

**Министерство образования и науки Республики Казахстан**  
**Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова**  
**Кафедра технологии переработки и стандартизации**

**Щербаков А.М.**

**Холодильная техника и технология  
при производстве консервов и  
пищеконцентратов**

**Учебно-методический комплекс дисциплины для  
студентов специальности**

**5В072700 – Технология  
продовольственных продуктов**

**Костанай, 2013**

ББК 20.1  
Щ 61

**Составитель:**

Щербаков Александр Михайлович, канд. техн. наук, ст. преподаватель  
кафедры технологии переработки и стандартизации

**Рецензенты:**

Нурушев С.З., канд. техн. наук, зав. кафедрой технического сервиса  
Гайдай И.И., к.с.-х.н., доцент КИНЭУ

Щербаков А.М.

Щ 61. Холодильная техника и технология при производстве консервов и  
пищеконцентратов Учебно-методический комплекс дисциплины для  
студента.-Костанай: КГУ им. А.Байтурсынова, 2013.- 39 с.

В учебно-методический комплекс дисциплины включены рабочая  
учебная программа дисциплины для студентов (силлабус), тезисы лекций,  
планы практических работ, задания на СРС, контрольные вопросы.  
Предназначен для студентов, обучающихся по специальности 5В072700-  
Технология продовольственных продуктов

ББК 20.1

Утвержден Методическим советом Аграрно-биологического  
факультета, протокол от . .201 №

©Костанайский государственный  
университет им. А.Байтурсынова

## Содержание

1 Данные о дисциплине	3
2 Пререквизиты дисциплины	4
3 Постреквизиты дисциплины	4
4 Краткое описание дисциплины	4
5 Цели и задачи дисциплины	4
6 Самостоятельная работа студентов	6
6.1 График выполнения и сдачи заданий СРСП	6
6.2 Сдача заданий СРС	6
6.3 Темы докладов, рефератов	7
7 Вопросы рубежных контролей	8
8 Экзаменационные вопросы	8
9 Список рекомендованной литературы	8
10 Информация по оценке знаний	9
11 Политика и процедуры изучения курса	10
12 Распределение баллов по видам и формам контроля	11
<b>Тезисы лекций</b>	12
Тема 1: Структурные компоненты продуктов, изменение их свойств	12
Тема 2: Льдообразование в тканевых системах.	18
Тема 3: Основные свойства холодильных агентов	23
Тема 4: Компрессорно-конденсаторные агрегаты	27
Тема 5: Теплообмен в испарителях и конденсаторах	31
<b>Планы практических занятий</b>	35

## **1 Данные о дисциплине**

Код, название дисциплины: **НТТРКР 3224** Холодильная техника и технология при производстве консервов и пищевых концентратов

Количество кредитов: 3.

Форма обучения: заочная по основной образовательной программе.

Курс 3, семестр 6.

Время и место проведения занятий: занятия проводятся согласно расписанию во 2 корпусе.

Консультационные часы: согласно расписанию СРСП и графику консультаций на кафедре.

## **2 Пререквизиты дисциплины**

Для освоения этой дисциплины необходимы знания, умения и навыки, полученные при изучении: физика, химия, товароведение продовольственных продуктов, оборудование производства продовольственных продуктов, технология отраслей продовольственных продуктов.

## **3 Постреквизиты дисциплины**

Освоение курса «Холодильная техника и технология при производстве консервов и пищевых концентратов» в дальнейшем способствует успешному освоению профилирующих дисциплин: технология производства детских и диетических консервов, технология производства концентратов обеденных блюд. .

## **4 Краткое описание дисциплины**

Дисциплина «Холодильная техника и технология при производстве консервов и пищевых концентратов» является базовой дисциплиной компонента по выбору.

Данная дисциплина формирует профессиональные знания и умения при освоении специальности технолога общественного питания.

Холодильная обработка сырья и продуктов, как наука о создании, назначении и устройстве холодильной техники, физических принципах получения низких температур, типах и циклах холодильных машин. Основные и вспомогательные элементы холодильных установок. Теоретические основы холодильной технологии, методы расчета процессов холодильного консервирования, обработки и хранения сырья и продуктов питания. Процессы, происходящие в пищевых продуктах при обработке холодом. Холодильная обработка плодов и овощей, мясных, молочных, рыбных продуктов и яиц. Охлаждение консервированных продуктов.

Дисциплина тесно связанной со многими науками: стандартизацией, сертификацией и др.

## **5 Цели и задачи дисциплины**

Цель дисциплины: обеспечить необходимый уровень подготовки студентов по теоретическим и практическим вопросам холодильной обработки сырья и продуктов

Задача дисциплины: изучить особенности и закономерности холодильной обработки сырья и продуктов, их особенности и виды. Эти сведения необходимы технологу для рационального использования рабочего времени на работу с охлажденными продуктами.

При изучении курса студенты должны

### ***знать***

- нормативную базу деятельности предприятий общественного питания;
- основы холодильной технологии, методы расчета процессов холодильного консервирования, обработки и хранения сырья и продуктов питания особенности общественного питания;
- основы микробиологии, физиологии питания, гигиены и санитарии;

### ***уметь***

- применять требования нормативных документов к основным видам продукции (услуг) и процессов;
- применять основные правила при холодильной обработке сырья и продуктов;
- пользоваться холодильной техникой.

## 6 Самостоятельная работа студентов

### 6.1 Самостоятельная работа студентов под руководством преподавателя

№ п/п	Название темы	Содержание СРСП	Количество ак. часов
<b>СРСП оф.</b>			
1	Состав и свойства пищевых продуктов	Тестирование	2
2	Микрофлора пищевых продуктов	Тестирование	2
3	Замораживание продуктов	Обсуждение темы	2
4	Холодильное хранение продукт	Тестирование	2
5	Теоретические основы получения искусственного холода	Обсуждение темы	2
6	Холодильные агрегаты и их классификация	Обсуждение темы	2
7	Компрессоры холодильных машин	Тестирование	2
8	Теплообменные аппараты	Тестирование	2
9	Дополнительное оборудование холодильных машин	Обсуждение темы	2
10	Торговое холодильное оборудование	Тестирование	2
		<b>Всего часов по СРСП оф.</b>	<b>20</b>
		<b>Итого часов по СРСП</b>	<b>20</b>

### 6.2 Задания на СРС

№ п/п	Тема, задание, виды работ	Кол-во часов	Лит-ра	Форма отчетности	Сроки сдачи, неделя
		Осн.			
1	Подготовить доклад по теме «Структурные компоненты продуктов, изменение их свойств»	2	2, 6	Доклад на СРСП ауд.	2
2	Подготовить доклад по теме «Взаимодействие микрофлоры со средой»	2	2, 6	Доклад на СРСП ауд.	3
3	Подготовить доклад по теме «Граничные условия при охлаждении Методы охлаждения основных продуктов»	2	2,4,9	Доклад на СРСП ауд.	4

4	Подготовка к собеседованию на тему «Замораживание продуктов Льдообразование в тканевых системах»	2	8,9,10	собеседование на СРС	5
5	Изучить тему «Условия и сроки хранения отдельных видов продуктов»	2	5, 7,8	Конспект в тетради	6
6	Изучить тему «Оценка условий влаговыпадения на поверхности продукта»	2	5,7,8	Конспект в тетради	7
7	Изучить тему «Охлаждение при помощи дросселирования . Перенос тепла в холодильной машине»	2	5,8	Конспект в тетради	8
8	Изучить тему «Компрессорно-конденсаторные агрегаты с конденсатором воздушного охлаждения»	2	9,10	Конспект в тетради	9
9	Изучить тему «Автоматизация холодильных машин и установок»	2	5,7,8	Конспект в тетради	10
10	Изучить тему «Классификация торгового холодильного оборудования»	4	5,8	Реферат	13
<b>Другие виды работ по СРС</b>					
	Подготовка к лекционным занятиям (05 х кол-во зан.)	5			
	Подготовка к практическим занятиям (05 х кол-во зан.)	5			
	Подготовка к текущим контрольным мероприятиям (1 час х вид контроля)	8			
	Подготовка к рубежному контролю (2 часа х 1РК)	4			
	<b>Итого часов по СРС</b>	<b>40</b>			

### 6.3 Темы докладов, рефератов

#### Доклады:

- 1 Формы связи влаги с компонентами продукта.
- 2 Теплота, отводимая при охлаждении.
- 3 Методы охлаждения основных продуктов.
- 4 Обратимые и необратимые циклы. Цикл Карно.

## **Рефераты:**

- 1 Теоретический цикл холодильной машины с регенеративным теплообменником.
- 2 Характеристика методов получения холода.
- 3 Охлаждение посредством расширения сжатого газа.
- 4 Охлаждение при помощи дросселирования (эффект Джоуля-Томсона) .
- 5 Термоэлектрическое охлаждение (эффект Пельтье).
- 6 Озонобезопасные хладагенты.
- 7 Компрессоры объемного действия.
- 8 Компрессоры герметичные ротационные

## **7 Вопросы рубежных контролей**

Вопросы рубежных контролей представлены в тестовом задании.

## **8 Экзаменационные вопросы**

Экзаменационные вопросы представлены в тестовом задании.

## **9 Список рекомендуемой литературы**

### **Основная:**

1. Вейнберг, Б. С. Бытовые компрессорные холодильники : научное издание / Б. С. Вейнберг, Л. Н. Вайн. - М. : Пищевая промышленность, 1974. - 272 с.
2. Холодильные машины : справочник / ред. И. М. Калнинь. - М. : Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 223 с.
3. Гальперин, Д. М. Монтаж и эксплуатация холодильных установок в сельском хозяйстве: научное издание / Д. М. Гальперин. - М. : Колос, 1984. - 301 с.
4. Улейский, Н. Т. Холодильное оборудование: учеб. пособие / Н. Т. Улейский, Р. И. Улейская. - Ростов н/Д : Феникс, 2000. - 320 с.
5. Цуранов О.А., Крысин А.Г. Холодильная техника и технология /Под ред.проф. В.А.Гуляева-СПб.Лидер. 2004.-448 с.: ил.

### **Дополнительная:**

6. Большаков С.А., Лебедев В.Ф. и др. Холодильная техника и технология.- М.:ИНФРА - М, 2000
7. Головкин Н.А. Холодильная техника пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1988.



8. Анохин, А. В. Монтаж холодильных установок : учеб. для СПТУ / А. В. Анохин, Б. А. Тыркин. - М. : Высш. шк., 1981. - 280 с.
9. Устройство и эксплуатация холодильных установок молочных ферм: научное издание / Г. П. Дзюба, Н. Л. Иванов, А. В. Шпыро. - М. : Россельхозиздат, 1979. - 174 с.

## 10 Информация по оценке знаний

Согласно Положению о блочно-рейтинговой системе контроля и оценки знаний студентов П КГУ 003-2005, оценка знаний студентов проводится в течение всего семестра в результате проведения текущего, рубежного и итогового видов контроля, оцениваемых в баллах.

Текущий контроль – систематическая проверка знаний студентов по отдельным вопросам и темам, осуществляется в рамках лабораторных занятий и СРСП в виде устных и тестовых опросов, оценки выполненных заданий по СРС и СРСП.

Рубежный контроль - проверка учебных достижений студентов по завершённым темам, разделам программы, проводимая в виде коллоквиума и тестовых опросов.

К рубежным контролям будут допускаться студенты, которые выполнили все лабораторные занятия и получили положительные оценки по всем формам текущего контроля.

Семестровый рейтинг определяется по сумме текущего и рубежного контролей и максимально составляет 60 баллов.

В течение семестра проводится две аттестации, результаты которых заносятся в компьютерную базу данных.

