

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-технологический институт

А.А. Курочкин, А.И. Купреенко,  
Х.М. Исаев, П.К. Воронина

# **ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ**

(Учебное пособие)

Брянск, 2017

УДК 65.13.21

ББК 36.9

**X65**

**Холодильная техника и технология в вопросах и ответах: учебное пособие** / А.А. Курочкин, А.И. Купреенко, Х.М. Исаев, П. К. Воронина. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2017. – 90 с.

В пособии представлены краткие сведения по холодильной технологии пищевых продуктов, приведены общие сведения о хладагентах и теоретические основы работы холодильных машин; рассмотрены особенности рабочего процесса холодильного оборудования, применяемого на предприятия общественного питания.

Материал, подготовленный в виде вопросов и кратких ответов на них, составлен в соответствии с программой дисциплин «Холодильное и вентиляционное оборудование» и «Холодильная техника» и предназначен для объективной оценки знаний студентов при сдаче ими зачета.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания профиль Технология продуктов общественного питания и 19.03.03 Продукты питания животного происхождения профиль Технология мяса и мясных продуктов.

Учебное пособие может быть полезно при обучении и аттестации специалистов по производству пищевой продукции.

Рецензент: С. В. Тимохин, д.т.н., профессор кафедры «Тракторы, автомобили и теплоэнергетика» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет».

*Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического факультета Брянского ГАУ, протокол №12 от 31 августа 2017 года.*

© Брянский ГАУ, 2017  
© Курочкин А.А., 2017  
© Купреенко А.И., 2017  
© Исаев Х.М., 2017  
© Воронина П. К., 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Словарь основных терминов и определений.....	5
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ.....	12
Тема 1. Теоретические основы холодильной технологии.....	12
Тема 2. Принцип работы и основы теории холодильных машин.....	17
Тема 3. Холодильное оборудование.....	27
ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ.....	32
Тема 1. Теоретические основы холодильной технологии.....	32
Тема 2. Принцип работы и основы теории холодильных машин.....	46
Тема 3. Холодильное оборудование.....	76
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	89

## Введение

Проблема снижения потерь сырья и пищевых продуктов, а также сохранения их качества при холодильной обработке и хранении является объектом постоянного внимания ученых и практиков как в каждой отдельно взятой стране мира, так и в крупнейших международных организациях.

Известно, что большая часть производимой в нашей стране животноводческой продукции подвергается той или иной холодильной обработке для предотвращения порчи и сокращения потерь. При этом обработка холодом по сравнению с другими методами консервирования вызывает минимальные изменения первоначальных свойств сырья и готовой продукции.

В связи с этим бакалавры, обучающиеся по направлениям 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания профиль Технология продуктов общественного питания и 19.03.03 Продукты питания животного происхождения профиль Технология мяса и мясных продуктов в результате изучения дисциплин «Холодильное и вентиляционное оборудование» и «Холодильная техника» должны знать свойства сырья, технологию производства охлажденных и быстрозамороженных продуктов, основы производства и применения искусственного холода для целей холодильной обработки и хранения пищевых продуктов, современные тенденции в проектировании технологического и торгового холодильного оборудования, а также его принципы работы и правила эксплуатации.

Целью данного учебного пособия является формирование у бакалавров указанного направления компетенций в области холодильной обработки продукции растительного и животного происхождения и эксплуатации холодильной техники.

Представленное учебно-методическое пособие включает две части. В первой из них приведены тестовые задания по трем темам дисциплины, а во второй – краткие ответы на них.

Материал учебного пособия в значительной степени адаптирован для компьютерного тестирования с помощью обучающе-контролирующих комплексов, применяемых в современных информационных технологиях.

## **Словарь основных терминов и определений**

**Абсорбционная (адсорбционная) холодильная система** – система, в которой выработка холода осуществляется в результате испарения хладагента. При этом абсорбер (адсорбер) поглощает пары хладагента, которые впоследствии выделяются из него в процессе нагрева с повышением парциального давления и затем под этим давлением конденсируются при охлаждении.

**Абсорбционная холодильная машина** – теплоиспользующая холодильная машина с применением абсорбции и десорбции.

**Бессальниковый холодильный компрессор** – холодильный компрессор со встроенным электродвигателем, имеющий внешние корпусные детали.

**Влажный ход холодильного компрессора** – режим работы парового холодильного компрессора, при котором пар в компрессоре содержит часть жидкого холодильного агента.

**Воздушная компрессионная холодильная машина** – газовая компрессионная холодильная машина, в которой холодильным агентом является воздух.

**Газовая компрессионная холодильная машина** – компрессионная холодильная машина, в которой газообразный холодильный агент сохраняет свое агрегатное состояние.

**Генератор абсорбционной холодильной машины** – аппарат абсорбционной холодильной машины для выпаривания холодильного агента.

**Герметичный холодильный компрессор** – холодильный компрессор с электродвигателем в герметичном кожухе.

**Домораживание пищевого продукта** – процесс понижения температуры замороженного продукта до температуры его хранения.

**Замораживание пищевого продукта** – регулируемый процесс понижения температуры пищевого продукта ниже его криоскопической температуры.

**Жидкостный ресивер** – емкость, постоянно связанная с системой входящим и выходящим трубопроводами и предназначенная для хранения жидкого хладагента.

**Замораживание** – превращение основной массы влаги, содержащейся в объекте охлаждения, в лед.

**Изотермический транспорт** – транспортное (транспортабельное) средство, имеющее теплоизолированный кузов, снижающий теплопритоки к пищевым продуктам при их транспортировании.

**Искусственное охлаждение** – охлаждение с помощью холодильных машин.

**Искусственное охлаждение хладоносителем** – отвод теплоты от объекта охлаждения хладоносителем.

**Испаритель** – часть оборудования холодильной системы, в которой жидкий хладагент испаряется, чтобы произвести охлаждение.

**Испаритель кожухотрубный** – испаритель, образованный пучком труб, оба конца которых закреплены в трубных досках, заключенных в кожух, закрытый, в свою очередь, одной или двумя крышками либо не закрытый; одна из этих жидкостей протекает по трубам, другая – в пространстве между трубами и кожухом.

**Каскадная парокompрессионная холодильная машина** – холодильная машина, в которой осуществляется несколько холодильных циклов и охлаждение конденсирующегося холодильного агента в одном цикле осуществляется кипящим холодильным агентом в другом цикле.

**Компессионная холодильная машина** – холодильная машина, в которой холодильный цикл осуществляется с помощью механического компрессора.

**Компессионно-испарительный агрегат** – агрегат, в состав которого входят один или несколько компрессоров и другое, как правило, унифицированное для различных холодильных систем штатное оборудование, в том числе один или несколько испарителей и, возможно, ресивера.

**Криогидратная температура пищевого продукта** – температура пищевого продукта, соответствующая окончанию льдообразования.

**Криоскопическая температура пищевого продукта** – температура начала льдообразования в пищевом продукте.

**Льдогенератор** – холодильная установка для производства льда.

**Многоступенчатая холодильная машина** – холодильная машина, в которой холодильный цикл осуществляется с многоступенчатым сжатием холодильного агента с охлаждением между ступенями.

**Непосредственное искусственное охлаждение** – отвод теплоты от объекта охлаждения непосредственно холодильным агентом.

**Номинальная холодопроизводительность** – холодопроизводительность при заданных температурных режимах.

**Оборудование холодильной системы** – оборудование холодильной системы, включающее все или часть следующих устройств: компрессор, конденсатор, испаритель, парогенератор, абсорбер (адсорбер), ресивер, соединительный трубопровод.

**Осушитель холодильного агента** – устройство для удаления влаги из холодильного агента.

**Отделитель жидкости** – резервуар, находящийся на всасывающем трубопроводе пароконденсионной холодильной машины для предотвращения попадания жидкого хладагента в компрессор.

**Отепление пищевого продукта** – регулируемое повышение температуры охлажденного или замороженного пищевого продукта до температуры их холодильного хранения и транспортирования.

**Оттаивание** – удаление снеговой шубы с элементов холодильной машины подводом теплоты.

**Охлаждение пищевого продукта** – регулируемый процесс понижения температуры пищевого продукта до значения не ниже криоскопической температуры.

**Паровая компрессионная холодильная машина** – компрессионная холодильная машина, в которой холодильный агент изменяет свое агрегатное состояние.

**Пароэжекторная холодильная машина** – теплоиспользующая холодильная машина с применением эжекции холодильного агента.

**Подмораживание пищевого продукта** – регулируемый процесс понижения температуры поверхностного слоя пищевого продукта ниже криоскопической с частичным льдообразованием содержащейся в нем воды, При этом глубина поверхностного слоя и величина доли вымороженной воды устанавливаются техническими регламентами.

**Предохранительный клапан** – приводимый в действие давлением нормально закрытый при помощи пружины или других средств клапан, предназначенный для автоматического понижения давления в случае превышения допустимого значения. Кроме того, он предназначен для последующего автоматического перекрытия потока хладагента при понижении его давления ниже установленного значения.

**Размораживание пищевого продукта** – регулируемый процесс повышения температуры замороженного пищевого продукта выше его криоскопической температуры.

**Рефрижераторный транспорт** – транспортное (транспортабельное) средство, имеющее теплоизолированный кузов, оборудованный холодильной или холодильно-обогревающей установкой, обеспечивающее регулируемый процесс поддержания заданных температурных параметров пищевых продуктов при их транспортировании.

**Реле давления (устройство ограничения давления)** – прибор, приводимый в действие давлением (например, реле высокого давления), предназначенный для остановки работы узла, создающего давление, и позволяющий дать сигнал тревоги.

**Сальниковый холодильный компрессор** – холодильный компрессор с уплотнением приводного конца вала.



**Скорость охлаждения пищевого продукта** – отношение половины толщины пищевого продукта к продолжительности понижения температуры в термическом центре пищевого продукта от начальной температуры до заданной конечной температуры.

**Скорость замораживания пищевого продукта** – скорость перемещения границы льдообразования в пищевом продукте, измеряемая в см/ч.

**Снеговая шуба** – слой замерзшей влаги на охлаждающей поверхности.

**Сравнительные условия работы холодильного оборудования** – температурные режимы, принятые для сравнения основных параметров холодильного оборудования.

**Сторона высокого давления** – часть холодильной машины (установки), находящаяся под давлением нагнетания.

**Сторона низкого давления** – часть холодильной машины (установки), находящаяся под давлением всасывания.

**Сухой ход холодильного компрессора** – режим работы парового холодильного компрессора, при котором пар в компрессоре находится в перегретом состоянии.

**Темперирование пищевого продукта** – выдерживание охлажденного или замороженного пищевого продукта при температуре, заданной технологией конкретного вида продукта.

**Теплоиспользующая холодильная машина** – холодильная машина, в которой холодильный цикл осуществляется за счет подвода теплоты.

**Термическое состояние пищевого продукта** – состояние пищевого продукта, характеризующееся заданной температурой и агрегатным состоянием воды в пищевом продукте, обеспечиваемое холодильными технологическими процессами обработки пищевого продукта и холодильным хранением.

**Термический центр пищевого продукта** – точка внутри пищевого продукта, с наиболее высокой температурой в конце процесса охлаждения или замораживания и наиболее низкой в конце процесса размораживания.

**Удельная холодопроизводительность** – отношение холодопроизводительности к потребляемой мощности.

**Усушка пищевого продукта при холодильной обработке** – потеря массы пищевого продукта в процессе его холодильной обработки и хранения за счет естественного испарения воды или сублимации части содержащегося в нем льда.

**Фильтр-осушитель холодильного агента** – устройство для осушения и фильтрования холодильного агента.

**Хладоноситель** – любая жидкость, используемая для передачи тепла без изменения ее агрегатного состояния.

**Холодильный абсорбер** – абсорбер для поглощения пара холодильного агента.

**Холодильный агент (хладагент)** – используемая в холодильной системе рабочая среда, которая поглощает теплоту при низких значениях температуры и давления и выделяет теплоту при более высоких значениях температуры и давления. Этот процесс сопровождается изменением агрегатного состояния рабочей среды.

**Холодильный агрегат** – агрегат, состоящий из конструктивно объединенных основных и вспомогательных элементов холодильной машины.

**Холодильный воздухоотделитель** – устройство для удаления воздуха и других неконденсирующихся газов из холодильного агента.

**Холодильный испаритель** – часть оборудования холодильной системы, в которой жидкий хладагент испаряется, чтобы произвести охлаждение

**Холодильная камера** – камера с искусственным охлаждением.

**Холодильный компрессор** – устройство, позволяющее механически повышать давление хладагента.

**Холодильный конденсатор** – теплообменник, в котором хладагент после сжатия при соответствующем давлении конденсируется, отдавая тепло хладагента внешней охлаждающей среде.

**Холодильная машина** – машина, осуществляющая перенос теплоты с низкого температурного уровня на более высокий с целью охлаждения.

**Холодильная техника** - область техники, предметом которой является искусственное охлаждение.

**Холодильная технология пищевых продуктов** – регулируемые изменения термического состояния пищевых продуктов, включающие в себя процессы охлаждения и/или отепления, и/или подмораживания, и/или домораживания, и/или замораживания, и/или размораживания, и/или темперирования предварительно подготовленных пищевых продуктов и их холодильное хранение, в том числе в регулируемой атмосфере.

**Холодильная установка** – агрегаты, узлы и другие составные части холодильной системы и вся аппаратура, необходимая для их функционирования.

**Холодильно-технологическая операция обработки пищевых продуктов** – часть холодильно-технологического процесса, представляющая собой направленное изменение термического состояния пищевых продуктов с целью сохранения их требуемых характеристик или свойств.

**Холодильное транспортирование пищевых продуктов** – процесс сохранения требуемых характеристик или свойств охлажденных и замороженных пищевых продуктов при их транспортировании.

**Холодильное хранение пищевых продуктов** – процесс сохранения требуемых характеристик или свойств охлажденных и замороженных пищевых продуктов.

**Холодильный переохладитель** – теплообменный аппарат холодильной машины для охлаждения холодильного агента после его конденсации.

**Холодильный цикл** – термодинамический цикл, используемый в холодильной машине.

**Холодильная цепь пищевых продуктов** – системный, межотраслевой организационно-технологический комплекс, обеспечивающий непрерывность заданного термического состояния пищевых продуктов при хранении, транспортировании и реализации.

