим стисненням.....	43
3.3.1. Цикли і схеми двоступінчатих холодильних машин.....	43
3.4. Низькотемпературна холодильна машина на базі гвинтового компресора.....	49
3.5. Принципова схема і цикл двокаскадної холодильної машини.....	51
<b>РОЗДІЛ 4. КОМПРЕСОРИ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН.....</b>	<b>55</b>
4.1. Класифікація і маркірування компресорів.....	55
4.2. Конструкції поршневих компресорів.....	57
4.3. Об'ємні і енергетичні втрати в компресорі.....	67
4.4. Холодопродуктивність компресора.....	72
4.5. Інші типи компресорів сучасних холодильних машин.....	77
<b>РОЗДІЛ 5. ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН.....</b>	<b>87</b>
5.1. Конденсатори.....	87
5.1.1. Тентовий розрахунок і підбір конденсаторів.....	95
5.2. Випарники.....	98
5.2.1. Розрахунок і підбір випарників.....	103
<b>РОЗДІЛ 6. ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН.....</b>	<b>105</b>
6.1. Аміачні холодильні машини.....	105
6.2. Фреонові холодильні машини.....	115
<b>РОЗДІЛ 7. КІП І АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН.....</b>	<b>118</b>
7.1. Класифікація і маркірування холодильних машин і агрегатів.....	126
<b>РОЗДІЛ 8. ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧІ ХОЛОДИЛЬНІ МАШИНИ.....</b>	<b>130</b>
8.1. Пароелектричні холодильні машини (ПЕХМ).....	130
8.2. Абсорбційні холодильні машини (АХМ).....	135
<b>РОЗДІЛ 9. ХОЛОДИЛЬНИКИ. КЛАСИФІКАЦІЯ, БУДОВА І ПЛАНУВАННЯ.....</b>	<b>142</b>
9.1. Будова і планування холодильників.....	143
9.2. Тепло- і гідроізоляція холодильників.....	146
<b>РОЗДІЛ 10. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКІВ.....</b>	<b>152</b>
10.1. Визначення будівельної площі холодильника і вибір його плану.....	152
10.2. Розрахунок теплоприпливів в камери холодильника.....	154
<b>РОЗДІЛ 11. СИСТЕМИ ОХОЛОДЖУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКІВ (СОХ).....</b>	<b>159</b>
11.1. Безнасосні системи з безпосереднім кипінням холодильного агента.....	159
11.2. Насосно-циркуляційні системи охолодження.....	162
11.3. Системи з проміжним холодоносієм (розсолні СОХ).....	163

11.4. Камерні прилади охолодження, їх конструкції і методика підбору.....	165
<b>РОЗДІЛ 12. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.....</b>	<b>170</b>
12.1. Камери охолодження.....	170
12.2. Обладнання для охолодження риби і рідких харчових продуктів.....	174
<b>РОЗДІЛ 13. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ В ПОВІТРІ.....</b>	<b>179</b>
13.1. Класифікація і будова камерних морозилок.....	180
13.2. Повітряні морозильні апарати.....	181
13.2.1. Морозильні апарати візкового типу.....	183
13.2.2. Конвеєрні морозильні апарати.....	186
3.2.1. Флюїдизаційні морозильні апарати .....	194
<b>РОЗДІЛ 14. СУЧАСНІ АПАРАТИ ІНТЕНСИВНОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ.....</b>	<b>201</b>
14.1. Апарати безконтактного заморожування.....	201
14.2. Апарати контактного заморожування харчових продуктів.....	212
<b>ЛІТЕРАТУРА.....</b>	<b>219</b>
<b>ДОДАТОК А. ТЕРМОДИНАМІЧНІ ДІАГРАМИ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ.....</b>	<b>220</b>
<b>ДОДАТОК Б.....</b>	<b>229</b>
<b>КОМПРЕСОРИ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН.....</b>	<b>229</b>
<b>ДОДАТОК В. ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН.....</b>	<b>233</b>
<b>ДОДАТОК Г. САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ.....</b>	<b>236</b>
<b>ДОДАТОК Д. ТЕСТИ.....</b>	<b>248</b>
<b>ДОДАТОК Е. РОЗРАХУНОК КАМЕРНОЇ МОРОЗИЛКИ З ІНТЕНСИВНИМ РУХОМ ПОВІТРЯ.....</b>	<b>274</b>