Итоговый контроль (экзамен) по дисциплине проводится в форме компьютерного тестирования. Максимально студент за экзамен может набрать 40 баллов.

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по сумме баллов семестрового рейтинга и баллов, полученных студентом на экзамене. При этом на экзамене студент должен получить не менее 20 баллов.

Соответствие аттестационных и итоговых оценок и баллов определяется по таблице:

**Соответствие аттестационных и итоговых оценок и баллов**

Кредитная система		Усвоение учебной дисциплины, % (бал.)	Рейтинг студента		Оценка по традиционной системе
Цифровая оценка	Буквенная оценка		Максимальный семестровый рейтинг ИКИ <sub>сем</sub> 60 бал.	Максимальный итоговый рейтинг ИКИ <sub>экз</sub> 40 бал.	
4,0	A	95-100	57-60	38-40	5 – «отл.»
3,67	A-	90-94	54-56	36-37	

3,33	B+	85-89	51-53	34-35	4 – «хор.»
3,0	B	80-84	48-50	32-33	
2,67	B-	75-79	45-47	30-31	
2,33	C+	70-74	42-44	28-29	3 – «удовл.»
2,0	C	65-69	39-41	26-27	
1,67	C-	60-64	36-38	24-25	
1,33	D+	55-59	33-35	22-23	
1,0	D	50-54	30-32	20-21	
0	F	0-49	0-29	0-19	2 – «неудовл.»

## 11 Политика и процедуры изучения курса

1. За пропуски занятий установлены штрафные баллы (1 – за 1 занятие).
2. Студенту, пропустившему 50% аудиторных занятий, по итогам аттестации выставляется балл равный нулю.
3. При пропуске практического занятия самостоятельно изучить пройденный материал до начала следующего занятия.
4. Не опаздывать на занятия.
5. Обязательно выполнять все задания.
6. Во время занятий активно участвовать в обсуждении изучаемого материала, слушать и уважать мнение других.
7. Строго соблюдать сроки сдачи контрольных работ и заданий, выданных для СРС.

Во время практических занятий нельзя пользоваться сотовым телефоном.

## 12 Распределение баллов по видам и формам контроля

Виды контроля	Форма контроля	Баллы	Недели																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	1 атг.	9	10	11	12	13	14	15		
Аудиторная работа	Выполнение лаб. и практ. работ	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8	*	*	*	*	*	*	*	*
	Контрольная работа	10																	*	
	Тестовый опрос	2					*					2	2		*		*		*	
	Доклады	5								*		5						*		
	Реферат																			
	Собеседование	5				*		*				10								
СРС	Тестовый опрос																			
	Коллоквиум	5									*	5								
	Компьютерное тестирование	40																		
Ауд., СРС	Всего											30								

**Примечание 1.** Студент, набравший по итогам семестра не менее 50% максимального семестрового рейтинга и набравший по всем видам контроля положительные оценки, допускается к сдаче экзамена. Для получения положительной оценки необходимо на экзамене набрать не менее 50% максимального итогового рейтинга.

**Примечание 2.** При наличии пропусков лабораторных, практических занятий действует система отработок через выполнение и защиту работ по пропущенным занятиям.

## Тезисы лекций

### Тема 1 Структурные компоненты продуктов, изменение их свойств

**Цель:** Изучить структурные компоненты продуктов, изменение их свойств

**План:**

1. Формы связи влаги с компонентами продукта.
2. Структурные компоненты продуктов, изменение их свойств.
3. Гистологические и цитологические особенности структуры продуктов.

С точки зрения приоритетных задач холодильной технологии любая обработка продукта, включая его холодильное хранение, связана с достижением биологической или, что является основной целью холодильной обработки продуктов, технологической обратимостью процесса. Это значит, что по окончании технологического процесса свойства продукта должны остаться практически неизменными, аналогичными тем, которыми он обладал до технологической обработки. Это задача- максимум холодильной технологии. Поэтому разработка рекомендаций, касающихся методологии холодильной обработки и хранения продуктов, включая краткосрочное хранение, должна базироваться на представлениях о составе, структуре, свойствах продуктов, знании процессов, предшествующих холодильной обработке продуктов и их возможных изменениях, происходящих при холодильной обработке и последующем хранении. Равным образом сказанное относится и к методам восстановления исходных свойств - к отеплению и размораживанию. Пищевые продукты животного и растительного происхождения являются сложными биологическими системами. В отличие от продуктов животного происхождения продукты растительного происхождения являются биологически активными.

Выбор способа воздействия на продукт и анализ процессов технологической обработки в холодильной технологии принято рассматривать на основе представления о продукте как о полидисперсной системе, включающей растворитель - тканевую влагу и растворенные компоненты - белки, жиры, углеводы, минеральные вещества. Изменчивость свойств продуктов при холодильной обработке и хранении влияет на их потребительскую ценность и определяет методы последующей холодильной обработки.

Определяющим компонентом продукта (дисперсионной средой) является тканевая влага. Ее состояние и прочность связи с растворенными компонентами продукта (дисперсной фазой) определяют консистенцию и структуру продукта, влияя на условия холодильной обработки и последующего хранения продукта. В продуктах животного происхождения количество влаги составляет 75-80%, растительного - до 99%.

Тканевая влага не является свободной. Она связана с компонентами продукта. Наиболее четкую классификацию форм связи с компонентами продукта представил П. А. Ребиндер.

Химически связанная влага - влага, оцениваемая в точных количественных соотношениях. Химически связанная влага прочно связана с компонентами продукта и может быть удалена из него при химическом взаимодействии или при жесткой тепловой обработке, например при прокаливании. При обычной сушке продукта химически связанная влага не удаляется.

#### Формы связи влаги с компонентами продукта

Физико-химическая связь - удержание влаги в неопределенных количествах. Этой форме соответствуют следующие виды связи:

адсорбционно-связанная влага, т. е. влага, удерживаемая за счет электростатического заряда мицелл. Коллоидные частицы имеют дисперсность 0,1-0,001 мкм, в силу чего обладают огромной внутренней поверхностью; осмотически удержанная влага, т. е. влага набухания и структурная влага, захваченная при формировании геля. Этой влаге соответствует весьма малая энергия связи.

Как полагает С. М. Липатов, высокомолекулярные соединения состоят из смеси фракций различной молекулярной массы, которые разнообразно взаимодействуют с водой. Высокомолекулярные фракции не растворимы в воде, низкомолекулярные - растворимы.

При формировании геля образуется скелет из замкнутых клеток, стенки которых состоят из нерастворимых фракций. Растворимая фракция при этом частично попадает внутрь клеток, а частично находится на их внешней поверхности. Так как внутри клеток концентрация растворимой фракции больше, чем вне клеток, то влага попадает внутрь скелета путем осмоса, через стенки клеток. Часть влаги попадает внутрь клеток непосредственно при формировании геля.

Физико-механическая связь - удержание влаги в неопределенных количествах. Этой связи соответствуют следующие виды влаги:

- влага макрокапилляров со средним радиусом пор более  $10^{-7}$  м. Давление водяного пара над поверхностью воды не отличается от давления водяного пара над поверхностью чистой воды;
- влага микрокапилляров - заполняет поры размером менее  $10^{-7}$  м. Эта влага перемещается в продукте как в виде жидкости (от центральных слоев продукта до зоны испарения), так и в виде пара (от зоны испарения через сухой слой в теплоотводящую среду).

Применительно к практическим задачам пищевой технологии формы связи влаги можно свести к представлению всего о двух формах влаги: свободная и связанная.

Свободная влага по свойствам не отличается от свойств чистой воды. Связанная влага отличается рядом особенностей. Она труднее испаряется, является плохим растворителем и может находиться под повышенным давлением, обусловленным силовым молекулярным полем. По расчетным данным, количество связанной влаги в клетке не превышает 10%. По экспериментальным данным, для разных продуктов она составляет от 8 до 20%.

Упрощенная классификация форм связи влаги с компонентами продукта не отражает полноты природы взаимодействия, но может быть использована для простоты логических построений, связанных с оценкой меры совершенства технологических методов обработки продуктов, влияния этих методов на выполнение технологического процесса и качество конечного продукта.

#### Структурные компоненты продуктов, изменение их свойств

Продукты, как отмечено ранее, принято подразделять на продукты животного и растительного происхождения. Продукты животного происхождения содержат наибольшее количество белков и жиров, продукты растительного происхождения - углеводов.

Наиболее сложной и биологически важной частью пищевых продуктов являются белковые вещества - высокомолекулярные органические вещества, молекулы которых состоят из аминокислот. Пищевая ценность белка определяется составом аминокислот.

Белки подразделяют на простые (протеины) - альбумины, глобулины, гистоны, протамины, склеропропротеины и на сложные (протеиды) - нуклеопротеиды,

хромопротеиды, глюкопротеиды, фосфопротеиды, липопротеиды. Альбумины легко растворяются в воде, глобулины в воде практически не растворимы, но легко растворяются в солевых растворах слабой концентрации. Это следует учитывать при холодильной обработке продуктов, прежде всего при их замораживании. Липопротеиды являются важнейшей частью биологически активной структуры, регулирующей процесс переноса вещества и влаги через белковые мембраны, в силу чего они вызывают интерес, связанный с решением задач холодильной обработки и хранения продуктов.

В тканевых системах белки могут находиться в жидком, полужидком и твердом состояниях. Влага с белком может быть связана посредством адсорбции, под действием осмотических сил и механически. Эта часть влаги в основном захвачена белковыми структурами. Доля этой влаги превалирует над остальными формами связанной влаги.

Потребительские свойства продуктов животного происхождения зависят от направленности и глубины процессов, влияющих на изменчивость свойств мышечной ткани, составляющей наибольшую пищевую ценность мяса. Мышечная ткань состоит из двух основных белков, - актина и миозина. Актин находится в глобулярной (лат. globulus - шар) форме. В этом состоянии он не связан с миозином. Его переход в фибриллярную (лат. fibrilla - волокно) форму зависит от концентрации в мышечных волокнах АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты). Постепенное снижение рН в процессе автолиза мяса приводит к переходу глобулярного актина в фибриллярный. В результате взаимодействия с АТФ, актомиозина происходит его сокращение. При этом АТФ распадается на аденозиндифосфорную (АДФ) и ортофосфорную кислоту с выделением значительного количества энергии, расходуемой на сокращение мышечного волокна.

В таком состоянии мышечная ткань обладает минимальной вододерживающей способностью, уменьшается ее эластичность, нарастает сокращение ткани. Это первая фаза созревания мяса. Оно приобретает жесткость. Данное состояние принято называть процессом ооченения. Оно наблюдается сразу после прекращения жизни животного.

В основной стадии созревания происходит процесс постепенного размягчения мышечной ткани. Кислотность (рН) среды сдвигается в щелочную сторону (рН > 7), наблюдается распад волокон, мясо приобретает вкусовые и ароматические качества, свойственные мясу, пригодному к употреблению.

Длительность автолиза, т. е. длительность биохимических процессов, зависит от вида животного. Для крупного рогатого скота процесс может протекать 24-30 ч. Для рыбы в зависимости от вида и ее размеров процесс более скоротечен и может завершиться в течение 10-30 мин.