**Холодопроизводительность** – количество теплоты, отводимое в единицу времени искусственным охлаждением.

**Холодопроизводительность брутто** – холодопроизводительность, включающая дополнительные теплопритоки.

**Централизованная холодильная установка** – холодильная установка с несколькими потребителями холода.

## **ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Тема 1. Теоретические основы холодильной технологии**

**1. В основе консервирования пищевых продуктов за счет охлаждения их до температуры ниже криоскопической лежит принцип...**

1. Анабиоза
2. Ценоанабиоза
3. Абиоза
4. Биоза

**2. К физическим способам консервирования пищевых продуктов НЕ относится...**

1. Охлаждение
2. Копчение
3. Высушивание
4. Замораживание

**3. Усушка пищевых продуктов в процессе их замораживания является результатом...**

1. Конденсации жидкости на стенах холодильной камеры
2. Выпаривания жидкости, находящейся в продуктах
3. Химического взаимодействия кислорода воздуха с продуктом
4. Сублимационного испарения с поверхности продуктов

**4. Количество теплоты, необходимое для размораживания продукта определяется по формуле**

1.  $Q = G \cdot c \cdot (t_n - t_k)$

2.  $Q = r \cdot W \cdot \omega$

3.  $Q = G \cdot [c_m(t_{кр} - t_n) + r \cdot W \cdot \omega + c_o(t_{ск} - t_{кр})]$

4.  $Q = G \cdot (t_n - t_k)$

**5. Дефростация пищевых продуктов представляет собой теплообменный процесс, обратный...**

1. Замораживанию
2. Охлаждению
3. Подмораживанию
4. Отоплению

**6. Размораживание быстрозамороженных продуктов в мелкой фасовке обычно совмещают с их...**

1. Дефростацией
2. Отоплением
3. Освобождением от тары
4. Кулинарной обработкой

**7. Отопление пищевых продуктов представляет собой теплообменный процесс, обратный...**

1. Замораживанию
2. Охлаждению
3. Подмораживанию
4. Дефростации

**8. Какие из перечисленных продуктов НЕ требуют отопления?**

1. Творог и сыры

2. Баночные консервы
3. Фрукты и овощи
4. Яйца

**9. К теплофизическим характеристикам пищевых продуктов НЕ относится их...**

1. Масса
2. Теплопроводность
3. Температуропроводность
4. Удельная теплоемкость

**10. В тепловых расчета условно принимается, что пищевые продукты состоят из...**

1. Белков, жиров и углеводов
2. Воды и минеральных веществ
3. Воды и сухих веществ
4. Органических и неорганических веществ

**11. В процессе замораживания пищевых продуктов в наибольшей степени изменяется их...**

1. Плотность
2. Теплопроводность
3. Температуропроводность
4. Удельная теплоемкость

**12. Расход холода при замораживании пищевых продуктов в первую очередь зависит от их...**

1. Плотности
2. Влажности
3. Температуропроводности
4. Удельной теплоемкости

**13. Относительно медленное охлаждение пищевых продуктов объясняется их...**

1. Невысокой плотностью
2. Небольшой теплопроводностью
3. Высокой температуропроводностью
4. Пониженной теплоемкостью

**14. Криоскопическая температура пищевых продуктов зависит в первую очередь от содержания в них...**

1. Белков
2. Углеводов
3. Воды
4. Ферментов

**15. Для каких из перечисленных продуктов начальная криоскопическая температура находится в пределах от минус 8 до минус 15°C?**

1. Овощи
2. Фрукты
3. Соленые, вяленые и холоднокопченые
4. Мясо

**16. Криогидратной (эвтектической) называется температура, при которой...**

1. Начинается льдообразование в пищевых продуктах
2. Происходит полное превращение тканевой влаги продукта в лед
3. Отепляются замороженные продукты
4. Прекращаются дыхательные процессы в продуктах

**17. Количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг льда в воду (или наоборот), называется...**

1. Скрытой (удельной) теплотой плавления
2. Удельной теплоемкостью
3. Энтальпией воды
4. Энтропией льда

**18. Скрытая (удельная) теплота плавления водного льда равна...**

1. 335 кДж/кг
2. 1000 кДж/кг
3. 1 кДж/кг
4. 214 кДж/кг

**19. Удельная теплота сублимации сухого льда (твердой двуокиси углерода) равна...**

1. 335 кДж/кг
2. 1000 кДж/кг
3. 1 кДж/кг
4. 571 кДж/кг

**20. Какова температура сублимации твердой углекислоты (сухого льда) при атмосферном давлении?**

1.  $-40^{\circ}\text{C}$
2.  $-29,8^{\circ}\text{C}$
3.  $-33,4^{\circ}\text{C}$
4.  $-78^{\circ}\text{C}$

**21. Наиболее низкую температуру замерзания имеет водный раствор...**

1.  $\text{CaCl}_2$
2.  $\text{MgCl}_2$
3.  $\text{NaCl}$
4. Этиленгликоля



**22. Как называется промежуточное вещество между источником холода и объектом охлаждения?**

1. Хладагент
2. Хладоноситель
3. Энтальпия
4. Эфир

**Тема 2. Принцип работы и основы теории холодильных машин**

**1. Какой из перечисленных способов получения холода НЕ связан с фазовым переходом вещества?**

1. Плавление
2. Сублимация
3. Термоэлектрический эффект
4. Кипение

**2. В основе принципа действия воздушной холодильной машины заложено...**

1. Адиабатное расширение сжатых газов
2. Кипение
3. Сублимация
4. Дросселирование газов

**3. С эффектом Джоуля-Томпсона связано изменение температуры реального газа при...**

1. Вихревым эффекте
2. Дросселировании
3. Адиабатическом расширении
4. Термоэлектрическом эффекте

**4. Какой из перечисленных холодильных агрегатов работает без холодильного агента?**

1. Компрессионный аммиачный
2. Компрессионный воздушный
3. Термоэлектрический
4. Абсорбционный

**5. С помощью, какой холодильной машины можно получить наиболее низкую температуру хладагента?**

1. Парокомпрессионной
2. Газокомпрессионной
3. Абсорбционной
4. Пароводяной эжекторной

**6. Какой хладагент применяется в абсорбционных холодильных машинах?**

1. Водоаммиачный раствор
2. Воздух
3. Диоксид углерода
4. Хладоны (фреоны)

**7. Какова температура кипения хладагента R717 при атмосферном давлении?**

1.  $-40^{\circ}\text{C}$
2.  $-29,8^{\circ}\text{C}$
3.  $-33,4^{\circ}\text{C}$
4.  $-78^{\circ}\text{C}$

**8. Какой из перечисленных хладагентов обладает наибольшей объемной холодопроизводительностью?**

1. R12

2. R22
3. R717
4. R11

**9. Какова температура кипения хладагента R12 при атмосферном давлении?**

1.  $-40^{\circ}\text{C}$
2.  $-29,8^{\circ}\text{C}$
3.  $-33,4^{\circ}\text{C}$
4.  $-78^{\circ}\text{C}$

**10. Что из перечисленного применяется в качестве хладагента в малых холодильных установках?**

1. Воздух
2. R717
3. R22
4. R12

**11. Какой из перечисленных хладагентов применяется в сверхнизкотемпературных системах холодильных машин?**

1. R717
2. R12
3. R134a
4. R13

**12. Какой из перечисленных холодильных агентов является наиболее безопасным?**

1. R13
2. R22
3. R717

4. R12

**13. Какой из перечисленных хладагентов имеет температуру кипения  $-40,8^{\circ}\text{C}$ ?**

1. R-729

2. R-717

3. R-22

4. R-13

**14. Обратный (обратимый) цикл Карно состоит из...**

1. Двух адиабатических и двух изотермических процессов

2. Одного адиабатического и двух изотермических процессов

3. Двух адиабатических и одного изотермического процесса

4. Четырех адиабатических процессов

**15. Какая из приведенных формул служит для определения холодильного коэффициента обратного цикла Карно?**

1. 
$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2 - T_1}$$

2. 
$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

3. 
$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_2}$$

4. 
$$\eta = \frac{q_1}{l_t}$$

**16. С помощью, какой из приведенных формул нельзя оценить холодильный коэффициент?**

$$1. \eta = \frac{l_t}{q_1}$$

$$2. \eta = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$$

$$3. \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

$$4. \eta = m \cdot c \cdot \Delta T$$

**17. Холодильным коэффициентом называется отношение...**

1. Работы за цикл к отводимому теплу
2. Отводимого тепла к работе за цикл
3. Подводимого тепла к работе за цикл
4. Работы за цикл к отводимому теплу

**18. Отношение холодопроизводительности установки к потребляемой ею мощности, называется...**

1. Удельной холодопроизводительностью
2. Холодильным коэффициентом
3. Коэффициентом полезного действия
4. Термодинамическим коэффициентом цикла

**19. В абсорбционной бромистолитиевой холодильной машине в качестве хладагента (абсорбата) применяется...**

1. Бромид лития (LiBr)
2. Вода
3. Аммиак (NH<sub>3</sub>)
4. Хладон-22 (R22)

**20. В абсорбционной аммиачной холодильной машине в качестве хладагента (абсорбата) применяется...**

1. Бромид лития (LiBr)

2. Вода
3. Аммиак ( $\text{NH}_3$ )
4. Хладон-22 (R22)

**21. В абсорбционной холодильной машине хладагент проходит по замкнутому контуру в следующей последовательности:**

1. Испаритель, кипятильник, конденсатор, абсорбер
2. Испаритель, абсорбер, кипятильник, конденсатор
3. Испаритель, конденсатор, кипятильник, абсорбер
4. Испаритель, абсорбер, конденсатор, кипятильник

**22. В абсорбционно-диффузионных холодильных машинах функции насоса, создающего разность давлений, выполняет...**

1. Водород
2. Вода
3. Аммиак
4. Сжатый воздух

**23. Что из перечисленного входит в состав воздушной холодильной машины?**

1. Компрессор, конденсатор, регулирующий вентиль, испаритель
2. Компрессор, конденсатор, переохладитель, испаритель
3. Компрессор, охладитель, расширительный цилиндр (детандер), охлаждаемый объект
4. Кипятильник, абсорбер, конденсатор, испаритель

**24. Что из перечисленного входит в состав парокompрессионной холодильной машины?**

1. Компрессор, конденсатор, регулирующий вентиль, испаритель
2. Компрессор, конденсатор, переохладитель, испаритель
3. Компрессор, охладитель, расширительный цилиндр (детандер), охлаждаемый объект

4. Кипятильник, абсорбер, конденсатор, испаритель

**25. В парокompрессионной холодильной машине хладагент проходит по замкнутому контуру в следующей последовательности:**

1. Компрессор, терморегулирующий вентиль, испаритель, конденсатор
2. Компрессор, испаритель, терморегулирующий вентиль, конденсатор
3. Компрессор, конденсатор, терморегулирующий вентиль, испаритель
4. Компрессор, детандер, терморегулирующий вентиль, испаритель

**26. Терморегулирующий вентиль в холодильном агрегате находится...**

1. Сразу после компрессора
2. Перед компрессором
3. После испарителя
4. Перед испарителем

**27. В парокompрессионной холодильной машине терморегулирующий вентиль служит для...**

1. Снижения давления хладагента и регулирования его подачи в испаритель
2. Регулирование подачи хладагента в конденсатор
3. Регулирование подачи хладагента в компрессор
4. Регулирование подачи хладагента в дренажный ресивер

**28. В рабочем цикле парокompрессионной холодильной машины хладагент находится в жидком виде....**

1. Сразу после компрессора
2. Перед компрессором
3. Перед терморегулирующим вентилем
4. После испарителя

**29. В парокompрессионной холодильной машине кипение хладагента происходит при...**

1. Низком давлении и низкой температуре
2. Высоком давлении и низкой температуре
3. Низком давлении и высокой температуре
4. Высоком давлении и высокой температуре

**30. Компрессор холодильной машины предназначен для...**

1. Сжатия паров хладагента до давления кипения
2. Сжатия паров хладагента до давления конденсации
3. Поддачи сжатого хладагента в испаритель
4. Откачивания паров хладагента из конденсатора

**31. Деление на типы «объемный» и «динамический» применяется при классификации...**

1. Конденсаторов
2. Компрессоров
3. Испарителей
4. Терморегулирующих вентилей

**32. Какой способ регулирования температуры охлаждения применяется в крупных холодильных установках?**

1. Регулированием подачи хладагента в испаритель с помощью терморегулирующего вентиля
2. Регулированием частоты вращения компрессора
3. Включением и выключением электродвигателя компрессора с помощью терморегулятора
4. Регулировкой напряжения питания электродвигателя

**33. Капиллярная трубка бытового холодильника предназначена для...**



1. Снижения давления жидкого хладагента
2. Снижения давления парообразного хладагента
3. Подогрева хладагента
4. Очистки хладагента от механических примесей и воды

**34. Какой способ регулирования температуры охлаждения применяется в бытовых компрессорных холодильниках?**

1. Регулированием подачи хладагента в испаритель с помощью терморегулирующего вентиля
2. Регулированием частоты вращения компрессора
3. Включением и выключением электродвигателя компрессора с помощью терморегулятора
4. Регулировкой напряжения питания электродвигателя

**35. Испаритель холодильной машины служит для испарения...**

1. Жидкого хладагента за счет тепла охлаждаемого объекта
2. Газообразного хладагента при его охлаждении воздухом, подаваемым вентилятором
3. Газообразного хладагента при его теплообмене с жидким хладагентом
4. Жидкого хладагента за счет тепла, отводимого от компрессора

**36. Деление на «затопленный» или «незатопленный» применяется при классификации...**

1. Конденсаторов
2. Компрессоров
3. Испарителей
4. Терморегулирующих вентилей

**37. Размеры испарителя холодильной парокомпрессионной машины выбираются таким образом, чтобы...**

1. Обеспечить максимальную компактность машины
2. Его объем не превышал объем линейного ресивера
3. Обеспечить максимальную экономию хладагента
4. Жидкий хладагент полностью испарился внутри данного аппарата

**38. Деление на «вертикальный» или «горизонтальный» применяется при классификации кожухотрубных конденсаторов с...**

1. Воздушным охлаждением
2. Водяным охлаждением
3. Комбинированным охлаждением
4. Двухступенчатым охлаждением

**39. В холодильных машинах небольшой и средней мощности применяют...**

1. Кожухотрубные конденсаторы с водяным охлаждением
2. Конденсаторы, выполненные по типу «труба в трубе»
3. Пластинчатые конденсаторы
4. Водовоздушные конденсаторы

**40. В конденсаторах некоторых холодильных машин плавкая пробка предназначена для...**

1. Сброса хладагента при аварийном режиме
2. Сброса охлаждающей воды при аварийном режиме
3. Отключения терморегулирующего вентиля при аварийном режиме
4. Отключения электродвигателя компрессора в случае его перегрева

**41. Характерной особенностью теплохолодильных установок типа ТХУ является наличие в их составе...**

1. Конденсатора с водяным охлаждением
2. Поршневого компрессора
3. Двух линейных ресиверов

4. Фильтра-осушителя

**42. Переохладитель холодильной машины предназначен для охлаждения...**

1. Паров хладагента на входе в компрессор
2. Холодильного агента после его конденсации
3. Паров хладагента на входе в конденсатор
4. Паров хладагента на выходе из компрессора

**43. Линейный ресивер холодильной машины предназначен для...**

1. Обеспечения бесперебойной работы циркуляционного насоса
2. Слива хладагента при ремонте
3. Обеспечения равномерной работы компрессора
4. Отделения масла от хладагента

**44. В паровой компрессионной холодильной машине маслоотделитель устанавливается на...**

1. Нагнетательном трубопроводе между терморегулирующим вентилем и испарителем
2. Нагнетательном трубопроводе между компрессором и конденсатором
3. Всасывающем трубопроводе между испарителем и компрессором
4. Всасывающем трубопроводе между конденсатором и терморегулирующим вентилем

**45. Циркуляционные насосы аммиачных холодильных машин предназначены для подачи хладагента в...**

1. Конденсатор
2. Циркуляционный ресивер
3. Компрессор
4. Испарительные батареи

**Тема 3. Холодильное оборудование**

**1. Минимальная разность температур между соседними камерами в холодильнике позволяет...**

1. Уменьшить расход холода машиной
2. Не применять тепловую завесу
3. Улучшить условия труда для обслуживающего персонала
4. Уменьшить слой теплоизоляции дверей

**2. Какие из перечисленных машин и аппаратов относятся к универсальному холодильному оборудованию?**

1. Морозильные плиточные аппараты
2. Скороморозильные воздушные аппараты
3. Сборные холодильные камеры
4. Криогенные морозильные аппараты

**3. С какой скоростью перемещается воздух при воздушном охлаждении холодильных камер?**

1. 0,05...0,15 м/с
2. 1...2 м/с
3. 5...10 м/с
4. 25...40 м/с

**4. Какова температура воздуха в низкотемпературных сборных холодильных камерах?**

1. 0...-5°C
2. 0...8°C
3. -30...-35°C
4. -15...-25°C

**5. В какой из перечисленных сборных холодильных камер возможно хранение продуктов при двух разных температурных режимах?**

