

Серія «Вища освіта в Україні»

О. С. Тітлов, С.Ф. Горикін

ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Львів
«Новий Світ - 2000»
2020

ББК 3 392: 36.81-5
УДК 621.56:664.013
Т 45

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Лист № 1/11-5570 від 04.07.11 р.)*

Рецензенти:

О.К. Гладушняк – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри технологічного обладнання харчових підприємств Одеської національної академії харчових технологій;

О.В. Дорошенко – д-р техн. наук, проф., професор кафедри технічної термодинаміки Одеської державної академії холоду;

М.І. Радченко – д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри кондиціонування та рефрижерації Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова.

Т 45 О.С. Тітлов, С.Ф. Горикін

Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості:
Навчальний посібник – Львів: Новий Світ - 2000, 2020. – 286[2] с.

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.

ISBN 978-966-418-167-6

© О.С. Тітлов, С.Ф. Горикін, 2020
© “Новий Світ-2000”, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗІЛ 1. ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ І ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ОТРИМАННЯ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР	7
1.1. Галузі застосування штучного холоду.....	7
1.2. Фізичні принципи отримання низьких температур	9
Питання для самоконтролю	13
РОЗДІЛ 2. ТЕРМОДИНАМІЧНІ ОСНОВИ ШТУЧНОГО ОХОЛОДЖУВАННЯ	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
РОЗДІЛ 3. ЦИКЛИ І СХЕМИ КОМПРЕСОРНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН	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
РОЗДІЛ 4. КОМПРЕСОРИ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН	55
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
РОЗДІЛ 5. ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ ХОЛОДИЛЬНИХ	
МАШИН.....	87
5.1. Конденсатори	87
5.1.1. Тепловий розрахунок і підбір конденсаторів.....	95
5.2. Випарники	98
5.2.1. Розрахунок і підбір випарників.....	103
РОЗДІЛ 6. ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ ХОЛОДИЛЬНИХ	
МАШИН.....	105
6.1. Аміачні холодильні машини	105
6.2. Фреонові холодильні машини	115
РОЗДІЛ 7. КІП І АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИХ	
МАШИН.....	118
7.1. Класифікація і маркірування холодильних машин і агрегатів	126
РОЗДІЛ 8. ТЕПЛОВИКОРИСТОВУЮЧІ ХОЛОДИЛЬНІ	
МАШИНИ.....	130
8.1. Пароелектричні холодильні машини (ПЕХМ)	130
8.2. Абсорбційні холодильні машини (АХМ).....	135
РОЗДІЛ 9. ХОЛОДИЛЬНИКИ. КЛАСИФІКАЦІЯ, БУДОВА І	
ПЛАНУВАННЯ.....	142
9.1. Будова і планування холодильників	143
9.2. Тепло- і гідроізоляція холодильників	146
РОЗДІЛ 10. ОСНОВИ ПРОЕКТУВАННЯ	
ХОЛОДИЛЬНИКІВ.....	152
10.1. Визначення будівельної площі холодильника і вибір його плану.....	152
10.2. Розрахунок теплоприпливів в камери холодильника	154
РОЗДІЛ 11. СИСТЕМИ ОХОЛОДЖУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНИКІВ (СОХ).....	159
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
РОЗДІЛ 12. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОХОЛОДЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ.....	170
12.1. Камери охолодження	170
12.2. Обладнання для охолодження риби і рідких харчових продуктів.....	174
РОЗДІЛ 13. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ В ПОВІТРІ	179
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
13.2.3. Флюїдизаційні морозильні апарати	194
РОЗДІЛ 14. СУЧАСНІ АПАРАТИ ІНТЕНСИВНОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ.....	201
14.1. Апарати безконтактного заморожування	201
14.2. Апарати контактного заморожування харчових продуктів.....	212
ЛІТЕРАТУРА.....	219
ДОДАТОК А. ТЕРМОДИНАМІЧНІ ДІАГРАМИ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ	220
ДОДАТОК Б.....	229
КОМПРЕСОРИ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН.....	229
ДОДАТОК В.	
ТЕПЛООБМІННІ АПАРАТИ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН	233
ДОДАТОК Г.	
САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ.....	236
ДОДАТОК Д.	
ТЕСТИ.....	248
ДОДАТОК Е.	
РОЗРАХУНОК КАМЕРНОЇ МОРОЗИЛКИ З ІНТЕНСИВНИМ РУХОМ ПОВІТРЯ	274

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, конденсаторів, 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 – швидкоморозильних 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 Додатки, 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.



РОЗДІЛ 1

ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ І ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ ОТРИМАННЯ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

План (логіка) викладу і засвоєння матеріалу

- 1.1. Галузі застосування штучного холоду.
- 1.2. Фізичні принципи отримання низьких температур.

1.1. Галузі застосування штучного холоду

Штучний (машинний) холод широко застосовується в народному господарстві. З його допомогою виявилось можливим досить просто і ефективно регулювати швидкість різних хімічних процесів, сприяти найбільш ефективному їх протіканню.

У **харчовій промисловості** штучний холод, перш за все, використовується як прекрасний консервант ШХП. На чому ж заснована дія холоду на ШХП? На двох чинниках.

По-перше, в умовах низьких температур сповільнюється швидкість хімічних реакцій деградації цінних поживних речовин в ШХП і тим самим сповільнюється їх “біохімічне псування”.

По-друге, низькі температури уповільнюють (а іноді і зовсім припиняють) життєву активність мікроорганізмів, тобто запобігають “мікробіальному” псуванню ШХП.

З тих часів, як людство усвідомило, що холодильне зберігання ШХП є найбільш ефективним способом збереження їх високих харчових якостей (а це кінець минулого – початок нинішнього століття), у всіх індустріально розвинених країнах почалося інтенсивне будівництво спеціалізованих підприємств – холодильників, призначених для накопичення у великих масштабах і тривалого зберігання запасів ШХП.

Продукція в камерах таких холодильників може зберігатися в охолодженому, або замороженому стані. Охолодження ШХП – це зниження температури не нижче криоскопічної (зазвичай до 0...4 °С). Заморожування – значніше зниження температур, істотно нижче криоскопічної (в даний час це мінус 18 ... мінус 25 °С).

Проте невірно думати, що штучний холод в харчовій промисловості використовується тільки для збільшення термінів зберігання ШХП. В даний час холод – могутній чинник технологічної дії на ШХП. Відомо, що за допомогою штучного холоду вдається, наприклад, успішно “освітлювати” соки і вина, проводити високоякісне “дозрівання” м'яса і сирів, сушити зерно, очищати від шкірки ядра гречки і ін.