Процесс улучшения пищевого достоинства мяса, обусловленный совокупным воздействием ферментов, носит название «созревание». Белки являются лабильными компонентами тканевой системы. Белковая молекула легко распадается под действием внешних факторов - температуры, кислоты, щелочи и т. д. При этом происходит изменение свойств белка с потерей им биологической активности (ферментативной, гормональной). Кроме того, под влиянием внешних факторов происходит денатурация белка. Нарушается его внутренняя структура. Белок теряет гидрофильные и приобретает гидрофобные свойства, что в конечном итоге влияет на способность белка повторно присоединять к себе тканевую влагу, которая, например, отщепляется от него при замораживании продукта. Восстановление исходных свойств белка определяется его свойствами и мерой совершенства выполнения технологического процесса, например скоростью выполнения процесса замораживания и размораживания продукта. Все это, вместе взятое,

определяет меру обратимости процесса (биологическую и технологическую).

Биологическая обратимость предполагает полное восстановление исходных свойств белка и продукта в целом. Она представляет практический интерес прежде всего при замораживании продуктов растительного происхождения, поскольку после размораживания продукта предполагается достижение полного восстановления его исходных свойств. Эта область является сферой интересов биологов, и прежде всего тех, кто решает проблемы криобиологии, связанные с достижением сохранности клеток и тканей при их замораживании.

Достижение технологической обратимости, связывают с холодильной обработкой продуктов, которые не нуждаются в восстановлении биологической активности. При технологической обратимости восстанавливают те свойства, которые в потребительском плане определяют ценность продукта. При этом, однако, чем более совершенен технологический процесс, тем больше продукт после технологической обработки сохраняет исходные качества, что является желательным, но не обязательным.

Основным процессом, определяющим изменчивость свойств растительных продуктов, является процесс дыхания. Он характеризуется окислением органических соединений, в основном моносахаридов, кислородом воздуха (аэробное дыхание) или их распадом на более простые компоненты (анаэробное дыхание).

Процесс аэробного дыхания продуктов сопровождается выделением в окружающую среду углекислого газа, водяных паров и в расчете на одну грамм-молекулу глюкозы значительного количества теплоты (2824 кДж).

При анаэробном дыхании, аналогичном спиртовому брожению, с выделением углекислого газа и образованием спирта, выделяется 113 кДж теплоты. Интенсивность дыхания зависит от вида, сорта плодов и овощей и степени их зрелости.

С повышением температуры увеличивается скорость ферментативных процессов, приводящих к их созреванию, перезреванию и в конечном итоге к их порче.

Интенсивность дыхания выражают в миллиграммах углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), выделяемого 1 кг продукта в 1 ч.

Главной составной частью растительной ткани являются углеводы. Их количество составляет в среднем 80% от общего количества органических веществ. В животных тканях их количество незначительно (не более 2%).

Углеводы подразделяют на моносахариды и полисахариды. В продуктах наиболее распространены гексозы. В технологическом плане прежде всего выделяют глюкозу и фруктозу как компоненты тканевого сока, существенно влияющие на величину криоскопической температуры (температуры начала замерзания тканевого сока продукта).

Полисахариды - сложные углеводы, состоящие из большого числа моносахаридов. Они находятся в продуктах животного и растительного происхождения. Из полисахаридов в технологическом плане представляют интерес крахмал, целлюлоза (клетчатка) и пектиновые вещества.

Крахмал откладывается в клетках корней, клубнях в виде зерен. Крахмал выделяется после разрушения клеточной структуры. Зерна крахмала не растворимы в холодной воде. Крахмал состоит из двух компонентов: амилозы (20% всего крахмала) и амилопектина. Поверхность зерен крахмала покрыта амилопектином, который разрушается при тепловой обработке с образованием коллоидных растворов. Коллоидные растворы при замораживании разрушаются. Влага отщепляется, образуется структурный каркас, который не восстанавливает своих исходных свойств. Это свойство коллоидных растворов позволяет организовать производство, например, шоколадных конфет с наполнителем.

Целлюлоза составляет структурный каркас клеток. Она не обладает избирательной проницаемостью по отношению к растворенным компонентам вне и внутри клетки. Пектиновые вещества содержатся в плодах и овощах в виде протопектина (не растворимого в воде) и пектина (растворимого в воде). Пектин обеспечивает связывание влаги, что следует учитывать при замораживании при сохранении исходного состояния продукта.

Липиды - вещества с общими физико-химическими свойствами. К липидам относят жиры, высокомолекулярные жирные кислоты, воски, фосфолипиды, стерины и другие соединения. Жиры состоят из молекул трехатомного спирта - жирных кислот (насыщенных и не насыщенных) и глицерина, соединенных эфирными связями. При комнатной температуре они остаются твердыми. Ненасыщенные жирные кислоты способны к прогорканию в условиях доступа к ним кислорода воздуха. Образовавшиеся в жире перекиси быстро разлагаются до альдегидов, придавая продукту неприятный вкус и запах.

Тканевая влага продукта содержит витамины, органические кислоты, минеральные вещества.

Витамины - биологически активные вещества, участвующие в регулировании основных процессов продукта.

Минеральные вещества в продуктах находятся растворенными в тканевой влаге или входят в состав органических соединений' в виде солей кальция, натрия, магния, марганца, хлора и т. д. С учетом количественного присутствия в тканях минеральные вещества принято подразделять на две группы: макро- и микроэлементы. Макроэлементы - соли кальция, натрия, магния, хлора, фосфора, марганца содержатся в сотых долях процента. 'Микроэлементы - железа, меди; цинка, йода, бария и др. - содержатся в тысячных долях процента.

Кроме влияния на кислотность тканевого сока и, следовательно, на состояние тканевых компонентов минеральные вещества определяют биологическую активность ферментов и тканевых белков.

Осмотическая концентрация тканевого сока в соответствии с законом Рауля определяется концентрацией присутствующих в растворе низкомолекулярных соединений: витаминов, органических кислот; минеральных веществ, Поэтому понижение температуры замерзания раствора и соответственно повышение температуры кипения связано с 'молярной концентрацией растворенных компонентов.

#### Гистологические и цитологические особенности структуры продуктов

С точки зрения приоритетных задач холодильной технологии любая обработка продукта, включая его холодильное хранение, связана с достижением биологической или, что является целью холодильной обработки продуктов, технологической обратимости процесса. То есть по окончании технологического процесса свойства продукта должны остаться практически неизменными, аналогичными тем, которыми он обладал дообработки. Это задача-максимум холодильной технологии. Поэтому выработка рекомендаций, касающихся методологии холодильной обработки продуктов, должна базироваться на представлениях о структуре продукта, процессах, протекающих в продуктах перед их холодильной обработкой, возможных изменениях, протекающих в продуктах в процессе холодильной обработки и последующего хранения.

Продукты животного происхождения (гистологические основы). Тканевая система 'животного происхождения представляется четырьмя основными видами ткани: эпителиальной, соединительной, мышечной, нервной. Пищевая ценность мяса в основном определяется мышечной тканью.



По морфологическому строению различают поперечнополосатую мышечную ткань и гладкую, входящую, например, в состав стенок желудка, сосудов и т. д. Мышечная ткань представляет волокнистую структуру, состоящую из отдельных мышечных волокон, скрепленных соединительной тканью.

Мышечное волокно представляет вытянутую клетку толщиной от 10 до 100 мк и длиной 0,1-0,12 м. Поверхность клетки покрыта прочной эластичной оболочкой - сарколеммой. Внутри мышечного волокна находятся волокна небольшой толщины - миофибриллы, обеспечивающие сократительную деятельность мышцы в целом. Миофибриллы погружены в саркоплазму, обладающую коллоидными свойствами.

Продукты растительного происхождения (гистологические основы). Рассматривая растительную ткань, аналогично животной, как объект последующей технологической обработки, и прежде всего мощного воздействия на ткань процесса замораживания, можно выделить особенности клеточной структуры. Содержимое цитоплазмы клеток окружено полупроницаемой биологической мембраной. Цитоплазма прилегает к клеточным стенкам - каркасу, и вследствие разности концентраций веществ с внутренней и внешней сторон мембраны клетки внутри клетки создается давление, называемое тургурным. Тургурное давление является интегральным показателем нахождения клетки в живом состоянии. Внешнее давление является осмотическим. Разность давлений тургурного и осмотического влияет на скорость обмена веществ между клеткой и межклеточным пространством, а размеры микрокапилляров биологической мембраны (плазмолеммы) и ее структура определяют проницаемость мембраны для растворенных веществ, поступающих в клетку и удаляемых из нее.

Более детальный анализ внутриклеточной структуры позволяет в клетке выделить ядро, хлоропласты, оболочку.

Наблюдение в электронный микроскоп увеличивает глубину представления о клеточной структуре, ее компонентах, таких, например, как митохондрии, эндоплазматическая сеть и т. д., являющихся фундаментальной основой построения представления о биологии клетки и ткани в целом.

Холодильная технология пищевых продуктов, опираясь на фундаментальные основы биологии, довольствуется в основном представлениями макроструктурного анализа клеточной структуры.

Контрольные вопросы:

1. Какие формы связи влаги с компонентами продукта известны?
2. Чем отличается физико-химическая форма связи влаги от химической?
3. В чем в биологическом плане различие продуктов животного и растительного происхождения?
4. Каковы основные структурные компоненты продукта?
5. Какова роль минеральных веществ и веществ органического происхождения в создании осмотического давления раствора тканевого сока?
6. Как оценивается осмотическое давление раствора?
7. В чем, состоят гистологические особенности структуры продуктов животного и растительного происхождения?

## Тема 2 Льдообразование в тканевых системах.

**Цель:** Определить параметры льдообразования в тканевых системах.

**План:**

1. Количество вымороженной воды.
2. Средняя конечная температура.
3. Изменение теплофизических характеристик пищевых продуктов при замораживании .

В технологическом плане замораживание является процессом, предшествующим последующему холодильному хранению. С физической точки зрения замораживание – это превращение тканевой влаги в лед. Оно протекает с одновременным понижением температуры продукта.

Основной причиной высокой стойкости замороженных продуктов, является превращение тканевой влаги в лед, а действию низкой температуры принадлежит второстепенная роль. Практически оба эти явления неразделимы. Результирующий эффект замораживания принадлежит обоим факторам .

Кристаллизация' тканевой влаги препятствует развитию всех процессов - химических, ферментативных, микробиологических, процессов тепло- и массопереноса в объеме продукта и с его поверхности.

Результирующий эффект замораживания сходен с процессом теплового обезвоживания, но является более щадящим, существенно не меняющим ни структуру ткани, ни биологическую активность ферментов.

В настоящее время нет единого представления о процесс е льдообразования. Это объясняется не отсутствием знаний о процессе в целом, а многообразием самого процесса и форм его протекания.

Наиболее старой теорией, объясняющей процесс роста кристаллов и льда в частности, является *теория поверхностною натяжения*. Согласно ей, кристалл, находящийся в равновесии с жидкой фазой, должен иметь форму, отвечающую минимуму его суммарной поверхностной энергии при постоянном объеме'.

*Молекулярно-кинетическая теория и теория «дислокаций»* (нарушений в формировании кристаллической решетки) основаны на представлениях об образовании совершенных и несовершенных форм кристаллов. Теории раскрывают закономерности построения кристаллической решетки, что представляет преимущественный интерес при выращивании искусственных кристаллов.

*В основе диффузионной теории*, получившей широкое распространение, лежит представление о формировании кристалла при выполнении законов диффузии растворенного вещества к его поверхности и удалении примесей от границы раздела фаз.

Слой раствора повышенной концентрации вблизи границы раздела фаз получил название слоя концентрационного уплотнения раствора .

Распределение концентрации растворенного вещества, не успевшего диффундировать в раствор, описывается экспоненциальным законом.

Толщина слоя зависит от скорости линейного перемещения границы раздела фаз, т. е. от скорости замораживания и свойств растворенного вещества. В растворах с низкомолекулярными соединениями, например в растворе сахарозы, кристаллы льда приобретают форму остrokонечных кристаллов.