1. КХС-1
2. КХС-1-8,0
3. КХК-2-3,0
4. КХН-1

**6. Какой хладагент используется в холодильных машинах сборных среднетемпературных камер типа КХС?**

1. R-404a
2. R-502
3. R-22
4. R-12

**7. Какой хладагент используется в холодильных машинах сборных низкотемпературных камер типа КХН?**

1. R-404a
2. R-502
3. R-22
4. R-12

**8. Что происходит автоматически (при помощи микровыключателя) при открывании двери холодильной камеры КХН-1-8,0?**

1. Включается лампочка освещения камеры
2. Выключается электродвигатель компрессора воздухоохладителя
3. Выключается вентилятор воздухоохладителя
4. Включается подогреватель воздуха для оттаивания снеговой шубы на испарителе воздухоохладителя

**9. Как регулируется температура замораживания продуктов в конвейерных скороморозильных аппаратах?**

1. Подачей охлаждающего воздуха в аппарат
2. Скоростью перемещения охлаждающего воздуха в аппарате

3. Временем нахождения продукта в аппарате
4. Изменением подаваемого в испаритель хладагента

**10. Какова температура хладагента в морозильных плитах роторного аппарата АРСА-10?**

1.  $-5^{\circ}\text{C}$
2.  $-25^{\circ}\text{C}$
3.  $-80^{\circ}\text{C}$
4.  $-40^{\circ}\text{C}$

**11. В какой из трех зон жидкоазотных линий быстрого замораживания продуктов скорость перемещения паров хладагента минимальна?**

1. Зоне предварительного охлаждения
2. Зоне основного замораживания
3. Зоне окончательной обработки продукта
4. Во всех зонах скорость одинакова

**12. Что из перечисленного используется в качестве инертной среды в рефрижераторном контейнере с РГС?**

1. Углекислота
2. Аммиак
3. Пароводяная смесь
4. Азот

**13. К оборудованию, предназначенному для демонстрации и продажи продуктов питания, НЕ относятся холодильные...**

1. Столы
2. Лари
3. Витрины
4. Прилавки-витрины

**14. Наиболее низкую температуру хранения продуктов позволяют получить холодильные...**

1. Столы
2. Лари
3. Витрины
4. Прилавки-витрины

**15. Как регулируется степень взбитости мороженого во фризерах периодического действия?**

1. С помощью терморегулятора, регулировкой температуры получаемого мороженого
2. С помощью клапана подачи воздуха, установленного в дозаторе фризера
3. Частотой оборотов мешалки
4. Сменными рабочими органами мешалки

**16. Мороженое, получаемое с помощью фризеров периодического действия, имеет температуру...**

1.  $-5...-6^{\circ}\text{C}$
2.  $-25^{\circ}\text{C}$
3.  $0^{\circ}\text{C}$
4.  $-10..-15^{\circ}\text{C}$

**17. Какой вид льда используется для приготовления коктейлей и охлажденных напитков?**

1. Чешуйчатый
2. Кусковой
3. Кристаллический
4. Гранулированный

## **18. Какой из перечисленных признаков НЕ применяется при классификации льдогенераторов?**

1. Компоновка холодильного агрегата
2. Система охлаждения конденсатора
3. Вид получаемого льда
4. Размеры испарителя

## **ОТВЕТЫ НА ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ**

### **Тема 1. Теоретические основы холодильной технологии**

**1...2.** Сохранность пищевых продуктов зависит от двух групп факторов – биотических и абиотических.

Факторы первой группы связаны с живым началом, с природой продуктов как живых организмов. В основном к ним можно отнести биохимические процессы (обмен веществ, протекающий внутри продуктов) и микробиологические процессы, характеризующиеся степенью воздействия различных микроорганизмов на продукты.

К *биохимическим* относят процессы, обусловленные действием ферментов самого продукта. Интенсивность их протекания зависит от природы продукта, его химического состава, особенностей обмена веществ и условий хранения. При этом наибольшее влияние на сохранность продуктов при их хранении оказывают дыхание и гидролитические процессы.

*Микробиологические* процессы – одна из главных причин порчи пищевых продуктов при хранении. К основным из них обычно относят брожение, гниение и плесневение.

Группу абиотических факторов составляют факторы неживой природы, к которым преимущественно относят условия внешней среды, влияющие на сохранность продуктов.



Наиболее действенным абиотическим фактором является **температура**, поддерживаемая в процессе хранения пищевых продуктов. Она оказывает решающее влияние на величину естественной убыли и потерь подавляющего большинства хранимых продуктов. При этом для продуктов растительного и животного происхождения рациональные значения данного фактора не всегда совпадают.

Например, пределы оптимальных значений температуры для хранения плодов и овощей находятся между точкой заморозания и температурами, ускоряющими их старение и отмирание. Для большинства видов растительной продукции это температуры, близкие к 0°C, при которых замедляются все биологические процессы.

Большое влияние на сохранность продуктов оказывает же *относительная влажность воздуха* и его *газовый состав*, а также воздухообмен и освещенность в месте хранения продуктов.

Биотические и абиотические факторы сохранности пищевых продуктов взаимосвязаны между собой. Причем абиотические факторы влияют на сохранность продуктов не напрямую, а опосредственно через интенсивность протекания биотических.

В основе всех известных способов хранения или консервирования пищевых продуктов лежат принципы *частичного или полного* подавления биотических факторов, влияющих на их сохранность.

Согласно классификации профессора Никитинского Я.Я., применяемые на практике способы консервирования можно сгруппировать по следующим принципам – биозу, анабиозу, ценоанабиозу и абиозу.

**Биоз** – поддержание естественных жизненных процессов в продуктах. Этот принцип используют, например, при хранении плодов и овощей, транспортировании и реализации живой рыбы. Принцип биоза подразделяется на два вида: *эубиоз* (истинный, или полный биоз) и *гемибюз* (частичный биоз, или полубиоз).

**Анабиоз** – замедление, подавление жизнедеятельности микроорганизмов и активности ферментов. Анабиоз основан на принципе «скрытой» жизни, т.е.

приведение продукта в состояние, при котором резко замедляются или совсем не проявляются биологические процессы.

Анабиоз может быть создан несколькими способами и в зависимости от этого подразделяется на несколько видов – *термоанабиоз (психроанабиоз и криоанабиоз), ксероанабиоз, осмоанабиоз, ацидоанабиоз, наркоанабиоз, аноксианабиоз*. Примеры реализации данного принципа – тепловая и холодильная обработка, сушка и вяление, маринование, консервирование в сахарном сиропе и др.

**Ценоанабиоз** – подавление жизнедеятельности вредной микрофлоры продуктами жизнедеятельности полезной микрофлоры. Полезная микрофлора вырабатывает консервирующие вещества, которые препятствуют развитию нежелательной (патогенной) микрофлоры, вызывающей порчу продуктов. В практике консервирования используют два вида ценоанабиоза, основанных на применении двух групп микроорганизмов – *ацидоценоанабиоз* и *алкоголеценоанабиоз*.

В первом случае сохранность продукта обеспечивается за счет повышение кислотности среды в результате развития *молочнокислых* бактерий, которые в анаэробных условиях вырабатывают молочную кислоту, а во втором – консервирование продукта осуществляется под действием спирта, *го дрожжами* в процессе спиртового брожения.

Примерами такого принципа консервирования продуктов являются квашение, молочнокислое и спиртовое брожение при производстве и хранении кисломолочных продуктов, а также спиртовое брожение в технологии сухих вин.

**Абиоз** – полное прекращение жизнедеятельности микроорганизмов и микрофлоры в продуктах. При этом либо весь продукт превращается в безжизненную и стерильную органическую массу, либо в нем (или на его поверхности) уничтожаются определенные группы микроорганизмов, вызывающих порчу.

Абиоз имеет несколько видов – *термоабиоз* (термостерилизация), *химабиоз* (химическая стерилизация), *механическая* стерилизация, *лучевая* (фото) стерилизация.

В качестве примеров реализации данного принципа консервирования пищевых продуктов можно назвать высокотемпературную обработку (стерилиза-

цию); применение антибиотиков, антисептиков; использование фильтров и центрифуг; обработка продуктов ультрафиолетовыми, инфракрасными, рентгеновскими лучами и др.

Таким образом, основной задачей, которую решает консервирование пищевых продуктов, является ограничение или устранение разрушительного действия микроорганизмов и ферментов.

При выборе способа консервирования, кроме основной цели (торможение нежелательных процессов), необходимо обеспечить максимальную сохранность продукта при минимальных затратах материальных и денежных средств.

Для сохранения продуктов (сырья) применяют различные способы консервирования, которые делятся на физические, химические, биохимические и комбинированные.

**Физические** способы консервирования основаны на использовании высоких и низких температур, ионизирующих излучений, ультрафиолетовых лучей, ультразвука, фильтрации и т.д.

**Химические** способы консервирования основаны на введении в ткани обрабатываемого сырья химических веществ (консервантов), безвредных для организма человека, но ослабляющих деятельность ферментов и угнетающих жизнедеятельность микроорганизмов. Во многих случаях такой способ консервирования позволяет придать продукту новые вкусовые свойства.

К таким способам относятся посол (обработка поваренной солью), маринование (обработка солью и уксусной кислотой), **копчение** (обработка дымом, содержащим фенолы, кислоты), применение пищевых антисептиков (бензойная кислота, гипохлорит и нитрит натрия, перекись водорода, озон, уротропин) и антиоксидантов (аскорбиновая кислота, глутаминат натрия, лимонная кислота и др.).

**Биохимические** способы консервирования основаны на подавляющем действии молочной кислоты, образующейся в результате сбраживания сахаров продукта молочнокислыми бактериями.

**Комбинированные** способы консервирования основаны на использовании дополнительно к основному виду обработки какого-либо другого вида консер-

вирования, например, соление и копчение; хранение плодов с применением холода и специальных газовых сред и др.

По силе и характеру воздействия на сырье растительного и животного происхождения все способы консервирования подразделяют на две группы. В первую группу входят способы, обеспечивающие сохранение природных свойств сырья для последующей выработки из него пищевых, кормовых и других видов продуктов (охлажденные и замороженные продукты). Во вторую группу входят способы консервирования, позволяющие сырью придать новые свойства и превратить его в готовые для потребления продукты.

**3. При охлаждении** происходит усушка продуктов. На мясных продуктах образуется «корочка подсыхания». Если мясо и в дальнейшем хранится в охлажденном состоянии, то корочка подсыхания полезна, так как она препятствует развитию бактерий и плесеней.

Для таких продуктов как рыба, масло, яйца, плоды и овощи, усушка во время охлаждения вызывает потерю массы и ухудшает их качество. В этом случае для уменьшения усушки воздух искусственно увлажняют, продукты упаковывают в пленки или наносят на них специальные покрытия.

При **замораживании** наблюдается усушка пищевых продуктов вследствие сублимации жидкости, находящейся в твердом состоянии.

Сублимация льда (возгонка льда) в замороженных пищевых продуктах происходит при длительном их хранении в неблагоприятных условиях.

Чем выше температура и ниже относительная влажность воздуха в окружающей среде, тем интенсивнее протекает процесс сублимации.

В том случае, когда пищевой продукт перед замораживанием упакован в водо- и паронепроницаемую тару, потеря влаги в нем будет минимальной. При этом если между поверхностью продукта и упаковкой будет воздушное пространство, то в нем может осаждаться иней.

Продукты, замораживаемые неупакованными, утрачивают в результате потери воды 0,5...1,5 % своей массы и больше, что зависит от вида и размера продукта, способа его укладки при хранении, места расположения в холодиль-

нике, степени загруженности камеры, продолжительности хранения и других факторов.

**4.** Количество теплоты, необходимое для размораживания продукта определяется по формуле

$$Q = G \cdot [c_m (t_{кр} - t_n) + r \cdot W \cdot \omega + c_o (t_{ск} - t_{кр})],$$

где  $G$  – масса продукта, кг;

$c_m$  и  $c_o$  – удельная теплоемкость продукта соответственно до и после размораживания, Дж/(кг·°C);

$t_{кр}$  – криоскопическая температура продукта, °C;

$t_n$ ,  $t_{ск}$  – соответственно начальная и средняя конечная температуры продукта, °C;

$r$  – скрытая теплота замерзания воды (плавления кристаллов льда), Дж/кг;

$W$  – содержание воды в продукте, в долях единицы;

$\omega$  – количество замороженной воды в продукте, определяемое при средней конечной температуре, кг.

Как следует из формулы, количество теплоты, которое необходимо подвести к продукту, состоит из теплоты для повышения его внутренней температуры до криоскопической, теплоты таяния (фазовое превращение) и теплоты, требуемой для повышения температуры уже размороженного продукта до заданной конечной.

**5, 6.** В пищевой промышленности при производстве различных видов продукции одной из достаточно распространенных технологических операций является дефростация (от де... и англ. Frost – мороз) – процесс размораживания (оттаивания) пищевых изделий перед их употреблением или выработкой новых продуктов.

Существующие способы размораживания группируются в зависимости от способа подвода тепла – воздухом, паровоздушной смесью, жидкостью, элек-

трическим полем, инфракрасными лучами. В настоящее время одним из наиболее эффективных методов дефростации пищевых продуктов является применение радиочастотной технологии.

Размораживание продуктов является заключительным технологическим процессом холодильной обработки, в течение которого происходит повышение температуры замороженного продукта. **Процесс размораживания (дефростации) по теплофизической сущности можно рассматривать как процесс, обратный замораживанию.**

Размораживают почти все мороженые продукты, кроме тех, которые могут быть реализованы в мороженом виде (мясо, рыба, мороженое и др.). Однако перед поступлением в торговую сеть продукты размораживать не рекомендуется, так как даже при непродолжительном хранении в размороженном состоянии может ухудшиться их товарный вид.

**Размораживание быстрозамороженных продуктов в мелкой фасовке, как правило, совмещают с их кулинарной обработкой.**

**7, 8.** Отопление – заключительная операция в непрерывной холодильной цепи, осуществляемая непосредственно перед выпуском пищевых продуктов в розничную торговлю, а также промышленной или кулинарной обработкой.

Цель этой операции – приведение продукта в состояние, удобное для дальнейшего использования и как можно более близкое к состоянию, свойственному натуральному продукту высокого качества. **С точки зрения теплофизической сущности, отопление – это процесс, обратный охлаждению.**

Отопление представляет собой процесс постепенного повышения температуры охлажденных продуктов до уровня окружающего воздуха при максимально полном сохранении их качества.

Отопление позволяет предотвратить отпотевание продуктов (конденсация влаги из воздуха на их более холодную поверхность) при переходе из холодной среды в теплую и соответственно обсеменение поверхностей микрофлорой из воздуха.

Некоторые продукты не нуждаются в отеплении, так как конденсирующаяся на них при повышении температуры влага не причиняет им вреда (соленые рыбные товары, сливочное масло, творог и др.). Не нуждаются в отеплении и продукты в герметичной упаковке при условии их быстрого употребления.

Для таких же продуктов, как плоды, овощи, яйца, баночные консервы, отепление необходимо.

Обычно отепление проводят в воздушной среде, регулируя количество водяных паров и по возможности обеспечивая стерильность.

Отепление продуктов, осуществляемое в результате теплообмена с нагретым воздухом, следует проводить так, чтобы избежать на их поверхности точки росы. В то же время сухой воздух вызывает значительную усушку продукта, что также нежелательно. Поэтому при отеплении влагосодержание и скорость движения воздуха по мере повышения температуры поверхности продукта регулируют так, чтобы обеспечить хороший теплообмен, избежать перегревания поверхности продукта и приблизить состояние воздуха при температуре поверхности продукта к состоянию насыщения водяными парами. Отепление заканчивается, когда температура поверхности продукта становится такой, что при перемещении его в новые условия исключается поверхностная конденсация влаги.