С возрастанием скорости теплоотвода разветвленность кристаллов возрастает, формируются дендритные кристаллы правильной формы.

(Дендриты - кристаллы папоротникоподобной формы.)

При аналогичных условиях теплоотвода в растворе с высокомолекулярными соединениями диффузия растворенного вещества от границы раздела фаз затруднена, образуются дендриты неправильной формы

При образовании дендритных кристаллов растворенное вещество распределяется в пространствах между ветвями. Концентрация этого вещества повышается. При

соприкосновении растворенного вещества с поверхностью клетки происходит осмотическое обезвоживание клетки. Чем выше разветвленность дендритных кристаллов, тем более равномерно распределяется растворенное вещество в его ветвях и тем в меньшей мере возможно обезвоживание клеток.

При замораживании продуктов животного и растительного происхождения, картина процесса несколько меняется. В тканевых системах процесс льдообразования существенно зависит от скорости теплоотвода. При медленном замораживании в объеме ткани образуются центры кристаллизации в переохлажденном тканевом соке продукта. Переохлаждение тканевого сока зависит от состояния ткани и может достигать  $-4$  °C. Далее происходит образование кристаллов с выделением теплоты льдообразования. Если теплоотвод не интенсивен, то часть кристаллов растворяется, часть укрупняется. Это явление носит название «рекристаллизация». Рекристаллизация может привести к нарушению клеточной структуры.

При интенсивном теплоотводе льдообразование следует рассматривать как процесс перемещения замороженного слоя от поверхности вглубь продукта. Переохлаждения тканевого сока перед кристаллическим фронтом практически нет, формируются дендриты. Уровень разветвленности дендрита зависит от свободы формирования, которую ему предоставляет тканевая структура. Например, в мышечной ткани кристаллы движутся, точно повторяя изгибы мышечного волокна. Мера разветвленности кристаллов невелика.

После замораживания структура мышечного волокна изменяется. Результаты стандартной гистологической обработки препарата свидетельствуют, что после замораживания миофибриллы (волоконца внутри волокон) утратили начальное состояние, протоплазма разрушена.

В растительной ткани формирование кристаллов льда внутри клетки не ограничено, как в мышечном волокне, рамками межволоконных пространств, поэтому кристаллы льда имеют более разветвленную форму.

Однако разветвленность недостаточна, чтобы сохранить исходное распределение внутриклеточной влаги, свойственное клетке до замораживания. Это означает, что сохранение тканевой структуры возможно лишь с увеличением скорости замораживания.

Осмотическая концентрация межклеточной жидкости меньше внутриклеточной, поэтому межклеточная жидкость вымерзает в первую очередь. Возрастание осмотической концентрации межклеточной жидкости приводит к определенному осмотическому обезвоживанию клеток, тем большему, чем меньше скорость замораживания.

Следует иметь в виду, что превращение тканевой влаги в лед сопровождается ее расширением на 8%, что является одним из факторов разрушающего воздействия льда на структуры клеток. Механическое разрушение кристаллами льда клеточной и внутриклеточной структуры является лишь одним из многих факторов, влияющих на состояние ткани. Увеличение осмотической концентрации межклеточной жидкости может привести к растворению липопротеидных биологически активных полупроницаемых внутриклеточных мембран, в результате чего внутриклеточная влага способна перемещаться в межклеточное пространство.

Таким образом, появляется настоятельная необходимость в точной оценке длительности замораживания и параметров, влияющих на интенсивность этого процесса.

#### Количество вымороженной воды

в холодильной технологии при замораживании продукта воду, превратившуюся в лед, принято называть вымороженной.

Под количеством вымороженной воды понимается отношение количества льда при данной температуре, отнесенное к суммарному количеству льда и воды при той же температуре или к количеству влаги пищевого продукта. Количество вымороженной воды выражают в долях единицы или в процентах от общего содержания воды в продукте. Характер вымерзания влаги имеет экспоненциальный характер.

Наибольшее количество влаги во влагосодержащих продуктах (мясо, рыба, овощи и фрукты) вымерзает в узком интервале температур:  $-2,5 \dots -0,5$  °C. Понижение температуры продуктов ниже этого уровня приводит к вымерзанию 60-75% влаги. В продуктах, в которых влаги мало или она связана, например в бананах, влага вымерзает в широком интервале температур.

Количество вымороженной воды зависит только от свойств продукта и температуры, до

которой заморожен продукт и не зависит от интенсивности теплоотвода. По сути, эта величина «статическая», поэтому количественно ее оценивают в конце процесса замораживания.

Более точно количество вымороженной воды оценивается на основе полуэмпирических зависимостей, учитывающих индивидуальные свойства продуктов.

#### Средняя конечная температура

Средняя температура по объему продукта в конце процесса замораживания. Необходимость ее оценки обусловлена требованиями технологии. При замораживании преимущественно задают температуру центра продукта. После завершения замораживания происходит перестроение температурного поля продукта. При этом средняя температура по объему продукта (средняя объемная или средняя конечная температура) может существенно отличаться от технологически заданной, что недопустимо. Поэтому в технологических расчетах оценка средней конечной температуры является необходимым условием получения достоверных результатов. Хотя температура поверхности продукта отлична от температуры теплоотводящей среды, однако в конце процесса замораживания эти различия незначительны и не ограничивают возможности выполнения приближенных технических расчетов.

#### Изменение теплофизических характеристик пищевых продуктов при замораживании

Теплофизические расчеты процессов холодильной обработки продуктов неразрывно связаны с оценкой величины теплофизических характеристик продуктов и направленности этих изменений в объеме продукта и во времени.

В тепловых расчетах наиболее значимыми являются следующие теплофизические характеристики: плотность продукта -  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, удельная массовая теплоемкость продукта -  $c$ , Дж/(кг · К), теплопроводность -  $\lambda$  Вт/(м · К), температуропроводность -  $a$ , м<sup>2</sup>/с, теплосодержание (энтальпия) -  $i$ , Дж/кг.

При замораживании плотность продуктов уменьшается на 5-8%. В технических расчетах эту величину принимают неизменной, не зависящей от изменения температуры.

Удельная массовая теплоемкость продукта подчиняется закону аддитивности. В простейшем случае, если пищевые продукты рассматривать как двухфазные системы, содержащие тканевую влагу (дисперсионную среду) и дисперсную фазу - остальные компоненты (сухие вещества). Для продуктов животного происхождения  $C_c$  составляет 1,38- 1,68 кДж/кг, для продуктов растительного происхождения - 0,71- 1,36 кДж/кг.

При оценке продолжительности замораживания или размораживания продуктов тепловой эффект соответствует полной удельной теплоемкости. В технических расчетах обычно отражают отдельно тепло, обусловленное теплоемкостью и тепло фазового превращения.

Для интенсификации процесса замораживания в практике холодильной обработки продуктов используют холодильное оборудование, имеющее общее название - аппараты для замораживания продуктов.

Аппараты для замораживания продуктов подразделяют на воздушные, аппараты для бесконтактного замораживания в жидких средах и в контакте с твердой теплоотводящей средой и аппараты для контактного замораживания.

К воздушным скороморозильным аппаратам относят тележечные, конвейерные, гравитационные, флюидизационные аппараты.

В тележечном аппарате перемещение тележек обеспечивается цепной передачей. Загрузка и выгрузка осуществляются одновременно. Шаг транспортера равен размеру одной тележки.

В верхней части аппарата установлены 4 вентилятора, периодически изменяющие направление движения воздуха; Достоинство аппарата - простота, недостаток - металлоемкость.

При создании конвейерного скороморозильного аппарата преследуется цель сокращения его длины, что позволяет разместить его в помещении ограниченного размера. Это достигается увеличением высоты аппарата, что одновременно порождает другие проблемы. Они касаются решения способа загрузки в аппарат продукта и его выгрузки.

Кроме того, есть проблемы со способом перемещения продукта с одного транспортера на другой. В ряде случаев продукт самостоятельно сбрасывается с одного транспортера на другой. Простейшим аппаратом подобного типа является конвейерный скороморозильный аппарат.

В скороморозильном аппарате типа «Гирофриз» продукт перемещается по транспортеру, который прикреплен к барабану. Барабан приводится в движение от электрического или от гидравлического привода. Это позволяет изменять скорость вращения барабана и скорость движения ленты транспортера, изменять длительность пребывания продукта в аппарате и тем самым конечную температуру замороженного продукта (при неизменной температуре воздуха в аппарате). Холодный воздух равномерно проходит через ярусы, обеспечивая эффективный теплоотвод от замораживаемого продукта.

Скороморозильный аппарат оборудован устройством для мойки и сушки ленты транспортера.

В гравитационных аппаратах движение продукта осуществляется последовательно с верхнего уровня на нижний уровень. Вместо традиционного транспортера реализован принцип единовременного перемещения специальным устройством (гребенкой) всех противней, расположенных на направляющих, вначале в одну сторону, затем в другую. Аппараты этого типа оригинальны конструктивно, но чрезвычайно требовательны к качеству изготовления и обслуживания.

Во флюидизационных аппаратах используется эффект замораживания продуктов во взвешенном состоянии. В промышленных условиях широкое применение находят аппараты, в которых продукт, подаваемый через бункер, находится во взвешенном состоянии над перфорированным поддоном. Благодаря организации потока воздуха продукт непрерывно перемещается к разгрузочному окну и далее на расфасовку и упаковку. Аппараты этого типа в основном используют для замораживания растительных продуктов - зеленого горошка, клубники, малины и т. П. Аппараты энергоемки, и вследствие этого их применяют преимущественно на крупных специализированных сельскохозяйственных предприятиях.

К аппаратам бесконтактного замораживания продуктов относят плиточные и аппараты для замораживания продуктов в жидких хладоносителях.

Аппараты бесконтактного замораживания предназначены для замораживания продуктов в виде блоков и мелкоштучных товаров как имеющих упаковку, так и не имеющих ее. Аппараты этого типа вследствие эффективной теплоотдачи от поверхности продукта позволяют уменьшить длительность замораживания. Плиты (испарители) с хладоносителем или с кипящим холодильным агентом прижимаются к продукту, что обеспечивает его формовку и подпрессовку. Плиточные аппараты-интенсивны, компактны, экономичны. Недостаток аппарата состоит в том, что замораживать можно только ограниченный ассортимент продуктов.

В контактных скороморозильных аппаратах обеспечивается *непосредственный контакт теплоотводящей среды с поверхностью продукта*. В качестве теплоотводящей среды чаще всего используют жидкий азот, углекислоту, раствор хлористого натрия.

Жидкий азот в многосекционных скороморозильных аппаратах используют на второй или третьей стадиях замораживания продукта. В аппарате продукт вначале подмораживается в парах азота, и только затем он может быть орошен жидким азотом или в него погружен. При нарушении этой технологии, т. е. при погружении продукта в жидкий азот без его предварительного подмораживания, в продукте возникают внутренние напряжения, при которых продукт разрывается на части.

Достоинство аппаратов этого типа состоит в высокой интенсивности замораживания, компактности и простоте. Недостаток аппарата обусловлен тем, что он работает в условиях разомкнутого холодильного цикла. Температура паров азота, выходящих из аппарата, составляет  $-40 \dots -30 \text{ } ^\circ\text{C}$ , что предполагает целесообразность последующего использования паров для целей холодильной обработки продуктов, например для их холодильного хранения.