**9...11.** На эффективность холодильной обработки пищевых продуктов оказывают влияние большое число факторов, в том числе – их теплофизические свойства. Обычно к их числу относят удельную теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, удельную энтальпию, криоскопическую температуру, плотность.

**Удельной теплоемкостью** ( $C$ , кДж/(кг·К)) называется величина, численно равная количеству теплоты, необходимому для нагревания или охлаждения 1 кг вещества на 1°С.

**В тепловых расчетах условно принимается, что пищевые продукты относятся к двухкомпонентным системам, состоящим из воды и сухих веществ.**

Если известны состав продуктов питания и удельная теплоемкость этих компонентов, то удельную теплоемкость продукта можно определить из выражения

$$c = c_{св} \cdot (1 - W) + c_{л} \cdot \omega \cdot W + c_{\omega} \cdot (1 - \omega) \cdot W,$$

где  $C$  – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К);

$C_{св}$  – удельная теплоемкость сухих веществ, кДж/(кг·К);

$W$  – массовая доля воды (влагосодержание) продукта;

$C_{л}$  – удельная теплоемкость льда, кДж/(кг·К);

$\omega$  – массовая доля вымороженной воды;

$C_{\omega}$  – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К).

Удельная массовая теплоемкость сухих веществ продуктов животного происхождения составляет 1,34...1,68 кДж/(кг·К), растительных – 0,7...1,96 кДж/(кг·К), воды – 4,19, углеводов – 1,42, жиров – 1,76, белков – 1,55 кДж/ кг К.

Удельная массовая теплоемкость пищевых продуктов колеблется в пределах от 2,1 до 4,1 кДж/(кг К).

Чем больше влаги в продукте, тем выше теплоемкость. Изменение удельной теплоемкости продуктов в интервале температур замораживания определяется в основном начальным влагосодержанием продукта и количеством вымороженной воды. Теплоемкость убывает с понижением температуры, стремясь к нулю при абсолютном нуле температуры.

**Теплопроводность** – один из видов теплопередачи, при которой перенос теплоты имеет атомно-молекулярный характер. Явления теплопроводности возникают при разности температур между отдельными участками тела (продукта).

Коэффициент теплопроводности ( $\lambda$ , Вт/(м·К)) численно равен количеству теплоты, переносимому через единицу площади поверхности в единицу времени при градиенте температуры, равном единице. Для воды  $\lambda_{\omega} = 0,60$  Вт/(м·К); для сухих веществ –  $\lambda_{св} = 0,26$  Вт/(м·К).



Теплопроводность продуктов с понижением температуры остается практически постоянной до начала замерзания, а затем увеличивается, так как коэффициент теплопроводности льда в **четыре раза** больше, чем воды. Пищевые продукты имеют в основном небольшую теплопроводность, в связи с чем они охлаждаются относительно медленно. При этом очевидно, что теплопроводность замороженных продуктов возрастает с понижением температуры замораживания, поскольку количество вымораживаемой воды с понижением температуры увеличивается.

**Температуропроводность** – физическая величина, характеризующая теплопроводность, отнесенную к теплоемкости единицы массы.

Коэффициент температуропроводности ( $\alpha$ , м<sup>2</sup>/с), характеризует скорость перемещения температурного фронта в теле продукта при тепловой или холодильной обработке и выражается формулой

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho},$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности продукта, м<sup>2</sup>/с;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности продукта, Вт/(м·К);

$c$  – удельная теплоемкость продукта, кДж/(кг·К);

$\rho$  – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>.

При положительных температурах температуропроводность продукта практически неизменна, но с началом льдообразования она резко уменьшается. Это вызвано выделением теплоты кристаллизации. При дальнейшем понижении температуры вследствие роста теплопроводности и уменьшения теплоемкости температуропроводность увеличивается и достигает постоянного значения, когда вода полностью переходит в лед.

Температуропроводность льда по сравнению с водой выше примерно в **8 раз**.

**Энтальпия** ( $i$ , кДж/кг) – однозначная функция состояния термодинамической системы, часто называемая тепловой функцией или теплосодержанием.

Данными об изменении энтальпии пищевых продуктов в холодильной технологии пользуются обычно для определения отведенной или подведенной теплоты при холодильной обработке продуктов. Энтальпию отсчитывают при какой-либо начальной температуре (обычно при  $-20^{\circ}\text{C}$ ), при которой ее значение принимается за 0.

**Криоскопической температурой** ( $t_{кр}, ^{\circ}\text{C}$ ) является температура, при которой начинается кристаллообразование в продукте. В большинстве продуктов криоскопическая температура  $t_{кр} = -0,5 \dots -5^{\circ}\text{C}$ . Более низкое значение температуры соответствует продуктам с меньшим содержанием воды.

**Плотностью** ( $\rho, \text{кг}/\text{м}^3$ ) называется отношение массы продукта к его объему. Численно она равна массе продукта, находящегося в одном кубическом метре его объема. Плотность большинства скоропортящихся продуктов составляет около  $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ . При замораживании плотность продукта уменьшается (на  $5 \dots 8\%$ ), так как вода в тканях, превратившись в лед, увеличивается в объеме.

**12.** Известно, что самая большая часть тепла, отводимого от продукта при замораживании, – это теплота льдообразования. Соответствующим этой теплоте слагаемым в формуле по определению расхода холода на замораживание продуктов и определяется ее вклад в данный процесс. Чем больше в продукте содержится влаги, тем больше расходуется холода на его замораживание.

**13.** Продолжительность охлаждения пищевых продуктов зависит от их свойств и размеров, вида упаковки и ее характеристик, температуры и скорости движения охлаждающей среды, а также целого ряда других факторов.

Пищевые продукты, как правило, имеют небольшую теплопроводность, поэтому их охлаждение происходит медленно – несколько часов и больше.

При этом продукты с большим содержанием жира охлаждаются медленнее, так как теплопроводность жира примерно в три раза меньше, чем теплопроводность мышечной ткани мяса или рыбы. Чем больше толщина продукта, тем медленнее происходит его охлаждение по всему объему.

**14, 15.** Замораживание – это процесс понижения температуры продукта ниже криоскопической (температуры начала замерзания) до кристаллизации основной части воды, содержащейся в продукте.

Криоскопическая температура – переменная величина, т.к. при кристаллизации льда концентрация невымороженной части возрастает, что обуславливает дальнейшее понижение температуры замерзания. Ввиду переменности криоскопической температуры правильнее говорить о начальной криоскопической температуре, под которой понимается температура, соответствующая началу льдообразования в продукте.

Процесс кристаллизации состоит из двух фаз, включающих зарождение кристаллов и их рост. С понижением температуры снижается кинетическая энергия молекул воды, начинают образовываться центры кристаллизации.

Для каждого вида пищевого продукта установлена предельная температура, при которой начинают образовываться кристаллы льда.

**В общем случае криоскопическая температура пищевых продуктов зависит от содержания в них воды.**

При этом, чем выше содержание в растительной ткани растворенных веществ – сахаров, кислот, углеводов, солей, тем ниже криоскопическая температура.

Для плодов и овощей она находится в диапазоне  $-0,4...-6^{\circ}\text{C}$ . Например, высокая криоскопическая температура у цветной капусты ( $-0,4...-1,5^{\circ}\text{C}$ ), томатов ( $-0,5...-1,0^{\circ}\text{C}$ ).

При повышении концентрации сахара в клеточном соке температура кристаллообразования уменьшается, например у вишни криоскопическая температура составляет около  $-3,5^{\circ}\text{C}$ , а у винограда может достигать  $-5^{\circ}\text{C}$ .

Начальная криоскопическая температура большей части сырья водного происхождения составляет от  $-0,5$  до  $-2,2^{\circ}\text{C}$ .

Начальная криоскопическая температура **соленых, вяленых и холоднокопченых продуктов** со значительным количеством поваренной соли находится в пределах от  $-8$  до  $-15^{\circ}\text{C}$ .

**16.** Основная масса воды превращается в лед при температуре  $-1...-5^{\circ}\text{C}$ . При температуре  $-18^{\circ}\text{C}$  от 88 до 90% воды от общего ее содержания в сырье находится в замерзшем состоянии.

Полное превращение тканевой влаги в лед из-за трудностей вымораживания адсорбционно связанной воды происходит при **криогидратной (эвтектической)** температуре в интервале  $-55...-65^{\circ}\text{C}$ . Имеются данные, что жидкая фаза частично сохраняется при  $-68^{\circ}\text{C}$  и полностью вымораживается только при  $-70^{\circ}\text{C}$ .

**17, 18.** Для получения низких температур применяются физические процессы, которые сопровождаются поглощением теплоты. К таким процессам относится фазовый переход вещества, при котором происходит поглощение теплоты извне:

- плавление или таяние при переходе тела из твердого состояния в жидкое;
- испарение или кипение при переходе тела из жидкого состояния в газообразное;
- сублимация при переходе тела из твердого состояния непосредственно в газообразное.

При достижении твердым телом температуры плавления дальнейшего повышения его температуры не происходит, а подводимая (или отводимая) теплота тратится на изменение агрегатного состояния – превращение твердого тела в жидкость (при отводе теплоты – из жидкости в твердое тело).

Температура плавления (затвердевания) зависит от вида вещества и давления окружающей среды.

При атмосферном давлении (760 мм рт. ст.) температура плавления водного льда равна  $0^{\circ}\text{C}$ . Количество теплоты, необходимое для превращения 1 кг льда в воду (или наоборот), называется **скрытой или удельной теплотой плавления**  $r$ . Для водного льда  $r = 335$  кДж/кг.

Количество теплоты, необходимое для превращения льда массой  $M$  в воду, определяют по формуле  $Q = M \cdot r$ .

**19, 20.** Сублимация – переход вещества из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу, с поглощением теплоты. Для охлаждения и замораживания пищевых продуктов, а также их хранения и транспортировки в замо-

роженном состоянии широко используют сублимацию сухого льда (твердой двуокиси углерода). При атмосферном давлении сухой лед, поглощая теплоту из окружающей среды, переходит из твердого состояния в газообразное при температуре **-78,9°C**. Удельная теплота его сублимации  $r = 571$  кДж/кг.

**21.** Температура замерзания льдосоляных растворов (смесей) зависит от их концентрации. Увеличивая концентрацию раствора, можно уменьшать температуру кристаллизации. Самую низкую температуру замерзания имеет насыщенный раствор. В этом случае понижение температуры замерзания раствора весьма заметное: так, насыщенный раствор **поваренной соли** в воде замерзнет при **-21°C**. При помощи других солей можно добиться еще большего понижения температуры; **хлористый магний**, например, позволяет довести температуру затвердевания (замерзания) раствора до **-33,6°C**, **хлористый кальций** – до **-55°C**.

Водно-спиртовые охлаждающие жидкости из-за высокой стоимости и склонности к испарению получили ограниченное распространение. Самой распространенной низкотемпературной жидкостью является смесь воды с двухатомным спиртом – этиленгликолем ( $\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$  или  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$ ).

Этиленгликоль смешивается в любых соотношениях с водой, спиртами и многими другими растворителями. Не смешивается с бензолом, эфиром, хлороформом. Очень гигроскопичен. Замерзает не четко при температурах от -12,5 до -25 С, образуя звездчатые или перистые кристаллы.

Смеси с водой обладают свойством эвтектических растворов, т.е. их температура застывания ниже, чем у каждого компонента смеси в отдельности. Если рассматривать эвтектическую диаграмму различных (по соотношению компонентов) смесей воды и этиленгликоля, можно увидеть, что самую низкую температуру застывания (**-75°C**) имеет смесь, содержащая 33% воды и 67% этиленгликоля. Этим свойством эвтектических растворов пользуются при приготовлении антифризов. С другой стороны, отрицательным свойством этиленгликоля как составной части антифриза является его коррозионное действие на материалы, для предотвращения которого требуется введение соответствующих присадок.

**22.** Хладоносители – это вещества, с помощью которых теплота от охлаждаемых объектов передается хладагенту.

Основные требования, предъявляемые к хладоносителям:

- а) низкая температура замерзания. Она должна быть ниже температуры испарения хладагента в испарителе на  $5-8^{\circ}\text{C}$  ;
- б) большая теплоемкость и теплопроводность;
- в) малые вязкость и плотность;
- г) химическая нейтральность к конструкционным материалам;
- д) химическая стойкость и безвредность;
- е) невысокая стоимость и доступность.

Следует отметить, что в настоящее время практически нет таких хладоносителей, которые бы полностью удовлетворяли указанным требованиям.

Самый доступный хладоноситель – вода. Но так как температура замерзания ее достаточно высока ( $0^{\circ}\text{C}$ ), то используется вода только в системах кондиционирования воздуха и технологических процессах при положительных температурах.

При отрицательных температурах широко используются водные растворы солей  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{MgCl}_2$  – рассолы. Теплофизические свойства рассолов, в том числе и температура замерзания, зависят от концентрации соли в растворе.

У всех рассолов существует так называемая криогидратная или эвтектическая концентрация, где раствор имеет самую низкую температуру замерзания. При дальнейшем увеличении концентрации соли температура замерзания раствора возрастает.

Рассмотрим механизм процесса замерзания водного раствора какой-либо соли. После того как из раствора выпадут первые кристаллики льда, крепость раствора увеличится. Теперь относительное число чужих молекул возрастет, помехи процессу кристаллизации воды также увеличатся, и температура замерзания упадет. Если не понижать температуру далее, то кристаллизация остановится.

При дальнейшем понижении температуры кристаллики воды (растворителя) продолжают выделяться. Наконец, раствор становится насыщенным. Дальнейшее обогащение раствора растворенным веществом становится невозможным, и раствор застывает сразу, причем если рассмотреть в микроскоп замерзшую смесь, то можно увидеть, что она состоит из кристалликов льда и кристалликов соли.

Таким образом, раствор замерзает не так, как простая жидкость. В нем процесс замерзания растягивается на достаточно большой температурный интервал.

## **Тема 2. Принцип работы и основы теории холодильных машин**

1. Получение низких температур связано с применением физических процессов с поглощением теплоты извне, к которым относятся:

- фазовый переход вещества;
- адиабатическое расширение газа;
- дросселирование реального газа и жидкостей;

вихревой эффект;

- термоэлектрический эффект (эффект Пельтье).

Первый из перечисленных процессов включает:

- плавление или таяние при переходе тела из твердого состояния в жидкое;
- испарение или кипение при переходе тела из жидкого состояния в газообразное;
- сублимацию при переходе тела из твердого состояния непосредственно в газообразное.

**Адиабатическое расширение газа** представляет собой процесс, протекающий без теплообмена между рабочим телом (газом) и окружающей средой (стенками цилиндра).

Известно, что внутренняя энергия тела определяется скоростью движения молекул и атомов. При этом в нагретом теле она более высокая, чем в охлажденном.

Если сжатому газу в цилиндре предоставить возможность расширяться, то газ будет совершать работу. Его молекулы, ударяясь о поверхность поршня, будут отдавать часть кинетической энергии, а их скорость отскока от поверхности поршня будет уменьшаться. Следовательно, работа в цилиндре осуществляется за счет уменьшения кинетической энергии молекул газа. Температура газа при этом будет понижаться. Например, если воздух, сжатый до 5 МПа при тем-

пературе  $27^{\circ}\text{C}$ , адиабатически расширить до давления  $0,2\text{ МПа}$ , то его температура понизится до  $-155^{\circ}\text{C}$ . Учитывая, что процесс расширения газа происходит за доли секунды, теплообмен между газом и стенками цилиндра принято считать равным нулю, а все быстро протекающие процессы можно считать адиабатными.

***Процесс, основанный на адиабатическом расширении газа реализован в воздушных холодильных машинах.***

**Дросселирование реального газа и жидкостей.** Под дросселированием понимается процесс создания искусственного сопротивления на пути движения газа или жидкости, который протекает без совершения внешней работы и без теплообмена с окружающей средой.

**Дросселирование газа (эффект Джоуля-Томпсона)** основано на резком снижении давления газа при прохождении через суженное отверстие (вентиль, дроссель). При дросселировании идеального газа, в котором отсутствуют силы взаимодействия между молекулами, температура газа не изменяется. При дросселировании реального газа в результате изменения внутренней энергии совершается работа по преодолению внутренних сил взаимодействия молекул. Это приводит к изменению температуры газа: повышению или понижению в зависимости от его первоначального состояния.

**Дросселирование жидкостей.** Жидкость с определенным давлением и температурой дросселируется в область низкого давления. Так как температура кипения жидкости зависит от давления, то жидкость, имея определенную температуру и поступая в область низкого давления, оказывается перегретой по отношению к низкому давлению. Происходит ее бурное кипение с образованием сухого насыщенного пара. Тепло на испарение жидкости и образование пара отбирается от самой жидкости. Жидкость при этом охлаждается. Температура пара и оставшейся (не выкипевшей) жидкости достигает одного и того же значения и зависит от давления, при котором они находятся.



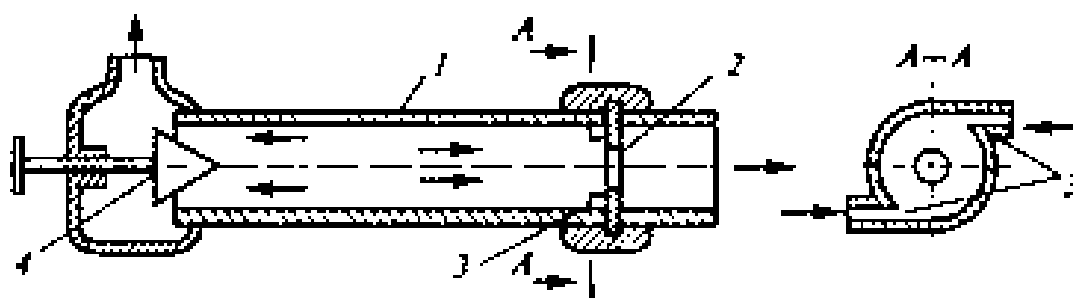
*Дросселирование жидкостей осуществляется в терморегулирующем вентиле холодильных установок.* В домашних холодильниках дросселирование осуществляется в капиллярных трубках.

Искусственное охлаждение, основанное на расширении сжатого газообразного рабочего тела с последующим разделением потоков на теплый и холодный в специальном устройстве, получило название **вихревого эффекта** (эффект Ранка-Хильша). Устройство для реализации данного эффекта называется вихревой трубой и работает следующим образом (рис. 1).

Предварительно сжатый и охлажденный водой воздух массой  $G$  при давлении  $p$  и температуре  $t$  подается в сопло 3, где расширяется, охлаждается и приобретает большую скорость и кинетическую энергию.

Воздух поступает в устройство тангенциально, поэтому в поперечном сечении трубы образуется свободный вихрь, угловая скорость которого велика у оси и мала у периферии трубы.

Избыток кинетической энергии внутренних слоев передается (с помощью трения) внешним, повышая их температуру. Этот процесс происходит настолько быстро, что внутренние слои, отдав энергию периферийным и еще больше охладившись, не успевают получать от них эквивалентного возврата теплоты, т. е. в поле вихревого разделения воздуха не наступает термического равновесия.



**Рис. 1 – Схема вихревой трубы:**

1 – вихревая труба; 2 – диафрагма; 3 – сопло; 4 – дроссельный клапан

Находясь вблизи центрального отверстия диафрагмы 2, холодный воздух выходит через него к правому свободному концу трубы, называемому холодным.

Нагретые периферийные слои движутся влево к дроссельному клапану 4 и через него выходят из горячего конца трубы. Количества получаемого горячего  $G_r$  и холодного  $G_x$  воздуха, а следовательно, и температуры того и другого  $t_r$  и  $t_x$  регулируются степенью открытия клапана 4. Вихревой эффект реализуется без совершения внешней работы.

Охлаждение холодного потока в вихревой трубе меньше, чем в адиабатическом обратимом процессе расширения, и больше, чем при дросселировании.

Термодинамические процессы вихревой трубы малоэффективны. На охлаждение вихревой трубой расходуется энергии примерно в 8...10 раз больше, чем воздушной машиной. Вместе с тем такой способ одновременного получения холода и тепла исключительно прост (если имеется система сжатого воздуха или, например, природного газа достаточного давления), поэтому он применим в тех случаях, когда необходимо получать холод и тепло периодически и в небольших количествах, а также когда простота конструкции, малые масса и габарит играют решающую роль.

**Термоэлектрический эффект (эффект Пельтье).** Возможность получения холода путем непосредственной затраты электрической энергии было доказано в 1834 году французским физиком Пельтье, который установил, что при прохождении тока в замкнутой цепи, включающей два разных металла, один из которых нагревается, а другой охлаждается. Чтобы холодный металл постоянно имел низкую температуру и был источником охлаждения, теплый необходимо охлаждать, иначе теплота от него будет передаваться путем теплопроводности к холодному металлу.

Если термоэлементы последовательно соединить в батарею, то верхняя поверхность такой батареи будет холодной, а нижняя – горячей. В том случае, если верхняя поверхность батареи будет размещена в герметичной камере, воздух в ней будет охлаждаться, а теплота, выводимая из этой камеры, будет передаваться в окружающую среду через нижнюю поверхность батареи.

**5.** Из перечисленных холодильных машин **наиболее низкую температуру хладагента** можно получить с помощью парокомпрессионной машины. При

этом для повышения экономической эффективности такой холодильной машины (снижения затрат энергии на единицу отнятого от охлаждаемого тела количества теплоты) иногда перегревают пар, всасываемый компрессором, и переохлаждают жидкость перед дросселированием. По этой же причине для получения температур ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  используют многоступенчатые или каскадные холодильные машины.

В многоступенчатых холодильных машин сжатие пара производится последовательно в несколько ступеней с охлаждением его между отдельными ступенями. При этом в двухступенчатых холодильных машинах получают температуру кипения хладагента до  $-80^{\circ}\text{C}$ .

В каскадных холодильных машинах, представляющих собой несколько последовательно включенных холодильных машин, которые работают на различных, наиболее подходящих по своим термодинамическим свойствам для заданных температурных условий хладагентах, получают температуру кипения до  $-150^{\circ}\text{C}$ .

**6.** Для получения холода в абсорбционных холодильных машинах затрачивается не механическая работа, а тепло. Абсорбция – это поглощение газа жидкостью. Работа абсорбционных холодильных установок основана на том, что растворимость газов в жидкости при уменьшении температуры увеличивается, а при повышении – падает. Рабочим телом абсорбционных холодильных машин служат бинарные растворы, т. е. растворы, состоящие из двух компонентов с различными температурами кипения при одинаковом давлении. Одно из этих двух веществ, кипящее при более низкой температуре, является хладагентом, другое – с более высокой температурой кипения служит поглотителем, или абсорбентом. Вещества, используемые в качестве абсорбента, не должны вступать в необратимую химическую реакцию с поглощаемым веществом – хладагентом. Несмотря на большое количество бинарных растворов, промышленное применение получили лишь водоаммиачный раствор и раствор бромистого лития в воде. Аммиак по термодинамическим свойствам является одним из лучших хладагентов, активно абсорбируемым водой: при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  один литр воды абсор-

бирует до 1140 л аммиака. Подобно компрессионной, абсорбционная холодильная машина имеет испаритель, конденсатор и регулирующий вентиль.

**7...13.** Фреоны – углеводороды ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$  и  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), 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 (**R717**). Поэтому в настоящее время на крупных холодильных установках с умеренно низкими температурами ( $-15\dots-25^\circ\text{C}$ ) 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.

Аммиак горит при содержании в воздухе около 11-14%, 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°C**, температура замерзания – **-155°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°C разлагается, образуя ядовитые вещества: фтористый и хлористый водород, оксид угле-

рода 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-13 (R13)** используют в **сверхнизкотемпературных системах**, как правило, в нижней ветви каскадных машин. Он 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  $-10\dots-70^{\circ}\text{C}$ .

**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.

Данный хладон широко применяется в одноступенчатых холодильных установках в диапазоне  $-15\dots-40^{\circ}\text{C}$ , а также в двухступенчатых холодильных установках до температуры  $-90^{\circ}\text{C}$ .

**14...17.** В основе работы холодильных машин лежит второй закон термодинамики, согласно которому тепловая энергия, отводимая при охлаждении, не может сама передаваться с низкого температурного уровня (из холодильной камеры) на более высокий (в окружающую среду). Поэтому для обеспечения

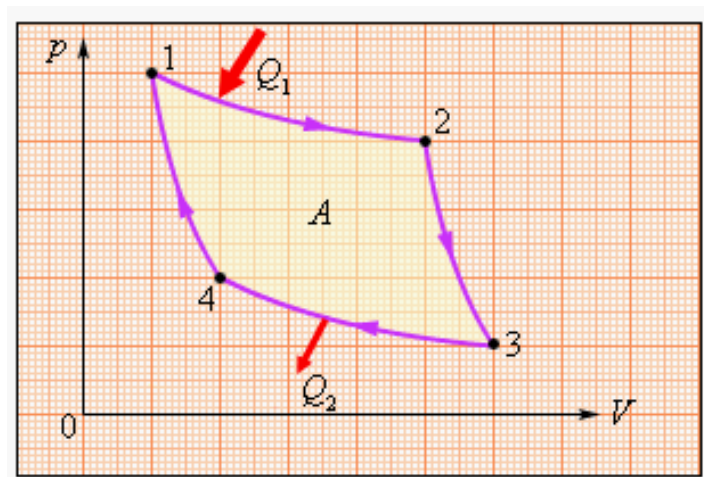
рабочего процесса холодильной машины требуется затрата механической, электрической или тепловой энергии.

При этом работа холодильной машины заключается в реализации специальных термодинамических, или холодильных циклов, представляющих собой замкнутую совокупность различных процессов, в результате последовательного осуществления которых в определенном порядке рабочее тело возвращается в исходное состояние, а тепло передается с низкого температурного уровня на более высокий с помощью рабочих тел (хладагентов). Такие циклы принято называть обратными или обратимыми.

В термодинамике цикл Карно́ или процесс Карно – это обратимый круговой процесс, состоящий из двух адиабатических и двух изотермических процессов. В данном процессе термодинамическая система выполняет механическую работу и обменивается теплотой с двумя телами (тепловыми резервуарами), имеющими постоянные, но различные по значению температуры. Тело с более высокой температурой называется нагревателем, а с более низкой – холодильником. Данный цикл удобно иллюстрировать с помощью идеального (воображаемого) процесса в координатах  $p$  -  $V$  (рис. 2), где  $p$  и  $V$  соответственно давление в системе и ее объем.

В графическом виде цикл Карно́ представляет четыре участка:

- участок 1-2: газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_1$  и изотермически расширяется при температуре  $T_1$ ;
- участок 2-3: газ адиабатически расширяется, температура снижается до температуры холодильника  $T_2$ ;
- участок 3-4: газ экзотермически сжимается, при этом он отдает холодильнику количество теплоты  $Q_2$ ;
- участок 4-1: газ сжимается адиабатически до тех пор, пока его температура не повысится до  $T_1$ .



**Рис. 2 – Цикл Карно**

Работа, которую выполняет рабочее тело численно равна площади полученной фигуры 1-2-3-4.

КПД цикла Карно не зависит от вида рабочего тела и выражается зависимостью

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

где  $T_1$  – температура нагревателя, К;

$T_2$  – температура холодильника, К;

В холодильной установке, в процессе реализации обратного цикла Карно рабочее тело забирает теплоту  $q_2$  от охлаждаемого тела с температурой  $T_2$  и отдает теплоту  $q_1$  в окружающую среду с температурой  $T_1 > T_2$ .

При передаче теплоты от холодного тела к теплomu затрачивается работа  $l_t$ , которая преобразуется в теплоту  $q_1 = l_t + q_2$  и вместе с  $q_2$  передается окружающей среде. При заданных температурах охлаждаемого тела и окружающей среды обратный цикл Карно будет самым экономичным. Его холодильный коэффициент определяется только температурами  $T_1$  и  $T_2$ , и рассчитывается как



$$\eta = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1} = \frac{l_t}{q_1}$$

**18.** Количество теплоты, отводимой от охлаждаемого объекта в единицу времени, называют **холодопроизводительностью** установки и измеряется в ваттах (Вт).

Количество теплоты, которое 1 кг циркулирующего хладагента отводит от охлаждаемой среды, называется **удельной массовой холодопроизводительностью** и измеряется в Дж/кг.

Эффективность холодильных машин характеризует холодильный коэффициент (англоязычный аналог COP – coefficient of performance), который определяется по формуле

$$\eta = \frac{Q_x}{A},$$

где  $Q_x$  – тепло, отбираемое от холодного конца (в холодильных машинах холодопроизводительность);

$A$  – затрачиваемая на этот процесс работа (или электроэнергия).

В отличие от холодильного коэффициента Карно, зависящего только от температур кипения и конденсации, холодильный коэффициент цикла с дросселированием зависит дополнительно и от свойств рабочего тела.

Выбор типа хладагента для цикла с дросселированием оказывает значительное влияние на степень его термодинамического совершенства. Для данного цикла этот показатель определяется отношением холодильного коэффициента цикла данной машины к холодильному коэффициенту цикла Карно, осуществляемого в том же интервале температур. Этот коэффициент называется **термодинамическим коэффициентом цикла**.

**19...22.** Абсорбционная холодильная машина (АБХМ) – пароконденсационная холодильная установка, в которой хладагент испаряется за счет его поглощения (абсорбции) абсорбентом. Компонент системы, поглощаемый абсор-

бентом в процессе абсорбции, носит название абсорбат. Соответственно, абсорбент – жидкая фаза, поглощающая абсорбат в процессе абсорбции.

Практическое распространение получили два вида таких машин – бромистолитиевые и аммиачные.

В первой из них в качестве хладагента используется вода, а **в качестве абсорбента – бромид лития LiBr**. Холодильные машины этого вида применяются чаще, чем аммиачные.

**В аммиачных АБХМ в качестве хладагента используется аммиак (NH<sub>3</sub>)**, а в качестве абсорбента – вода.

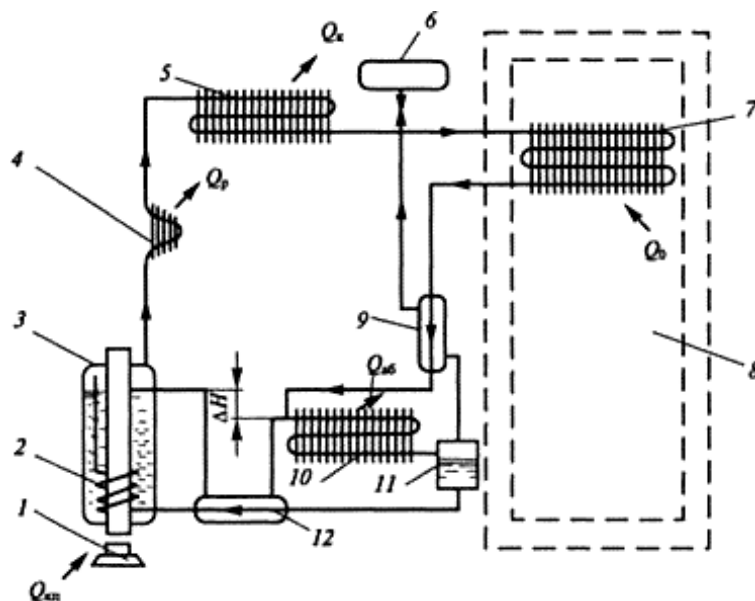
В одноступенчатых АБХМ («single effect», в литературе иногда используется термин «одноконтурные») хладагент последовательно перемещается через четыре основных компонента машины – испаритель, абсорбер, десорбер (кипятильник) и конденсатор.