Аппараты контактного замораживания включают криогенные, углекислотные, хладоновые. аппараты для замораживания в хладоносителях. Аппараты этого типа существенно не отличаются от рассмотренных ранее. В этих аппаратах продукты замораживают без упаковки, что накладывает определенный отпечаток на технические особенности конструкции. Например, при замораживаниипельменей транспортерная лента, на которой осуществляется штамповка, должна иметь полимерное покрытие, которое препятствовало бы примерзаниюпельменей к ленте транспортера. При отсутствии этого покрытия прибегают к установке ножа,

который срезает с транспортной ленты подмороженные пельмени.

Замораживание продуктов в солевом растворе предполагает решение целого ряда технических проблем. В частности, появляется необходимость в строгом контроле над неизменностью концентрации солевого раствора. Это необходимо для того, чтобы раствор не разбавлялся влагой и не происходило его подмерзание при прохождении через испаритель.

Несмотря на отмеченные ограничения в части применения рассольных аппаратов, они продолжают совершенствоваться и применяться не только для замораживания традиционной продукции – рыбы, но и овощей.

При замораживании в растворе поваренной соли сладкого перца установлено, что витамин С - наиболее яркий технологический показатель качества продукта - сохранялся на протяжении 9 мес. холодильного хранения. Его количество в продукте после 9 мес. хранения сравнительно с замораживанием перца в воздухе было больше на 9%.

При замораживании плодов небольшого размера - вишни, черешни - поваренная соль практически в плоды не проникает.

Замораживание в растворе поваренной соли энергетически выгодно и эффективно. В ряде случаев, например при замораживании пельменей, его эффективность неоспорима.

Представленные скороморозильные аппараты для замораживания продуктов применяются преимущественно в том случае, когда представляется целесообразным обеспечить поточное производство большого количества замороженной продукции, например на специализированных комбинатах при замораживании пельменей, кулинарно подготовленной и другой продукции.

*На предприятиях общественного питания* находят применение преимущественно аппараты шкафного и камерного типа. Как правило, это аппараты периодического типа. Производительность аппаратов определяется их емкостью и температурным режимом.

В шкафы небольшого объема продукты помещают индивидуально, выкладывая их на каждую полку.

Более удобным способом является перемещение продукта в функциональной емкости (ФЕ) с передвижного стеллажа на полки шкафа (высота полок стеллажа и шкафа одинаковы).

Наиболее технологически рациональным способом является размещение в холодильном шкафу всего стеллажа с ФЕ.

Производительность шкафов для замораживания продуктов относительно невысока и составляет не более 25 кг/ч. Поэтому потребности производства в большей производительности удовлетворяют установкой одного, двух или более шкафов.

Контрольные вопросы:

1. Каков механизм образования кристаллов льда?
2. Чем обусловлено изменение тканевой структуры при замораживании?
3. От чего зависит количество вымороженной воды?
4. Как изменяются теплофизические характеристики при замораживании продукта?
5. Какие допущения принимаются при выводе формулы Р. Планка?
6. Как соотносятся длительности замораживания тел простой стереометрической формы?
7. Какими методами возможна интенсификация замораживания?
8. Какие технические средства используются для замораживания продуктов?
9. В чем состоит специфика замораживания продуктов на предприятиях общественного питания и торговли?

### Тема 3 Основные свойства холодильных агентов

**Цель:** Выявить и ранжировать основные свойства холодильных агентов

**План:**

1. Холодильные агенты.
2. Озонобезопасные хладагенты.

Холодильные агенты.

Один из основных вопросов, возникающих при создании холодильных машин (ХМ) выбор холодильных агентов, которые способствовали бы надежной и экономичной работе машины в заданном температурном диапазоне.

Рабочие вещества, предназначенные для ХМ, должны отвечать следующим основным требованиям:

- обладать химической стабильностью и инертностью к основным конструкционным материалам и смазочным маслам;
- иметь допустимые значения рабочих давлений, разности и отношения давлений нагнетания и всасывания;
- не оказывать отрицательных воздействий на окружающую среду и человека;
- быть негорючими и взрывобезопасными;
- иметь высокую степень термодинамического совершенства, большую объемную холодопроизводительность;
- обладать благоприятным сочетанием теплофизических свойств, влияющих на массу и габариты теплообменной аппаратуры;
- выпускаться промышленностью и иметь относительно низкую стоимость.

Как правило, в ХМ применяют рабочие вещества, удовлетворяющие лишь наиболее важным требованиям. Кроме перечисленных, немаловажным требованием, которое предъявляется к холодильным агентам, является безопасность эксплуатации холодильного оборудования. В холодильных камерах определенную опасность представляют утечки хладагента и их вредное влияние на людей и хранящиеся в них продукты.

Каждое рабочее вещество может обеспечить эффективную работу ХМ в довольно узком температурном диапазоне. А поскольку работа холодильных машин на предприятиях торговли осуществляется довольно в широком диапазоне температур кипения хладагентов (от  $-5$  до  $-40^{\circ}\text{C}$ ), то для каждой из этих температур существует наиболее подходящий холодильный агент, при использовании которого технико-экономические показатели работы холодильной установки оптимальны.

Различают естественные и искусственные холодильные агенты. К естественным хладагентам относятся: аммиак (R717), воздух (R729), вода (R718), углекислота (R744) и др., к искусственным - хладоны (смеси различных фреонов).

Фреоны - углеводороды ( $\text{C}_n\text{H}_m\text{F}_p\text{Cl}_q$ ), в которых водород полностью или частично заменен фтором и хлором (в отдельных случаях

бромом). Международным стандартом принято краткое обозначение всех холодильных агентов, состоящее из символа R (Refrigerant - хладагент) и определяющей цифры. Например, фреон-12 имеет обозначение R12. Поэтому на сегодня все фреоны принято обозначать в международной символике,

отсюда и их название - хладоны.

По термодинамическим свойствам наилучшим природным холодильным агентом считается аммиак. Поэтому в настоящее время на крупных холодильных установках с умеренно низкими температурами (-15 ... -25°C) наиболее распространен аммиак. В малых и средних холодильных машинах и установках используют хладон-12 и хладон-22. Ограниченное применение находят такие хладагенты, как хладон-13, хладон-500, хладон-502.

Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) - бесцветный газ, с резким удушливым запахом, в небольших концентрациях вреден для человека. Температура кипения аммиака при атмосферном давлении -  $-33,4^{\circ}\text{C}$ , температура замерзания -  $-77,7^{\circ}\text{C}$ , предельно допустимая концентрация аммиака в воздухе - 0,02 мг/л. При больших концентрациях он вызывает сильные раздражения слизистой оболочки глаз и дыхательных путей. Сильное отравление вызывает головокружение, ослабление пульса, отек легких, судороги, потерю сознания, а пребывание человека в течение более 30 мин в помещении с концентрацией аммиака 0,5 - 1 % может привести к смертельному исходу. При отравлении аммиаком активизируется туберкулез, возможны параличи и глухота. Жидкий аммиак вызывает тяжелые ожоги. Особенно опасно попадание в глаза даже одной капли аммиака. Помимо возможного прободения роговицы, хрусталика и стекловидного тела ожог глаз аммиаком зачастую приводит к полной слепоте.

Аммиак горит при содержании в воздухе около 11 - 140/0, а при конденсации 16-28% смесь аммиака с воздухом становится взрывоопасной. В присутствии влаги аммиак разрушает медь, цинк, бронзу и другие сплавы меди, за исключением фосфористой бронзы. На черные металлы и алюминий он не действует. В воде аммиак хорошо растворяется, в масле - плохо.

Аммиак не оказывает отрицательного действия на пищевые продукты при кратковременном воздействии: они очень быстро абсорбируют его из воздуха, но в последующем при попадании продуктов в атмосферу чистого воздуха аммиак быстро улетучивается. Отрицательное влияние на качество продуктов аммиак оказывает при повышении концентрации в течение достаточно продолжительного времени - тогда происходит биологическая смерть таких продуктов, как плоды, овощи, яйца. На мясо и рыбу пары аммиака влияют также отрицательно, ухудшая их качество, что проявляется в изменении запаха, а после приготовления блюд из таких продуктов их консистенция значительно отличается от блюд, приготовленных из продуктов, не подвергшихся действию аммиака, а именно: мясо становится твердым, бульон имеет коричневый цвет и несвойственный ему запах. И все же необходимо подчеркнуть еще раз, что, несмотря на отмеченные недостатки, по термодинамическим свойствам аммиак является одним из лучших холодильных агентов, поскольку обладает высокой объемной холодопроизводительностью, высокой теплотой испарения.

Сильный запах аммиака позволяет обнаружить даже незначительную его концентрацию в воздухе, не превышающую допустимой нормы. Места утечек аммиака определяют с помощью индикаторной бумаги: при наличии аммиака в воздухе бумага должна покраснеть. Аммиак имеет низкую стоимость. Аммиачные баллоны окрашены в желтый цвет.

Хладон-12 (R12) в нормальных условиях представляет собой бесцветный газ со слабым запахом, который ощущается при концентрации в воздухе более 20%. Температура кипения при атмосферном давлении -  $-29,8^{\circ}\text{C}$ , температура замерзания -  $-155^{\circ}\text{C}$ . При концентрациях в воздухе этого хладагента более 30% наступает удушье из-за высокой плотности, которая препятствует поступлению свежего воздуха. Хладон-12 при



соприкосновении с нагретыми поверхностями или при воздействии открытого пламени при температуре выше  $330^{\circ}\text{C}$  разлагается, образуя ядовитые вещества: фтористый и хлористый водород, оксид углерода и фосген. Продукты разложения не имеют запаха и цвета, что увеличивает опасность отравления.

с точки зрения надежности хладон-12 является идеальным холодильным агентом для среднетемпературных малых холодильных машин.

Хладон-12 хорошо растворяется в масле; в воде он не растворяется. Утечки R12 обнаруживают с помощью галоидной лампы, обмыливанием и электронным течеискателем.

Хладон-22 (R22) в нормальных условиях представляет собой бесцветный газ со слабым запахом хлороформа, температура кипения -  $-40,8^{\circ}\text{C}$ , температура конденсации - не выше  $50^{\circ}\text{C}$ . R22 не горит, не взрывоопасен, но более вреден для человека, чем R12. Применяется для более низких температур кипения по сравнению с R12. R22 хорошо растворяет масло.

Хладон-22 имеет более высокие значения коэффициентов теплоотдачи при кипении и конденсации, чем хладон-12, что позволяет интенсифицировать работу теплообменных аппаратов, несколько уменьшить их габаритные размеры и сократить массу. Объемная холодопроизводительность R22 на ;, 60% выше, чем у R12. Хладон широко применяется в одноступенчатую'. холодильных установках в диапазоне  $-15 \dots -40^{\circ}\text{C}$ , в двухступенчатых . холодильных установках до температуры  $-90^{\circ}\text{C}$ .

Хладон-13(R13) используют в сверхнизкотемпературных системах, как правило, в нижней ветви каскадных машин, не горюч, не взрывоопасен, практически безвреден для человека. Температура кипения при атмосферном давлении -  $-81,5^{\circ}\text{C}$ , температура конденсации - не выше  $-10^{\circ}\text{C}$ . Имеет ограниченную растворимость в масле. Хладон-13 используют для получения температуры кипения  $-70 \dots -1^{\circ}\text{C}$ .

Наряду с чистыми фреонами широко применяют и их смеси: азеотропные и неазеотропные.

Азеотропными называются смеси, состоящие из двух и более компонентов (хладонов), которые кипят и конденсируются при постоянной температуре как однородные вещества.

Неазеотропные смеси характеризуются разделением равновесных концентраций компонентов в жидкой и газовой фазах. Кипение и конденсация неазеотропных смесей происходит при переменных температурах. Неазеотропные смеси применяют для увеличения холодопроизводительности, снижения температур конца сжатия, расширения диапазона применения по температурам кипения и конденсации.

Хладон-500 (R500). Хладон является смесью R152 (26,2%) и R12 (73,8%). Для компрессора с одним рабочим объемом цилиндров данная смесь обеспечивает на 20% больше холодопроизводительности, чем R12. Давление кипения хладона-500 -  $0,137 \text{ МПа}$  при  $-15^{\circ}\text{C}$ ; давление конденсации -  $0,779 \text{ МПа}$  при  $30^{\circ}\text{C}$ . Температура кипения при атмосферном давлении равна  $-33^{\circ}\text{C}$ , а скрытая теплота парообразования -  $189,87 \text{ кДж/кг}$  при  $-15^{\circ}\text{C}$ .

R500 используют в торговом и промышленном холодильном оборудовании и только в машинах с поршневыми компрессорами.

R500 довольно хорошо растворяется в масле и плохо - в воде. В связи с этим из этого агента рекомендуется удалять влагу с помощью осушителей.

Хладон-502 (R502) - азеотропная смесь хладона-22 (48,8%) и хладона-115 (51,2%). Температура кипения при атмосферном давлении  $-45,6^{\circ}\text{C}$ . По объемной холодопроизводительности и другим свойствам он близок к

хладону-33. Его можно применять до температуры конденсации 60°C ..  
Используется в средне- и низкотемпературных машинах, бытовых  
холодильниках, регенеративных циклах холодильных установок. Хладон-502  
имеет следующие преимущества по сравнению с хладоном-22: более  
стабилен и менее токсичен; увеличивает холодопроизводительность в  
низкотемпературном герметичном компрессоре на 10-30%.

Неазеотропные смеси широко применяются в герметичных компрессорах, их  
использование позволяет повысить надежность работы холодильного агрегата и снизить  
энергопотребление. Примером неазеотропной смеси  
может служить смесь хладагентов R502 и R113 в соотношении  
соответственно 85 и 15%.

Особенностью хладонов является их малая токсичность, негорючесть,  
взрывобезопасность, достаточно высокая термостойкость и химическая  
нейтральность. Однако следует помнить, что в присутствии открытого  
пламени хладоны разлагаются с образованием ядовитых веществ. Поэтому  
курить и пользоваться открытым пламенем в холодильных камерах  
категорически запрещается. Следует также иметь в виду, что в системах с  
герметичными компрессорами при сгорании электродвигателя могут  
образовываться токсичные вещества, поэтому разгерметизацию такой  
системы надо проводить с определенными мерами предосторожности.

Озонобезопасные хладагенты.

Защита окружающей среды от вредного воздействия различных машин и оборудования,  
в том числе и от работы холодильного оборудования, является весьма актуальной  
проблемой для всего человечества. Производимые в любой стране домашние  
холодильники неизбежно когда-то выходят из строя и это ведет к их разгерметизации и  
попаданию хладагента в окружающую среду. Как было установлено учеными, хладоны,  
попадая в окружающий воздух, вступают в химическую реакцию с озоновым слоем  
атмосферы и вызывают его разрушение. Это чревато для людей и всего живого на планете  
самыми серьезными последствиями. Поэтому в 1987 г. в Монреале представителями  
многих стран были приняты меры по ограничению производства веществ, разрушающих  
озоновый слой. Озоноразрушающая способность хладонов определяется наличием атомов  
хлора в молекуле и оценивается потенциалом разрушения озона ODP (Ozon Depletion  
Potential) и потенциалом "парникового эффекта" GWP (Global Warming Potential)  
относительно CO<sub>2</sub>. В своих исследованиях американские ученые показали механизм  
разрушения озонового слоя. Так как хладагенты значительно тяжелее воздуха, то, казалось  
бы, они не должны попадать в стратосферу. Однако хладон, попадая в атмосферу,  
взаимодействует с влагой и подвергается воздействию искровых разрядов  
(молний). Это приводит к гидролизу и пиролизу хладона с отщеплением  
атомов хлора. Атом хлора активно включается в процесс разрушения озона.  
Одна молекула хлора способна разрушить до ста тысяч молекул озона.

По степени озоноразрушающей активности хладагенты делят на две группы:

- хладагенты с высокой озоноразрушающей активностью (ODP>=1,0);
- хладагенты с низкой озоноразрушающей активностью (ODP<0,1) .

К первой группе относятся хладоны R11, R12, R13, R113, R114, R115, R500, R501 и др. Молекулярная формула каждого из хладонов не содержит атомов водорода (за исключением азеотропных смесей), поэтому их гидролиз и высокотемпературный пиролиз протекают с образованием свободных атомов хлора.

Ко второй группе относятся менее озонобезопасные хладоны R21, R22, R23, R30, R40, R123, R124, R140<sub>a</sub>, R160 и др. Молекулы каждого из названных хладонов содержат атом водорода и поэтому при гидролизе и пиролизе молекул хладонов в первую очередь образуется соляная кислота HCl, и в редких случаях при определенных условиях может выделиться несколько молекул свободного хлора. Этим и объясняется их низкая озонобезопасность.

Хладоны, не содержащие атомов хлора, являются полностью озонобезопасными. К ним относятся R116, R125, R143, R113<sub>a</sub>; R152<sub>a</sub>, R290, R600 и др.

В Казахстане к 2020 г. все холодильное оборудование должно работать на озонобезопасных хладонах. В этих целях должны быть разработаны новые холодильные машины, налажена новая технология выпуска как самих хладонов, так и холодильных масел, адсорбентов, новых материалов, приборов автоматики и контроля.

#### **Тема 4** Компрессорно-конденсаторные агрегаты

**Цель:** Изучить и освоить работу компрессорно-конденсаторных агрегатов

**План:**

1. Компрессоры объемного действия.
2. Компрессоры герметичные ротационные.
3. Компрессоры спиральные.
4. Компрессоры винтовые.

Компрессор холодильной машины обеспечивает сжатие паров холодильного агента, что является физически неотъемлемой частью процесса последующей конденсации холодильного агента в конденсаторе, создает в испарителе низкое давление и связанную с этим низкую температуру кипения, обеспечивает перемещение холодильного агента по всем элементам холодильной машины.

Компрессоры отличаются принципом действия, холодопроизводительностью, конструктивными признаками.

По принципу действия компрессоры разделяют на поршневые, ротационные, спиральные, винтовые, центробежные.

По холодопроизводительности компрессоры подразделяют на компрессоры малой холодопроизводительности (до 12 кВт), средней холодопроизводительности (от 12 до 90 кВт), большой холодопроизводительности (свыше 90 кВт). Холодопроизводительность компрессоров устанавливают при номинальном температурном режиме работы.

По конструкции компрессоры подразделяют на одноступенчатые или многоступенчатые (двух- и трехступенчатые).

По степени герметичности компрессоры делятся на открытые или сальниковые (электродвигатель соединяется с валом компрессора муфтой или клиноременной передачей), бессальниковые или разъемные, которые в ряде случаев не совсем корректно называются полугерметичными, герметичные. В герметичных компрессорах компрессор и электродвигатель размещаются в общем герметичном сварном неразъемном корпусе.

В современном торговом холодильном оборудовании в основном применяются холодильные машины, оснащенные поршневыми, ротационными и спиральными компрессорами. Поршневые компрессоры являются наиболее распространенным типом компрессоров. Ими комплектуются холодильные машины, обеспечивающие холодом торговое

холодильное оборудование и холодильные камеры.

Многообразие типов поршневых компрессоров обусловило необходимость их индексации. Для обозначения компрессоров принята буквенно-цифровая индексация. Первая буква в названии компрессора определяет хладагент, для которого предназначен компрессор (Ф - хладон (фреон), А - аммиак); вторая буква - расположение цилиндров (В - вертикальное, У - V-образное, уу - W-образное, или веерообразное). Цифра, стоящая за буквами в обозначении компрессора, отражает холодопроизводительность, выраженную в тысячах килокалорий в час ( $1 \text{ ккал/ч} = 1,163 \text{ Вт}$ ).

Для бессальниковых компрессоров в обозначение вводят буквы БС (например, ФВБС6) ИЛШ ПБ (например ПБ7).

Герметичные компрессоры в буквенной части названия имеют буквы Г (например ФГС, ФГЭС, ФГРС).

В отличие от открытого типа в герметичном компрессоре обмотка электродвигателя (статор) охлаждается потоком воздуха, прошедшего через конденсатор, а ротор, не имеющий электрических проводов, помещен внутрь экрана. В компрессоре реализован физический принцип наведения магнитного поля в роторе через магнитопроводящий материал, изготовленный с этой целью из нержавеющей стали.

Охлаждение статора потоком воздуха обеспечивает независимость компрессора от потерь холодильного агента из холодильной машины, что лишь в определенной мере можно считать эксплуатационным достоинством компрессора. Недостаток конструкции вытекает прежде всего из необходимости наведения магнитного поля в роторе через экран из нержавеющей стали. Создание статором необходимого магнитного поля предполагает увеличение энергозатрат и увеличение габаритных размеров статора сравнительно с электродвигателями компрессоров полностью герметичных той же холодопроизводительности. Вследствие совокупных причин компрессоры с экранированным ротором находят применение преимущественно в холодильных машинах, обслуживающих холодильные камеры.

Компрессоры объемного действия. Компрессоры герметичные ротационные

Работа компрессора (рис. 2) состоит в следующем. В положении катящегося ротора цилиндр имеет одну полость, заполненную холодильным агентом.

При вращении эксцентрикового вала компрессора объем холодильного агента в серповидном пространстве уменьшается, холодильный агент сжимается, повышается его температура и давление.

При дальнейшем перемещении ротора давление холодильного агента в нагнетательной полости повышается, открывается нагнетательный клапан и пары холодильного агента начинают поступать в конденсатор. Одновременно со сжатием происходит заполнение всасывающей полости компрессора паром. Всасывающий клапан в компрессоре отсутствует, поскольку ротор, перемещаясь по поверхности цилиндра, перекрывает всасывающее отверстие. Последующее движение ротора завершает процесс сжатия, холодильный агент поступает в полость всасывания.

Сравнительно с поршневыми компрессорами герметичные ротационные компрессоры имеют ряд преимуществ:

- они имеют меньшие габариты и массу;
- в них отсутствует всасывающий клапан, что повышает надежность компрессора;
- компрессор имеет хорошую уравновешенность, поскольку нет линейного перемещения поршня;
- небольшое количество движущихся частей снижает износ, повышает надежность, упрощает техническое обслуживание.

Эксплуатационные качества компрессора заключены в особенностях его конструкции. Серповидные объемы компрессора образованы, с одной стороны, контактом ротора с поверхностью разделительной лопасти, с другой - контактом ротора с поверхностью

цилиндра. Геометрически этот контакт происходит по линии, разделяющей полости нагнетания и всасывания (при давлении кипения и конденсации).

Контакт ротора и цилиндра должен быть таким, чтобы предотвратить перетекание холодильного агента из полости нагнетания в полость всасывания. Это возможно при качественной обработке поверхности ротора и цилиндра, исключающей любые зазоры между ними. Именно в этом заключается одна из эксплуатационных особенностей компрессора.

При загрязнении конденсатора холодильной машины уменьшается площадь поверхности теплообмена конденсатора и ротор компрессора нагревается, переходя порог, ограничивающий величину его теплового расширения.

Следствием этого могут быть царапины на поверхности ротора и цилиндра, в худшем случае может наблюдаться «заклинивание» ротора, т. е. остановка его вращения. Для торгового холодильного оборудования и системы кондиционирования воздуха герметичные ротационные компрессоры выпускаются холодопроизводительностью от 0,3 до 1,3 кВт.