Холодильный цикл одноступенчатой АБХМ похож на холодильный цикл парокомпрессионной холодильной машины. Хладагент испаряется при понижении давления в испарителе. Этот процесс идет с поглощением теплоты. В отличие от парокомпрессионной холодильной машины, процесс понижения давления в испарителе происходит не за счет работы компрессора, а за счет объемного поглощения (абсорбции) хладагента жидким абсорбентом в абсорбере. Затем абсорбент с поглощенным им хладагентом (бинарный раствор) поступает в десорбер (кипятильник). В десорбере бинарный раствор нагревается за счет горения газа, паром и т. д. в результате чего происходит выделение хладагента из абсорбента.

Обедненный абсорбент из десорбера возвращается в абсорбер. Хладагент поступает под большим давлением в конденсатор, где переходит в жидкую фазу с выделением теплоты, а затем через расширительный клапан поступает в испаритель, после чего начинается новый цикл.

На предприятиях торговли, массового питания, в бытовых условиях применяются малые абсорбционные холодильные машины, отличительной особенностью которых является отсутствие насоса для сжатия и перекачивания раствора. **Функции насоса, создающего разность давлений, выполняет инертный к аммиаку и раствору газ – водород, добавляемый в систему.**

Схема малой абсорбционной холодильной машины показана на рис. 3. Холодильные машины такого типа используются в бытовых холодильниках, отличающихся от других систем бесшумной работой. Холодильные машины, в которых образовавшийся в испарителе парообразный хладагент проникает (диффундирует) в инертный газ, получили название абсорбционно-диффузионных.



**Рис. 3 – Схема малой абсорбционной холодильной машины:**

1 – нагреватель; 2 – термосифон; 3 – кипятильник (генератор); 4 – ректификатор; 5 – конденсатор; 6 – сборник водорода; 7 – испаритель; 8 – охлаждаемый объем; 9 – теплообменник; 10 – абсорбер; 11 – сборник; 12 – теплообменник

Принцип работы данной холодильной машины основан на том, что разные давления конденсации и кипения хладагента достигаются за счет различной концентрации хладагента и инертного газа в конденсаторе и испарителе.

Технологический процесс холодильной машины осуществляется следующим образом. В испарителе 7 абсорбционный холодильной машины хладагент (аммиак) испаряется и диффундирует в инертный газ – водород. Испарение происходит за счет теплоты отводимой из охлаждаемой среды (объем холодильного шкафа, прилавка, охлаждение продуктов и пр.).

Образовавшаяся аммиачно-водородная смесь поступает в газовый теплообменник 9, в котором она подогревается и охлаждает водород, поступающий из абсорбера в испаритель. Подогретая смесь поступает в абсорбер 10 и взаимодействует со слабым водоаммиачным раствором, поступающим из кипятильника 3. При этом раствор поглощает аммиак из смеси и освобождает водород, который поднимается через газовый теплообменник 9 и возвращается в испаритель 7. В процессе поглощения аммиака слабым водоаммиачным раствором выделяется теплота абсорбции, которая отводится в окружающий воздух через внешнюю поверхность абсорбера 10.

Крепкий водоаммиачный раствор собирается в сборнике 11 и через жидкостный теплообменник 12 подается в кипятильник (генератор) 3. В генераторе происходит выпаривание хладагента из крепкого раствора за счет внешнего источника теплоты с высокой температурой. Это могут быть электронагреватель, газовая горелка, горелка жидкого топлива и т.п. Важно, чтобы температура источника теплоты была выше температуры кипения крепкого водоаммиачного раствора. Уровень раствора в кипятильнике всегда выше уровня раствора и абсорбере на определенную величину ( $\Delta H$ ), что позволяет раствору самотеком поступать из кипятильника в абсорбер.

Для возврата крепкого раствора из абсорбера в кипятильник используется термосифон 2, выполненный в виде нескольких витков трубки небольшого диаметра навитой на наружную нагреваемую поверхность кипятильника.

Так как температура поверхности кипятильника и, соответственно, трубки выше температуры кипения раствора, в трубке будут образовываться пузырьки пара, которые подобно поршням насоса, будут переталкивать жидкость в трубке на более высокий уровень в кипятильнике. В результате кипячения раствора в кипятильнике происходит выделение практически чистого хладагента и обеднение раствора.

Обедненный раствор через жидкостный теплообменник 12 подается в абсорбер 10, а пары хладагента – в конденсатор 5. Для уменьшения содержания паров растворителя в хладагенте предусмотрен ректификатор 4, охлаждаемый

воздухом. В ректификаторе пары растворителя частично конденсируются и в виде жидкости стекают по стенке трубопровода в кипятильник 3. Из ректификатора практически чистый хладагент поступает в конденсатор 5, где происходит его конденсация при отводе теплоты в окружающую среду. Жидкий хладагент самотеком поступает в испаритель, смешиваясь по пути следования с инертным газом – водородом, который собирается в резервуаре 6. Далее рабочий цикл машины повторяется.

Преимуществом холодильных машин данного типа является простота изготовления, отсутствие движущихся частей и, как следствие, полная бесшумность работы. Недостаток – низкая экономичность, особенно при использовании электрического нагревателя.

**23.** Воздушно-холодильные машины (ВХМ) имеют ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с другими способами получения холода. К их числу относятся: высокая экологичность, простота и безопасность в эксплуатации, доступность рабочего тела. Основным недостатком ВХМ является низкая термодинамическая эффективность.

В настоящее время ВХМ находят применение в тех случаях, когда использование других способов получения холода недопустимо или нецелесообразно. Они используются в качестве источника холода в различных хранилищах, в авиационной технике, в технологических установках, где рабочей средой является воздух и ряде других случаев.

В циклах воздушных холодильных машин (ВХМ) могут быть использованы такие процессы охлаждения, как расширение воздуха с производством внешней энергии (в детандерах) и без производства внешней энергии (в вихревых трубах).

Первые ВХМ появились в конце 19 века, но из-за низкой эффективности со временем были вытеснены парокомпрессионными машинами.

В настоящее время с внедрением более компактных турбохолодильных машин ситуация изменилась. ВХМ при достижении низких температур (начиная с минус 70°С) стали близки по экономичности к парокомпрессионным хо-

лодильным машинам. Кроме того, воздух, как хладагент, экологически безопасен и абсолютно бесплатен. Все это, в совокупности, делает ВХМ довольно привлекательными.

В качестве компрессоров и расширительных машин применяют осевые, центробежные (турбо), винтовые, поршневые и другие компрессорные и детандерные агрегаты.

Циркуляция охлаждающего воздуха в холодильной машине может осуществляться по замкнутой и разомкнутой схемам.

В первом случае холодный воздух подается в воздухоохладитель, т.е. не вступает в прямой контакт с объектом охлаждения.

При разомкнутой схеме циркуляции холодный воздух подается непосредственно в холодильную камеру, что делает теплообмен более эффективным.

Холодильный цикл ВХМ, работающей по разомкнутой схеме и состоящей из компрессора КМ, теплообменного аппарата ТО и расширительного устройства – детандера Д, выполняется следующим образом.

Холодный воздух с температурой  $T_4$  и давлением  $P_0$ , равном атмосферному, попадая в холодильную камеру, поглощает тепло от охлаждаемого объекта и при этом нагревается до температуры  $T_1$ . Далее воздух адиабатически сжимается в компрессоре КМ до давления  $P$  и его температура повышается до уровня  $T_2$ .

Нагретый воздух нагнетается в теплообменник ТО, где он охлаждается проточной водой до температуры  $T_3$ . Однако этой температуры недостаточно для охлаждения камеры, поэтому воздух дополнительно охлаждается до температуры  $T_4$  в детандере Д путем адиабатного расширения от давления  $P$  до  $P_0$ . Детандер при этом совершает полезную работу.

В современных турбохолодильных машинах рабочие органы турбокомпрессоров и турбодетандеров размещены на одном валу, что практически позволяет использовать энергию расширения.

В пищевых отраслях ВХМ применяют для низкотемпературного замораживания мяса, рыбы, овощей и плодов. На некоторых молочных предприятиях для охлаждения молока применяют турбохолодильные установки, в которых

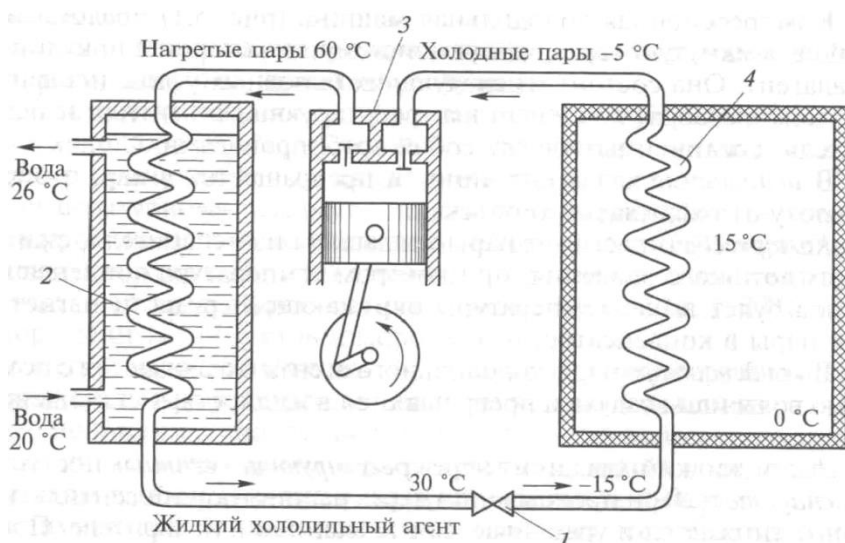
дополнительно используется тепло отработанного горячего воздуха для пастеризации молока. Однако, из-за относительной дороговизны ВХМ для многих перерабатывающих предприятий они недоступны.

**24...29.** В состав одноступенчатых холодильных установок входят компрессорный агрегат поршневого или винтового типа, конденсатор с водяным или воздушным охлаждением, испаритель, линейный ресивер, терморегулирующий вентиль или капиллярная трубка, воздухоохладитель с относительно небольшой длиной трубок, иногда отделитель жидкости, регенеративный теплообменник. На жидкостном трубопроводе устанавливают фильтр-осушитель, соленоидный вентиль, смотровой глазок.

В упрощенном виде принцип работы парокомпрессионной холодильной машины можно представить, рассматривая функционирование только четырех элементов (рис. 4) – испарителя 4, компрессора 3, конденсатора 2 и терморегулирующего вентиля 1.

Через испаритель пропускается вода (или любая другая жидкость, от которой нужно отвести тепло) и хладагент. В силу различия свойств жидкостей, хладагент кипит, отбирая тепло от жидкости, причем его температура не достигает температуры охлаждаемой воды. В результате обмена энергией, вода охлаждается, а хладагент нагревается и расширяется.

Далее газообразный хладагент попадает в компрессор, где сжимается в несколько раз и увеличивает свою температуру до 60-80°C.



#### Рис. 4 – Схема парокомпрессионной холодильной машины

Теперь, когда температура хладагента становится достаточно высокой, он поступает в конденсатор, где охлаждается с помощью воды или обдувается воздухом окружающей среды, и за счет этого охлаждается. В конденсаторе газообразный хладагент превращается **в жидкость**.

Заключительной фазой рабочего цикла парокомпрессионной холодильной машины является подача жидкого хладагента посредством терморегулирующего вентиля в испаритель.

Терморегулирующий вентиль (ТРВ) – автоматический прибор, который регулирует оптимальное заполнение испарителя жидким хладагентом. Переполнение испарителя хладагентом может привести к его попаданию в компрессор и, как следствие этого, – к поломке последнего, а его малое заполнение резко снижает эффективность работы испарителя.

Степень заполнения испарителя зависит от температуры перегрева пара на выходе из испарителя. ТРВ производит сравнение температуры парообразного хладагента на выходе из испарителя с заданной и в зависимости от величины расхождения увеличивает или уменьшает поток жидкого хладагента в испаритель.

Другой важной функцией ТРВ является дросселирование (расширение жидкости при истечении через узкие отверстия) жидкого хладагента.

Все компрессионные циклы холодильных машин включают два определенных уровня давления. Граница между ними проходит через нагнетательный клапан на выходе компрессора с одной стороны и выход из регулятора потока (ТРВ) или из капиллярной трубки с другой стороны.

Нагнетательный клапан компрессора и выходное отверстие регулятора потока являются разделительными точками между сторонами высокого и низкого давлений в холодильной машине.

На стороне высокого давления находятся все элементы, работающие при давлении конденсации.



На стороне низкого давления находятся все элементы, работающие при давлении испарения.

Таким образом, кипение хладагента в парокомпрессионных холодильных машинах происходит при **низком давлении и низкой температуре**, а конденсация – при высоком давлении и высокой температуре.

**30, 31.** Компрессором называют энергетическую машину или устройство, служащие для осуществления следующих процессов: всасывания паров хладагента из испарителя, адиабатического их сжатия и нагнетания в конденсатор.

Компрессоры, применяемые в холодильной технике, отличаются большим разнообразием типов, размеров и конструкций. В зависимости от того, каким образом осуществляется процесс сжатия, компрессоры разделяют на две группы: **объемного сжатия** и **динамического**.

В компрессорах объемного типа процесс сжатия паров холодильного агента происходит в замкнутом уменьшающемся объеме рабочей полости. К ним относятся поршневые, ротационные и винтовые компрессоры, из которых поршневые получили наибольшее распространение. В настоящее время около 90% всех компрессионных холодильных машин выпускают с поршневыми компрессорами.

Ротационные компрессоры распространены незначительно и применяются в малых аппаратах с холодильной мощностью 0,3-0,7 кВт.

Винтовые компрессоры применяют в машинах с холодильной мощностью от 20 до 3000 кВт.

К компрессорам динамического сжатия относятся осевые и центробежные (турбокомпрессоры). Турбокомпрессоры используют в крупных холодильных машинах с холодильной мощностью свыше 2 МВт.

В зависимости от вида холодильного агента компрессоры делят на фреоновые и аммиачные. В последние годы разработаны унифицированные компрессоры, которые могут работать как на фреонах, так и на аммиаке.

По холодильной мощности (при  $t_{и} = -15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t_{к} = 30^{\circ}\text{C}$ ) все холодильные компрессоры условно делятся на три группы:

- малые – до 12 кВт,

- средние – от 12 до 120 кВт,
- крупные – свыше 120 кВт.

По числу ступеней сжатия компрессоры могут быть одно-, двух- и трех-ступенчатыми, а в зависимости от числа цилиндров – двух-, четырех-, шести- и восьмицилиндровые.

По расположению цилиндров компрессоры подразделяют на горизонтальные, вертикальные, V-образные и W-образные (веерообразные).

В зависимости от направления движения пара холодильного агента в цилиндрах различают компрессоры прямоточные, в которых пар проходит по цилиндру только в одном направлении, и непрямоточные, в которых пар в цилиндре изменяет направление движения.

По числу рабочих сторон поршня компрессоры могут быть одинарного (простого) действия, когда рабочее вещество находится с одной стороны поршня, и двойного действия, когда обе стороны поршня рабочие.