### Компрессоры спиральные

Концепция создания холодильного компрессора спирального типа запатентована в 1905 г. французским инженером Леоном Креусом (Leon Creux). Однако в силу высоких технологических требований к изготовлению компрессора спиральные компрессоры стали создаваться лишь при внедрении в металлообработку станков с числовым программным управлением.

Впервые в мире на рынок холодильного оборудования спиральный компрессор представила американская фирма Copeland.

В настоящее время он производится рядом зарубежных фирм - Danfos, Hitachi, Jork и др.

Подвижная спираль не должна вращаться вокруг своей оси. Она совершает движение только по определенной орбите, в основном круговой, вокруг оси неподвижной спирали. Спиральный компрессор состоит из двух спиралей - неподвижной и подвижной.

Одна из спиралей, связанная с эксцентриковым валом, совершает плоскопараллельное орбитальное движение. Вторая спираль закреплена неподвижно относительно корпуса компрессора. В процессе работы места контакта (к) подвижной спирали перемещаются по профилю неподвижной спирали против часовой стрелки. Образующиеся при этом замкнутые серповидные полости концентрически перемещаются от периферии к центру.

В начальный момент, когда полость еще не замкнута, в нее свободно входит всасываемый пар. В дальнейшем пар перемещается к центру, испытывая повышение давления и температуры из-за уменьшения объема полости, и в конце процесса сжатия через нагнетательное отверстие в центре выводится из компрессора. Количество движущихся частей спирального компрессора сравнительно с поршневым компрессором снижено на 80% (с 15 у поршневого до 3 у спирального). Движущаяся спираль совершает плавное движение, так как она хорошо сбалансирована. Поэтому движение потока на всасывании и нагнетании имеет непрерывный характер, что обеспечивает практически бесшумную работу компрессора. Он в 8 раз «тише», чем поршневой аналог. Спиральный компрессор не боится «влажного хода», а равным образом и механических примесей. Пуск компрессора происходит без нагрузки, поэтому не требует специального вспомогательного пускового устройства. Спиральные компрессоры имеют наименьший процент отказов по сравнению с компрессорами любых других типов, в силу чего их по праву считают «вечными».

В целом достоинства спиральных компрессоров перед герметичными поршневыми или бессальниковыми аналогами можно отразить в виде перечня следующих качеств:

- высокая надежность и повышенный срок службы благодаря небольшому количеству деталей, участвующих в процессе сжатия хладагента;
- крайне низкий уровень шума вследствие отсутствия клапанов и возвратно поступательного движения деталей;

- крайне малая вибрация вследствие плавного, непрерывного сжатия; очень высокий коэффициент подачи из-за отсутствия «мертвого пространства» ;
- стабильность работы компрессора при работе «влажным ходом» и попадании в зону сжатия механических примесей;
- малый пусковой момент и пусковые токи. Для однофазных моделей нет необходимости в пусковом оборудовании;
- компактность и малая масса.

Компрессоры в агрегатах фирмы Copeland поставляются заполненными минеральным маслом для работы на R22 или полиэфирным маслом для работы на новых озонобезопасных хладагентах либо на R22.

Спиральные компрессоры используются в холодильных машинах малой и средней холодопроизводительности. Так же как и компрессионные, они могут быть в герметичном исполнении, бессальниковыми и сальниковыми.

Стоимость спиральных компрессоров сопоставима или даже ниже стоимости поршневых компрессоров.

Относительным «недостатком» компрессора является необходимость его изготовления на станках с ЧПУ, поскольку спиральный компрессор - это техническая конструкция очень высокого технологического уровня и организации производства.

### Компрессоры винтовые

Винтовые компрессоры - компрессоры объемного типа, в которых сжатие холодильного агента осуществляется за счет уменьшения замкнутого объема рабочей полости.

Пар в этой полости движется в осевом и радиальном направлениях. Сжатие пара продолжается до тех пор, пока полость между выступом и впадиной не достигнет нагнетательного окна в цилиндре.

К достоинствам этого типа компрессора относят возможность плавного регулирования холодопроизводительности, возможность работы

Контрольные вопросы:

1. Какая принята в холодильной технике классификация компрессоров?
2. В чем состоят конструктивные особенности непрямочных сальниковых компрессоров открытого типа?
3. Каков принцип работы клапанов поршневого компрессора 2ФВ4?
4. Как устроено сальниковое уплотнение компрессора?
5. Каковы эксплуатационные достоинства и недостатки компрессоров герметичных?
6. В чем состоит конструктивная особенность компрессоров герметичных с экранированным ротором?
7. Каковы конструктивные и эксплуатационные особенности спиральных компрессоров?
8. Каким образом обеспечивается сжатие холодильного компрессора в винтовых компрессорах?
9. Каковы конструктивные особенности центробежных компрессоров?
10. В чем смысл коэффициента подачи компрессора?
11. От чего зависит величина объемных потерь в цилиндре компрессора?
12. Как оценивается величина энергетических потерь в компрессоре холодильной машины?
13. Какие параметры являются основой для выбора холодильной машины?

## Тема 5 Теплообмен в испарителях и конденсаторах

**Цель:** Изучить теплообмен в испарителях и конденсаторах. Особенности холодильного оборудования предприятий общественного питания

**План:**

1. Испарители и воздухоохладители.
2. Конденсаторы.
3. Конденсаторы водяного охлаждения.
4. Конденсаторы с возвратом охлаждающей воды.

Основными теплообменными аппаратами холодильной машины являются испаритель и конденсатор.

Целевое назначение теплообменных аппаратов - обеспечить интенсивный обмен тепла между холодильным агентом и охлаждаемой (испаритель) и теплоотводящей (конденсатор) средами.

Интенсивность любого теплообмена зависит от разности темпера; тур между средами, свойств, прежде всего теплофизических, этих сред, свойств материала, через который осуществляется теплоперенос, скорости движения сред, участвующих в теплообмене.

Поскольку коэффициент теплоотдачи от внутренней поверхности теплообмена, например испарителя, к холодильному агенту существенно выше коэффициента теплоотдачи от воздуха к наружной поверхности, то для обеспечения большой величины теплового потока  $Q$ , Вт, следует увеличить наружную площадь поверхности теплообмена посредством ее оребрения.

Оребрение, т. е. увеличение площади поверхности теплообмена, применяют к той части поверхности, со стороны которой коэффициент теплоотдачи меньше. Это относится ко всем типам теплообменных аппаратов - испарителям и конденсаторам. Причем чем больше степень оребрения теплообменного аппарата, тем меньше его габаритные размеры, что существенно при создании и эксплуатации компактных конструкций холодильных машин торгового холодильного оборудования и кондиционеров.

Увеличить тепловой поток  $Q$  можно, увеличивая коэффициент теплоотдачи от охлаждаемой или теплоотводящей среды. Это достигается увеличением скорости движения среды (посредством применения вентиляторов) или заменой самой среды, если это технически и технологически оправдано. Например, заменяя в конденсаторах воздух жидкой теплоотводящей средой, скажем водой, увеличивают теплоотвод в конденсаторе и одновременно уменьшают его габаритные размеры. Это обстоятельство важно, когда появляется необходимость отводить с поверхности конденсатора значительное количество тепла.

Конденсатор осуществляет эффективный отвод теплоты конденсации, если его поверхность во время эксплуатации остается чистой. При наличии на поверхности конденсатора пыли или грязи сумма термических сопротивлений слоев становится больше.

Современные холодильные машины, устанавливаемые в торговом холодильном оборудовании, комплектуются компактными конденсаторами. Они имеют большую величину оребрения поверхности теплообмена. Воздушные зазоры между ребрами в таких конденсаторах невелики, поэтому с целью предотвращения попадания пыли между ребрами устанавливают на конденсаторе съемный воздушный фильтр.

Испарители и воздухоохладители

Испарители для охлаждения воздуха

По типу охлаждаемой среды различают испарители для охлаждения воздуха и жидкого хладоносителя.

По конструкции испарители разделяют на ребристые типа ИРТ, ИРСН, БНР (для судовых установок), гладкотрубные. Гладкотрубные испарители применяют для судовых холодильных установок и в холодильных камерах большой площади загрузки (150-250 м<sup>2</sup>).

На холодильном транспорте используются аккумуляционные плиты-испарители.

По способу заполнения испарителей холодильным агентом они подразделяются на сухие, затопленные и комбинированные. В сухих испарителях ЖИДКИЙ холодильный агент подается сверху; пары откачиваются компрессором из испарителя снизу. В торговом холодильном оборудовании применяются в основном сухие испарители, в которые жидкий холодильный агент поступает сверху, а пары отводятся снизу. Уровень жидкости в испарителе отсутствует.

В затопленных испарителях при нижней подаче в него холодильного агента устанавливается заданный уровень жидкости, определяемый общим расходом холодильного агента, проходящего через испаритель. Каждый из способов подачи холодильного агента в испаритель имеет теплотехнические достоинства и недостатки. При нижней подаче практически вся поверхность испарителя участвует в теплообмене, чем достигается большой теплоотвод.

При верхней подаче холодильного агента проще обеспечивается возврат масла из испарителя в компрессор. Кроме того, сравнительно с затопленными испарителями в холодильной машине может находиться меньшее количество холодильного агента.

Воздушные ребристые испарители, например типа ИРТ, используют в торговом ХОЛОДИЛЬНОМ оборудовании. Основным элементом испарителя является секция, состоящая из труб с насаженными на них ребрами. Секции изготавливают двух- и четырехтрубными.

### Конденсаторы

По типу теплоотводящей среды различают конденсаторы воздушного и водяного охлаждения. В холодильных агрегатах торгового холодильного оборудования преимущественно применяют конденсаторы воздушного охлаждения.

По сравнению с конденсаторами водяного охлаждения они проще в монтаже и эксплуатации.

Конденсаторы воздушного охлаждения подразделяют на конденсаторы с конвективным и принудительным движением воздуха.

### Воздушные конденсаторы

В ХОЛОДИЛЬНОМ оборудовании с небольшой тепловой нагрузкой (домашние холодильники, холодильные шкафы, витрины) устанавливаются конденсаторы с конвективным (естественным) движением воздуха.

Основным достоинством таких конденсаторов является отсутствие шума в работе.

Коэффициент теплопередачи конденсаторов не превышает величины 4-6 Вт/(м<sup>2</sup>•К).

Конденсаторы с принудительным движением воздуха, как и воздухоохладители, снабжены вентиляторами.

Коэффициент теплопередачи конденсаторов с принудительным движением воздуха составляет 25-35 Вт/(м<sup>2</sup>•К). Вследствие этого в торговом холодильном оборудовании



преимущественное распространение получили конденсаторы с принудительным движением воздуха.

#### Конденсаторы водяного охлаждения

Конденсаторы водяного охлаждения подразделяют на конденсаторы проточного типа и конденсаторы, в которых обеспечивается обратное снабжение.

Конденсатором проточного типа называют конденсаторы, в которых охлаждаемая среда (вода) после отвода тепла конденсации удаляется в канализацию.

Конденсаторы водяного охлаждения конструктивно не отличаются от испарителей аналогичного технического исполнения. Например, кожух конденсатора КТР-3 выполнен из стальной трубы диаметром 0,19 м и длиной 0,9 м. К одному концу кожуха приварено сферическое дно. Другой конец кожуха закрыт крышкой с направляющими для воды, обеспечивающими множество проходов. Пары холодильного агента подаются в верхнюю часть конденсатора, жидкий холодильный агент удаляется из нижней части конденсатора. Хладон конденсируется в межтрубном пространстве, а вода циркулирует внутри оребренных труб змеевика.

Существенным недостатком проточных конденсаторов является большой расход воды, протекающей через него. Например, расход воды через конденсатор КТР-3 составляет порядка 1,5 м<sup>3</sup>/ч. Поэтому все конденсаторы проточного типа обязательно комплектуются водорегулирующими вентилями (ВРВ). В ВРВ чувствительным элементом является сильфон, на который воздействует давление конденсации. Усилие от сильфона передается через шток на клапан. При повышении давления конденсации сильфон растягивается, его кожух опускается, сжимая пружину. Шток перемещается вниз, отжимая клапан от седла, и вода поступает через вентиль в конденсатор. При понижении давления в конденсаторе действие рабочих элементов обратное.

После прекращения работы компрессора клапан поджимается к седлу, прекращая подачу воды. Однако при этом допускается протечка через клапан до 5% от количества воды, циркулирующей через конденсатор. Настройка вентиля осуществляется вращением винта задатчика.

Кроме установки в холодильной машине ВРВ прибегают к техническим решениям, обеспечивающим повторное использование воды, выходящей из конденсатора.

В режиме экономии воды работают оросительные и испарительные конденсаторы.

#### Конденсаторы с возвратом охлаждающей воды

##### Оросительные конденсаторы

Конденсаторы этого типа представляют вертикально расположенные змеевики, на которые сверху через распределительное устройство подается вода. Вода стекает по трубам, частично испаряясь, и падает в емкость, из которой вновь поступает в распределительное устройство. Потери воды компенсируют ее подачей из водопровода через поплавковое устройство.

Оросительные конденсаторы применяют в основном в аммиачных холодильных машинах большой холодопроизводительности.

##### Испарительные конденсаторы .

Они представляют собой трубчатые змеевики, размещенные внутри металлического шкафа.

Конденсаторы этого типа могут быть использованы в интервале тепловых нагрузок от 3,5 до 350 кВт и более. В испарительных конденсаторах вода непрерывно циркулирует между водяным баком и форсунками. Наружный воздух засасывается вентилятором, прогоняется через корпус и выбрасывается наружу. Влага отделяется на водоотделителе. Расход воды в этих конденсаторах обычно не превышает 10% от расхода воды в проточных конденсаторах.

Эксплуатационным недостатком конденсаторов является необходимость обеспечивать жесткий режим водоподготовки, исключающий прежде всего развитие водорослей. Кроме того, вода должна быть чистой, без механических частиц и грязи.

Серьезной проблемой является размещение конденсатора. При размещении конденсатора в контуре здания требуется специальное помещение, в котором обеспечивается очистка воздуха, выбрасываемого наружу за пределы контура здания. При размещении конденсатора за пределами контура здания, например на крыше здания, возникает проблема эксплуатации конденсатора в зимнее время, связанная с возможным замерзанием воды.

В связи с многочисленными техническими сложностями конденсаторы этого типа предпочтительно эксплуатировать в теплой климатической зоне.

## **Планы практических занятий**

### **Тема 1** Структурные компоненты продуктов, изменение их свойств

**Цель:** Изучить структурные компоненты продуктов, изменение их свойств

**План:**

1. Формы связи влаги с компонентами продукта.
2. Структурные компоненты продуктов, изменение их свойств.
3. Гистологические и цитологические особенности структуры продуктов.

**Литература:** 6, с.12-42.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие формы связи влаги с компонентами продукта известны?
2. Чем отличается физико-химическая форма связи влаги от химической?
3. В чем в биологическом плане различие продуктов животного и растительного происхождения?
4. Каковы основные структурные компоненты продукта?
5. Какова роль минеральных веществ и веществ органического происхождения в создании осмотического давления раствора тканевого сока?
6. Как оценивается осмотическое давление раствора?
7. В чем, состоят гистологические особенности структуры продуктов животного и растительного происхождения?

### **Тема 2** Микрофлора пищевых продуктов

**Цель:** Ознакомиться с микрофлорой пищевых продуктов

**План:**

1. Микрофлора пищевых продуктов.
2. Взаимодействие микрофлоры со средой.

**Литература:** 6, с.12-42.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие виды микрофлоры известны?
2. Чем обусловлено ухудшение качества хранимых продуктов?
3. В чем состоит суть питания и дыхания микроорганизмов?
4. Каковы факторы внешнего воздействия на микрофлору?
5. Какие методы борьбы с микрофлорой наиболее употребительны в технологической практике хранения продуктов?

### **Тема 3** Охлаждение продуктов.

**Цель:** Определить граничные условия при охлаждении продуктов

**План:**

1. Охлаждение продуктов.
2. Граничные условия при охлаждении.

### 3. Методы охлаждения основных продуктов

**Литература:** 8, с.12-42.

**Контрольные вопросы:**

1. Что включает понятие «температурное поле продукта»?
2. Чем различаются начальные и граничные условия?
3. В какой мере влажная поверхность влияет на длительность охлаждения?
4. Как учитывается при охлаждении радиационная составляющая теплового баланса?
5. Какие факторы влияют на усушку продукта?
6. Каковы методы борьбы с усушкой?
7. Какие методы используются для охлаждения растительных продуктов?
8. В чем состоит суть метода регулярного теплового режима?
9. Как оценить длительность охлаждения?
10. Дать краткую характеристику основных методов охлаждения продуктов.
11. Каким образом обеспечивается охлаждение продуктов на предприятиях общественного питания и торговли?

### **Тема 4** Замораживание продуктов.

**Цель:** Изучить особенности замораживания продуктов.

**План:**

1. Замораживание продуктов.
2. Льдообразование в тканевых системах.

**Литература:** 2, с.12-42.

**Контрольные вопросы:**

1. Каков механизм образования кристаллов льда?
2. Чем обусловлено изменение тканевой структуры при замораживании?
3. От чего зависит количество вымороженной воды?
4. Как изменяются теплофизические характеристики при замораживании продукта?
5. Какие допущения принимаются при выводе формулы Р. Планка?
6. Как соотносятся длительности замораживания тел простой стереометрической формы?
7. Какими методами возможна интенсификация замораживания?
8. Какие технические средства используются для замораживания продуктов?
9. В чем состоит специфика замораживания продуктов на предприятиях общественного питания и торговли?

### **Тема 5** Холодильное хранение продуктов

**Цель:** Изучить и освоить процесс холодильного хранения продуктов

**План:**

1. Холодильное хранение продуктов.
2. Условия и сроки хранения отдельных видов продуктов

**Литература:** 3, с.12-42.

**Контрольные вопросы:**

1. Каковы основные требования к холодильному хранению продуктов животного и растительного происхождения?
2. В чем состоит суть методов хранения, использующих эффект «биологического вакуума»?
3. Каково влияние барометрического давления на длительность холодильного хранения продуктов?
4. От чего зависит величина усушки при холодильном хранении продуктов?
5. Какими техническими средствами обеспечивается сохранность продукта?
6. От чего зависит перекристаллизация льда в продуктах при холодильном хранении и как перекристаллизация влияет на изменение качества продуктов?
7. Какие методы холодильного хранения продуктов широко используются в практике хранения продуктов в общественном питании и торговле?

### **Тема 6** Отопление и размораживание продуктов

**Цель:** Освоить особенности процесса отопления и размораживания продуктов

**План:**

1. Отопление и размораживание продуктов.
2. Оценка условий влаговыведения на поверхности продукта

**Литература:** 6, с.12-42.

**Контрольные вопросы:**

1. В чем состоит цель отопления продукта?
2. Каким образом при отоплении продукта обеспечивается отсутствие влаговыведения на его поверхности?
3. Какими техническими средствами осуществляется процесс отопления?
4. Какова цель размораживания продукта?
5. Какими техническими средствами обеспечивается размораживание продукта?
6. Каковы методы интенсификации процесса размораживания продукта?

### **Тема 7** Теоретические основы получения искусственного холода.

**Цель:** Определить теоретические основы получения искусственного холода

**План:**

1. Теоретические основы получения искусственного холода.
2. Охлаждение при помощи дросселирования
3. Эффект Джоуля=Томсона.
4. Перенос тепла в холодильной машине.
5. Цикл Карно

**Литература:** 6, с.12-42.

**Контрольные вопросы:**

1. Какие условия теплового баланса?
2. Что такое регенеративный теплообменник?
3. Чему равно количество теплоты, передаваемой от капиллярной трубки всасывающему трубопроводу?
4. Как рассчитывается количество передаваемой от капиллярной трубки теплоты?
5. Как осуществляется охлаждение при помощи дросселирования?

6. Как происходит перенос тепла в холодильной машине?
7. Цикл Карно

### **Тема 8** Холодильные агенты

**Цель:** Изучить основные свойства холодильных агентов

**План:**

1. Холодильные агенты.
2. Основные свойства холодильных агентов

**Литература:** 5, с.12-42.

**Контрольные вопросы:**

1. Как защитить окружающую среду от вредного воздействия различных машин и оборудования?
3. Почему производимые в любой стране домашние холодильники неизбежно когда-то выходят из строя? хладоны
4. Что происходит при попадании хладона в окружающий воздух?
5. Какие последствия для людей и всего живого?

### **Тема 9** Хладоносители.

**Цель:** Освоение типов хладоносителей

**План:**

1. Хладоносители.
2. Типы хладоносителей.
3. Возможность применения в холодильной машине

**Литература:**4, с.12-42.

**Контрольные вопросы:**

- 1.

### **Тема 10** Компрессоры холодильных машин.

**Цель:** Разработать классификацию компрессоров холодильных машин

**План:**

1. Компрессоры холодильных машин.
2. Классификация компрессоров

**Литература:** 6, с.12-42.

**Контрольные вопросы:**

1. Какая принята в холодильной технике классификация компрессоров?
2. В чем состоят конструктивные особенности непрямоточных сальниковых компрессоров открытого типа?
3. Каков принцип работы клапанов поршневого компрессора 2ФВ4?
4. Как устроено сальниковое уплотнение компрессора?
5. Каковы эксплуатационные достоинства и недостатки компрессоров герметичных?
6. В чем состоит конструктивная особенность компрессоров герметичных с экранированным ротором?
7. Каковы конструктивные и эксплуатационные особенности спиральных

компрессоров?

8. Каким образом обеспечивается сжатие холодильного компрессора в винтовых компрессорах?

9. Каковы конструктивные особенности центробежных компрессоров?

10. В чем смысл коэффициента подачи компрессора?

11. От чего зависит величина объемных потерь в цилиндре компрессора?

12. Как оценивается величина энергетических потерь в компрессоре холодильной машины?

13. Какие параметры являются основой для выбора холодильной машины?

<b>Заглавие книги</b>	Холодильная техника и технология при производстве консервов и пищеконцентратов
<b>Авторы книги</b>	Щербаков А.М.
<b>Краткое описание (аннотация)</b>	Учебно-методический комплекс по дисциплине «Холодильная техника и технология при производстве консервов и пищеконцентратов» предназначен для студентов, обучающихся по специальности 5В072700 – Технология продовольственных продуктов. Учебно-методический комплекс содержит тезисы лекций, контрольные вопросы к экзаменам, план практических работ, а так же задания на СРС и СРСП
<b>Год издания</b>	2013
<b>Место издания и издательство</b>	КГУ им.А. Байтурсынова
<b>Язык текста</b>	русский
<b>ББК</b>	ББК 20.1
<b>УДК</b>	-
<b>Раздел</b>	Учебно-методический комплекс
<b>Специальность</b>	5В072700 – Технология продовольственных продуктов
<b>Ключевые слова</b>	Холодильная техника, технология, производство консервов и пищеконцентратов