Обычно к компрессорам относят машины, обеспечивающие **сжатие воздуха** или газа до избыточного давления не ниже 0,015 МПа. Например, в компрессионных холодильных машинах компрессор повышает давление парообразного хладагента до 1,5-2,5 МПа при температуре от 70 до 90°С.

**Компрессорные машины** разделяют на три класса:

**вентиляторы** – компрессоры, повышение давления и отношение давлений в которых не превышают соответственно 0,01 МПа и 1,1;

**нагнетатели** – машины с повышенным отношением давлений (до 1,3 и более) и без охлаждения среды в процессе работы;

**собственно компрессоры** – машины, снабженные устройством для охлаждения среды при работе (отношение давлений более 3),

По достигаемому в рабочем цикле конечному давлению различают компрессоры:

- низкого давления (с конечным давлением до 1 МПа);
- среднего давления (с конечным давлением от 1 до 10 МПа);
- высокого давления (с конечным давлением от 10 до 100 МПа);

– сверхвысокого давления (с конечным давлением свыше 100 МПа).

**32...34.** В крупных холодильных установках регулирование температуры охлаждения осуществляется за счет **регулирования подачи хладагента в испаритель с помощью терморегулирующего вентиля.**

В малых холодильных машинах, применяемых для бытовых холодильников, регулирующим устройством для подачи жидкого хладагента в испаритель служит капиллярная трубка. Она представляет собой трубопровод из меди марки ДКРХТ с внутренним диаметром 0,5-0,8 и длиной 2800-6000 мм (в зависимости от модели холодильника), соединяющий стороны высокого и низкого давления в системе холодильного агрегата.

Имея небольшую проходимость (5,6-8,5 л/мин), **капиллярная трубка является дросселем и создает перепад давления** между конденсатором и испарителем и подает в испаритель определенное количество жидкого хладона.

К преимуществам капиллярных трубок по сравнению с другими дросселирующими устройствами (например, с терморегулирующими вентилями) следует отнести простоту конструкции, отсутствие движущихся частей и надежность в работе. Кроме того, капиллярная трубка, соединяя между собой стороны нагнетания и всасывания, уравнивает давление в системе агрегата при его остановках. Это снижает противодействие на поршень компрессора в момент запуска и позволяет применять электродвигатель компрессора с относительно небольшим пусковым моментом.

Недостатком капиллярной трубки является невозможность необходимого регулирования подачи хладона в испаритель при разных температурных условиях эксплуатации холодильника. Учитывая это, проходимость капиллярной трубки устанавливают исходя из нормальных эксплуатационных условий холодильника.

Для улучшения теплообмена между отсасывающими холодными парами и теплым жидким хладагентом, которые движутся противотоком, капиллярную и отсасывающую трубки спаивают между собой на большом участке. В некото-

рых холодильных агрегатах капиллярную трубку наматывают на отсасывающую или помещают внутри нее.

Температура охлаждения в **бытовых холодильниках регулируется за счет включения или выключения электродвигателя компрессора с помощью терморегулятора**, который в свою очередь устанавливается в нужное положение пользователем аппарата.

**35...37. Испаритель – это аппарат, в котором жидкий хладагент кипит при низком давлении, отводя тепло от охлаждаемых объектов (продуктов).**

Чем ниже давление, поддерживаемое в испарителе, тем ниже температура кипящего хладагента. Температуру кипения, как правило, поддерживают на 10-15°C ниже температуры воздуха в камере. Температура воздуха в камере зависит от вида охлаждаемого продукта. Испаритель может быть расположен непосредственно в охлаждаемом объеме (камере, шкафе) или находиться за его пределами.

В соответствии с этим по назначению различают испарители для непосредственного охлаждения среды и испарители для охлаждения промежуточного хладоносителя (вода, рассол, воздух и др.).

Конструкция испарителя зависит от вида охлаждающей среды, необходимой холодопроизводительности, свойств самого хладагента. Как правило, это пластинчатые теплообменники с медными или алюминиевыми трубками и ребрами из алюминия, меди или оцинкованной стали.

Интенсивность теплопередачи в испарителе зависит от перепада температур, чистоты стенок труб, скорости движения холодильного агента и среды; физических свойств холодильного агента, среды и прочих условий.

По конструкции испарители бывают трубчато-змеевиковые, кожухотрубные, листотрубные, гладкотрубные и др.; по характеру заполнения жидким холодильным агентом различают **испарители затопленного и незатопленного типа**.

Жидкий хладагент может подаваться в испаритель снизу, а пары отсасываться через верхний штуцер. Такой испаритель называют испарителем затопленного типа.

Испаритель, в котором подача жидкого хладона осуществляется сверху, называют сухим или незатопленным. У таких испарителей часть поверхности

остается непокрытой кипящим агентом. Поэтому незатопленные испарители менее эффективны по сравнению с затопленными. Однако их широко используют в малых автоматизированных фреоновых холодильных машинах, поскольку они обеспечивают возвращение смазочного масла (отделяющегося при испарении) в картер компрессора.

У испарителей затопленного типа вся поверхность теплопередающих труб находится в соприкосновении с жидким кипящим холодильным агентом.

Как известно из описания рабочего цикла парокompрессионной холодильной машины, в испаритель попадает смесь пара и жидкости. Жидкость кипит в испарителе, отбирая тепло от окружающего воздуха, и вновь переходит в парообразное состояние.

**Размеры испарителя выбираются таким образом, чтобы жидкость полностью испарилась внутри испарителя.** Поэтому температура пара на выходе из испарителя оказывается выше температуры кипения и происходит так называемый перегрев хладагента в испарителе. В этом случае даже самые маленькие капельки хладагента испаряются и в компрессор не попадает жидкость.

Следует отметить, что в случае попадания жидкого хладагента в компрессор, так называемого «гидравлического удара», возможны повреждения и поломки клапанов и других деталей компрессора.

**38...41.** Один из основных компонентов холодильной машины – это конденсатор, служащий для переноса тепловой энергии от хладагента в окружающую среду. Чаще всего тепло передается воде или воздуху. В процессе работы конденсатора пары холодильного агента охлаждаются и конденсируются.

Тепло, которое выделяется в конденсаторе, примерно на 30% превышает холодопроизводительность холодильной машины. Например, если холодопроизводительность машины равна 20 кВт, то конденсатор выделяет 25-27 кВт тепла.

По роду охлаждающей среды различают конденсаторы с воздушным (ребристо-змеевиковые и листотрубные с принудительной и естественной циркуляцией воздуха), **водяным (горизонтальные и вертикальные кожухотрубные, кожухозмеевиковые)** и водовоздушным охлаждением (оросительные и испарительные).

Конденсаторы с воздушным охлаждением наиболее распространены и состоят из вентиляторного блока с электродвигателем и теплообменника. По трубкам протекает хладагент, а вентилятор обдувает трубки потоком воздуха. Обычно скорость воздушного потока составляет 1-3,5 м/с.

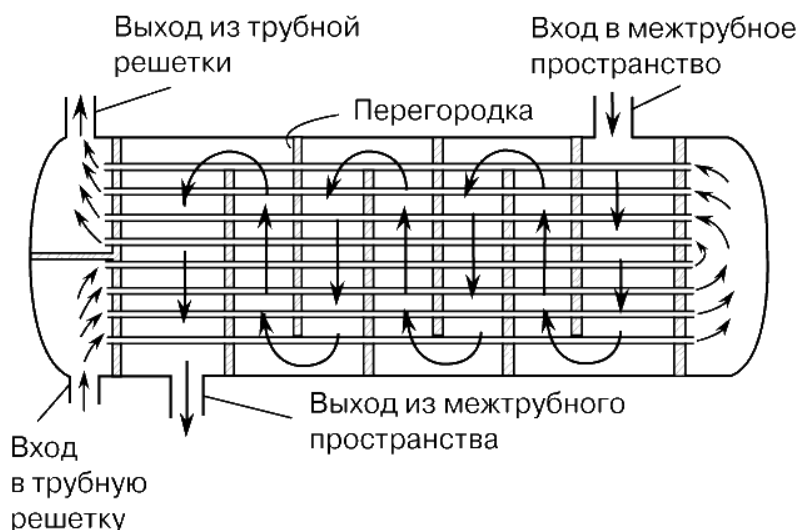
Чаще всего теплообменник состоит из оребренных медных трубок диаметром 6-20 мм с расстоянием между ребрами 1-3 мм. Медь используется потому, что ее легко обрабатывать, она не окисляется и имеет высокую теплопроводность. Оребрение обычно выполняется из алюминия.

Выбор диаметра трубок зависит от многих факторов: потерь давления, легкости обработки материала и т.д.

Тип оребрения может быть различным и значительно влияет на тепловые и гидравлические параметры теплообменника в целом. Например, сложный профиль оребрения с многочисленными выступами и просечками создает турбулентность (завихрения) воздуха, омывающего теплообменник. В результате эффективность теплопередачи от хладагента к воздуху увеличивается, и повышается холодопроизводительность холодильной машины.

Конструкция конденсаторов с водяным охлаждением более сложная в сравнении с конструкцией аппаратов с воздушным охлаждением. Они могут быть кожухотрубными, по типу «труба в трубе» и пластинчатыми.

Кожухотрубные конденсаторы обычно применяют в холодильных машинах большой мощности, а остальные типы – для менее мощных установок. Классическая схема кожухотрубного теплообменника показана на рис. 5.



## **Рис. 5 – Схема рабочего процесса кожухотрубного теплообменника**

Кожухотрубный конденсатор – стальной цилиндр, с обоих концов цилиндра установлены стальные решетки, к которым крепятся головки с патрубками для подключения к системе водяного охлаждения. В эти решетки запрессованы медные трубки, по которым протекает вода. Трубки чаще всего делаются из меди и имеют диаметр 20 мм и 25 мм. Снаружи они оребрены для повышения теплообмена.

В верхнюю часть стального кожуха поступает горячий пар хладагента из компрессора. Он омывает трубки с холодной водой и заполняет пространство между кожухом и трубками. В нижней части располагается патрубок отвода жидкого хладагента.

Холодная вода поступает по трубкам снизу и выходит сверху. Пар хладагента охлаждается при контакте с холодной водой, конденсируется и скапливается на дне кожуха. В некоторых случаях конденсатор содержит участок дополнительного охлаждения. Он расположен на дне конденсатора и состоит из пучка трубок, отделенных от остальных трубок перегородкой. Вода, только что поступившая в конденсатор и имеющая минимальную температуру, в первую очередь проходит через участок дополнительного охлаждения конденсатора.

Вода, охлаждающая хладагент в кожухотрубных конденсаторах, берется обычно из системы оборотного водоснабжения. Температура конденсации хладагента примерно на 5 градусов выше, чем температура выходящей воды. Для передачи 1кВт тепла от хладагента проточной воде расход воды составляет около 170 литров в час.

В кожухотрубных теплообменниках проходное сечение межтрубного пространства в 2-3 раза больше проходного сечения внутри труб. Поэтому при равных расходах теплоносителей с одинаковым фазовым состоянием коэффициенты теплоотдачи на поверхности межтрубного пространства невысоки, что снижает общий коэффициент теплопередачи в аппарате. Устройство перегородок в

межтрубном пространстве кожухотрубного теплообменника способствует увеличению скорости теплоносителя и повышению эффективности теплообмена.

Трубные доски (решетки) служат для закрепления в них пучка труб при помощи развальцовки, разбортовки, заварки, запайки или сальниковых креплений.

Преимущества кожухотрубного вертикального конденсатора:

- меньшая занимаемая площадь;
- обязательная установка конденсатора за пределами машинного отделения;
- малые гидравлические потери как со стороны холодильного агента, так и со стороны охлаждающей воды;
- возможность очистки внутренней поверхности труб механическим способом.

Недостатки кожухотрубного вертикального конденсатора:

- возможность загрязнения спиральных каналов распределительных устройств;
- необходимость установки конденсатора строго вертикально;
- возможность утечки хладагента через места развальцовки;
- более сложная конструкция, чем у кожухотрубных горизонтальных;
- сложность обслуживания и ремонта.

Конденсатор типа «труба в трубе» – система из двух спиральных трубок, одна расположена внутри другой. По одной из трубок (внешней или внутренней) перемещается хладагент, а по другой – вода.

Внутренняя трубка делается из меди, а внешняя – из меди или стали. Поверхности трубок могут иметь оребрение, которое повышает эффективность теплообмена. Жидкости движутся встречными потоками, при этом вода поступает снизу и вытекает сверху, а хладагент – наоборот.

Конденсаторы типа «труба в трубе» используют в автономных установках кондиционирования и маломощных установках охлаждения.

Недостаток конденсаторов этого типа состоит в том, что конструкция неразъемная, и возможна только химическая очистка трубки.



Пластинчатые конденсаторы состоят из рядов стальных пластин, расположенных «елочкой». Внутри теплообменника хладагент и вода движутся навстречу друг другу по независимым контурам циркуляции.

Преимущества этого типа конденсаторов:

- очень высокой эффективности теплообмена.
- компактность и небольшая масса
- небольшие перепады температур между хладагентом и охлаждающей водой.

Поэтому этот тип конденсаторов широко применяется в холодильных машинах **небольшой и средней мощности**.

Если температура воды на входе в конденсатор составляет  $16^{\circ}\text{C}$ , то температура конденсации равна  $32-36^{\circ}\text{C}$ . При температуре воды  $+24^{\circ}\text{C}$  хладагент конденсируется при  $38-40^{\circ}\text{C}$ .

Конденсаторы с водяным охлаждением имеют интенсивную теплопередачу и компактную конструкцию. Однако в условиях эксплуатации часто воздушное охлаждение конденсатора является более целесообразным (простота монтажа, эксплуатации и экономия воды).

С другой стороны, в теплохолодильных установках типа ТХУ конденсатор с водяным охлаждением позволяет **получать теплую воду** для технологических нужд. В этих установках для сброса хладагента при аварийном режиме конденсатор оснащен **плавкой пробкой**.

**42.** Переохладители жидкого аммиака представляют собой аппараты, собранные из соединенных последовательно двойных труб (труба в трубе), в которых аммиак и вода перемещаются противотоком.

Применение переохладителей повышает холодопроизводительность установки. Рабочее давление в наружных трубках переохладителей, по которым проходит аммиак – до  $18 \text{ кгс/см}^2$ , во внутренних водяных – до  $6 \text{ кгс/см}^2$ . Если на конденсаторы подается, как правило, обратная вода, то на переохладители подают непосредственно речную или грунтовую воду. Чем холоднее будет аммиак на входе в испаритель, тем сильнее окажется его охлаждающее действие при испарении.

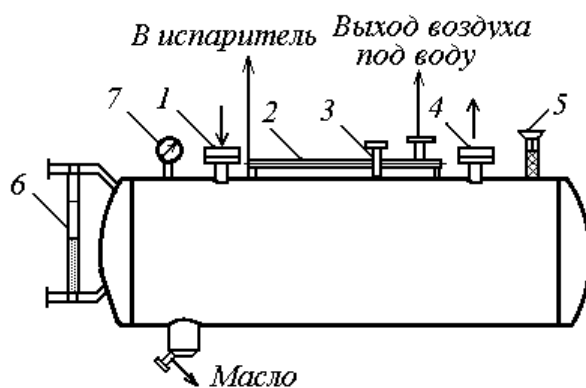
В двухступенчатых установках переохлаждение хладагента осуществляется в промежуточных сосудах.

Во фреоновых холодильных машинах такие теплообменники используют для **переохлаждения жидкого фреона перед регулирующим вентилем, т.е. после конденсации газообразного фреона и превращения его в жидкость.** Одновременно с переохлаждением жидкости в них, происходит осушение и перегрев паров фреона, что повышает безопасность работы компрессора.

Применение теплообменников повышает холодильный коэффициент фреоновых установок.

**43.** В зависимости от назначения различают линейные, циркуляционные, дренажные и защитные ресиверы.

Линейные ресиверы предназначены для сбора конденсата и создания запаса его, что необходимо для бесперебойной подачи жидкости к регулирующему вентилю и **обеспечения равномерной работы компрессора.** Их устанавливают на стороне высокого давления за конденсатором и соединяют с последним жидкостным и паровым уравнительными трубопроводами (рис. 6).



**Рис. 6 – Линейный аммиачный горизонтальный ресивер:**

- 1, 4 – патрубки для входа и выхода жидкого аммиака; 2 – двухтрубный аппарат для удаления из системы воздуха; 3 – патрубков для уравнительной паровой линии; 5 – предохранительный клапан для выпуска воздуха; 6 – указатель уровня; 7 – манометр

Циркуляционные ресиверы применяют в крупных аммиачных холодильных установках с принудительной циркуляцией аммиака в приборах охлажде-

ния. Их устанавливают на стороне низкого давления и используют как резервуар, из которого аммиачный насос забирает жидкость и под давлением направляет в охлаждающие батареи.

Горизонтальный циркуляционный ресивер устроен так же, как и линейный, но над ним не монтируют воздухоотделитель, а закрепляют патрубок для подключения насоса. Горизонтальные циркуляционные ресиверы применяют в комплекте с отделителями жидкости, размещаемыми над ними, а вертикальные – без этого отделителя.

На вертикальном ресивере патрубки расположены так, что отделение жидкости от пара осуществляется в ресивере.

Дренажный ресивер является резервуаром для спуска жидкого холодильного агента из приборов охлаждения при оттаивании снеговой шубы горячими парами. В их качестве используют те же аппараты, что и для циркуляционных ресиверов, т.е. они могут быть либо горизонтальные, но без воздухоохладителя, либо вертикальные. Дренажный ресивер должен вмещать жидкость из батарей и воздухоохладителей самой большой камеры на холодильнике при условии его заполнения на 80 %.

Защитный ресивер применяют в безнасосных схемах и устанавливают под отделителями жидкости (горизонтальный ресивер) для приема жидкости в случае выброса ее из батарей при повышенных тепловых нагрузках. При использовании вертикальных ресиверов отделение жидкости происходит в верхней зоне аппарата.

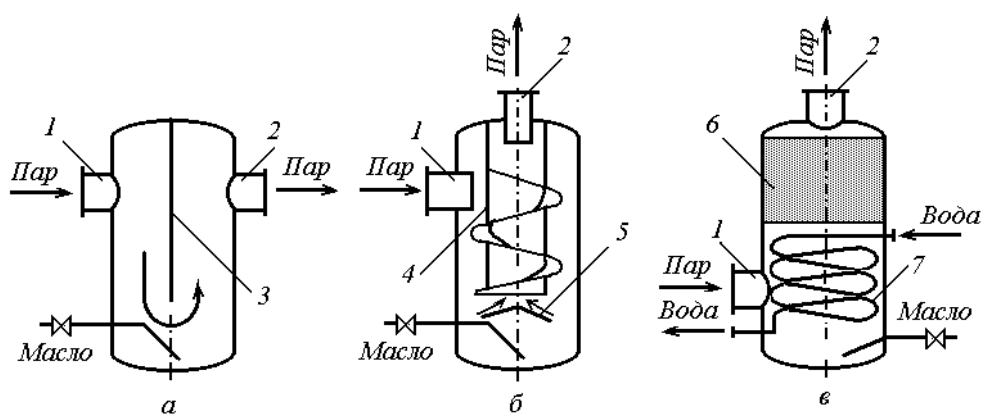
Нормальное рабочее заполнение линейных ресиверов составляет 50 %, циркуляционных – 30 %; ресиверы дренажные и защитные при нормальной работе жидкостью не заполняются.

**44. Маслоотделители** устанавливают на **нагнетательном трубопроводе** между компрессором и конденсатором установки с холодильным агентом, ограниченно растворяющимся в масле (например, аммиак и до некоторой степени хладоны).

Они предназначены для отделения масла, увлекаемого парами холодильного агента из компрессора, чтобы не допустить попадания его в больших количествах в теплообменные аппараты (конденсатор и испаритель).

Масло уносится из компрессора как в виде мелких капель, так и в парообразном состоянии, так как при температурах 80-130°С происходит частичное испарение масла – от 3 до 30%. Отделяется масло в маслоотделителях в результате резкого изменения направления и уменьшения скорости движения пара (до 0,7-1,0 м/с).

Направление движения пара изменяют, устанавливая в аппаратах перегородки (рис. 7, а) или определенным образом располагая патрубки. В этом случае маслоотделители улавливают только 40-60% масла, унесенного парами из компрессора, так как пары масла и его очень мелкие капли такой аппарат не улавливает.



**Рис. 7 – Маслоотделители:**

а – с перегородкой; б – циклонный; в – с водяным охлаждением:

1 – патрубок для входа пара; 2 – патрубок для выхода пара в конденсатор;

3 – перегородка; 4 – направляющие лопатки; 5 – перегородка, защищающая от струи пара; 6 – насадка; 7 – водяной змеевик

Лучшие результаты дает центробежный, или циклонный, маслоотделитель (рис. 7, б). Здесь пар, поступающий по патрубку 1, попадая на направляющие лопатки 4, приобретает вращательное движение. Под действием центробежной силы капли масла отбрасываются на корпус и образуют медленно стекающую вниз пленку.

Пар при выходе со спирали резко меняет направление и по патрубку 2 уходит из маслоотделителя. Отделившееся масло защищается от струи пара перегородкой 5, чтобы уровень его оставался в спокойном состоянии.

Для более полного отделения масла в современных конструкциях маслоотделителей применяют также водяное охлаждение (рис. 7, в). При этом паробразное масло конденсируется и вязкость его увеличивается, что способствует образованию более крупных капель масла, которые легко отделяются от пара холодильного агента.

**45.** Насосы холодильных установок предназначены для циркуляции охлаждающей воды в оборотных системах водоснабжения, промежуточного хладоносителя (рассол или ледяная вода), а также подачи жидкого аммиака в насосно-циркуляционных системах в испарительные батареи. Для жидкого аммиака применяют специальные аммиачные бессальниковые насосы.

### **Тема 3. Холодильное оборудование**

**1.** При планировке холодильника важно предусмотреть рациональное расположение холодильных камер, грузовых лифтов, вестибюлей, коридоров, платформ с целью создания технологического потока и удобства выполнения грузовых работ.

Для уменьшения расхода холода камеры располагают таким образом, чтобы разность температур между ними была как можно меньше. В свою очередь минимальная разность температур между соседними камерами в холодильнике позволяет **уменьшить расход холода машиной.**

**2.** Холодильное оборудование предназначено для холодильной обработки и хранения сырья, полуфабрикатов и готовых пищевых продуктов. С этой точки зрения данное оборудование условно можно разделить на две большие группы – универсальное и специальное.

К **универсальному**, позволяющему наряду с холодильной обработкой и хранить продукцию, относятся холодильные шкафы и сборные холодильные камеры.

Группу **специального** оборудования составляют скороморозильные воздушные, морозильные плиточные аппараты и криогенные морозильные агрегаты. Это оборудование не предназначено для хранения продукции, а осуществляет только ее холодильную обработку.

По другой классификации оборудование и способы замораживания пищевых продуктов делятся на три класса: с помощью хладагента, в жидкости и в воздухе. В зависимости от наличия промежуточного передатчика теплоты между продуктом и охлаждающей средой каждый из указанных классов, в свою очередь, делится на два подкласса: контактное и бесконтактное замораживание.

Несмотря на то, что второй способ классификации учитывает и теплофизические, и технологические, и технические аспекты холодильной обработки пищевых продуктов, деление оборудования на универсальное и специальное позволяет в процессе его изучения лучше оценить функциональные и конструктивные особенности каждой группы машин и аппаратов.

**3.** В зависимости от условий теплоотвода и конструкций холодильных камер различают трубчатое, воздушное и смешанное охлаждение.

При трубчатом охлаждении в камерах устанавливают батареи, в которые подается хладоноситель (водный раствор хлористого натрия или хлористого кальция) или хладагент.

Если охлаждение воздуха происходит вследствие кипения холодильного агента в батареях, расположенных непосредственно в охлаждаемой камере, то такой способ охлаждения называется непосредственным охлаждением, а оборудование для его реализации – батареями непосредственного охлаждения.

При этом способе, получившем в последнее время преимущественное распространение по сравнению с рассольным, циркуляция воздуха осуществляется со скоростью 0,05...0,15 м/с благодаря разности удельного веса теплого воздуха у поверхности охлаждаемого продукта и холодного у поверхности приборов охлаждения.

Воздушное охлаждение камер осуществляется воздухом, предварительно охлажденным в теплообменном аппарате – воздухоохладителе. Холодный воз-

дух из воздухоохладителя нагнетается вентилятором в камеру и, соприкасаясь с охлаждаемым продуктом, увлажняется и повышает свою температуру.

В воздухоохладителе воздух, охлаждаясь и осушаясь, отдает теплоту кипящему холодильному агенту. В случае необходимости вентиляции холодильной камеры в воздухоохладитель поступает наружный воздух. При воздушном охлаждении происходит принудительное перемещение воздуха со скоростью **5...10 м/с**.

Смешанное охлаждение представляет собой совокупность трубчатого и воздушного охлаждения и в современном холодильном оборудовании почти не применяется.

По сравнению с трубчатым воздушное охлаждение имеет некоторые преимущества: более равномерное распределение температуры и влажности воздуха по объему камеры; более интенсивное охлаждение и замораживание продукта вследствие увеличения скорости перемещения воздуха; возможность вентилирования камеры и регулирования влажности воздуха, что необходимо при хранении многих продуктов. Его недостатки – более высокие затраты на оборудование и электроэнергию, а также повышенная усушка хранимого продукта при длительном нахождении его в камере без упаковки.

**4...8.** Отечественная промышленность выпускает различные типы сборных холодильных камер: среднетемпературные КХС, низкотемпературные КХН, двухрежимные КХК и камеры для быстрого замораживания.

Среднетемпературные камеры предназначены для продолжительного хранения охлажденных продуктов при температурах от  $-5$  до  $+5^{\circ}\text{C}$ .

Низкотемпературные камеры предназначены для длительного хранения замороженных продуктов при температурах от  **$-15$  до  $-25^{\circ}\text{C}$** .

Камеры типа **КХК** отличаются от КХС и КХН тем, что в них можно регулировать температуру полезного объема. Например, для хранения мяса используют камеру в низкотемпературном режиме, а затем, переключив на среднетемпературный режим, загружают овощами и фруктами.

Камеры для быстрого замораживания («шоковой заморозки») имеют температуры не выше  $-35^{\circ}\text{C}$  и рекомендуются для сохранения гастрономических, вкусовых и питательных качеств продуктов.

Наиболее современным методом создания надежной и высокоэффективной теплоизоляции холодильных камер является использование трехслойных сэндвич-панелей с утеплителем в виде пенополиуретана, залитого под давлением. Этот материал легок, отличается хорошей прочностью, термостойкостью, стабильностью формы и отличными теплоизоляционными свойствами. Кроме того, пенополиуретан обладает высокой стойкостью к воздействию воды, что выгодно отличает его, например, от минеральной ваты.

Габариты стандартных холодильных камер изменяются с шагом 300 мм по длине и ширине, с шагом 100 мм – по высоте. Объемы камер могут быть от  $3\text{ м}^3$  и выше. Максимальная длина панелей 6,4 м.

Низкотемпературные камеры оснащаются холодильными агрегатами, работающими на хладоне R502, а среднетемпературные – на хладоне R12.

Конструкция камер типа КХН и КХС несущественно отличается друг от друга. Например, камера КХН-1-8,0 собрана из панелей, которые соединены между собой эксцентриковыми стяжками. Для достижения плотного прилегания панелей друг к другу применено соединение типа шип-паз.

Дверь, подвешенная на самозакрывающихся петлях, представляет собой теплоизолированную пенополиуретаном панель с закрепленным по периметру уплотнителем. К дверному проему она прижимается специальным запором, который закрывается снаружи ключом и открывается без ключа изнутри.

На панели двери установлен щит управления, на котором расположены выключатель освещения в камере и манометрический термометр для контроля за температурой камеры.

На потолочных панелях в передней части камеры размещены две блочные низкотемпературные машины МХНК-630 полной заводской готовности. Они снабжены системами автоматического оттаивания испарителя и выпаривания воды, образующейся при таянии снеговой шубы.



В потолочных панелях имеются отверстия, обеспечивающие циркуляцию воздуха через воздухоохладители, расположенные над этими отверстиями. Воздухоохладитель герметично закрыт теплоизолированным коробом. **Вентилятор воздухоохладителя отключается автоматически микровыключателем при открывании двери.**

В передней части камеры над дверью установлен шкаф электрооборудования, в котором размещены приборы автоматики управления, пускозащитная аппаратура и другие элементы электрической схемы машины.

9. Среди аппаратов, в которых в качестве теплоотводящей среды используют газ (диоксид углерода, воздух), наибольшее распространение получили морозильные аппараты с интенсивным движением воздуха. Они состоят из грузового отсека, в котором помещается замораживаемый продукт, и воздухоохладителей. Последние в зависимости от конструкции аппарата могут находиться рядом с грузовым отсеком, под ним или над ним.

Секции воздухоохладителей изготавливают из гладких или оребренных труб, в которых кипит хладагент (чаще всего аммиак). Циркуляция его осуществляется с помощью насоса или за счет разности давлений конденсации и кипения (в аппаратах с малым гидравлическим сопротивлением).

В зависимости от способа замораживания продуктов и типа перемещающих их средств воздушные скороморозильные аппараты делятся на туннельные, тележечные, конвейерные и гравитационные.

*Конвейерные морозильные аппараты* состоят из грузового отсека и воздухоохладителей. При этом воздухоохладители располагают таким образом, чтобы обеспечить эффективное охлаждение перемещаемого конвейером продукта.

По виду конвейера данный тип морозильных аппаратов подразделяется на аппараты с ленточным и цепным (зигзагообразным или спиралеобразным) конвейером.

Морозильные аппараты с ленточным конвейером обычно применяют для замораживания фасованных продуктов.

Температура замораживания продуктов в конвейерных скороморозильных аппаратах регулируется **временем нахождения замораживаемого про-**

**дукта в аппарате**, которое в свою очередь зависит от скорости перемещения конвейера.

**10.** Для замораживания различных пищевых продуктов в блоках применяются плиточные аппараты. В сравнении с воздушными они при равной производительности занимают в 1,5 раза меньше площади, а удельный расход энергии в этих аппаратах на 25...30% ниже.

Основной рабочий орган плиточных аппаратов – алюминиевые плиты, имеющие внутри канал для прохождения хладагента.

Каждая морозильная плита соединяется гибкими шлангами с нагнетательным и отсасывающим коллекторами холодильной установки. Морозильные плиты с циркулирующим в них хладагентом прижимаются к продукту (давление 5...100 кПа), который в упакованном или неупакованном виде помещен в блок-формы (окантовки), и тем самым обеспечивают эффективный теплообмен продукта и охлаждающей поверхности аппарата.

Отсутствие промежуточного хладоносителя, хороший контакт продукта с морозильной плитой, компактность аппарата позволяют интенсифицировать процесс замораживания мяса в блоках в плиточных аппаратах по сравнению с замораживанием в воздушных в 2...3 раза.

Толщина замораживаемых блоков 65...100 мм. Масса их может изменяться от 0,2 до 12 кг. Обычно замораживание ведут при температуре хладагента в морозильных плитах **-35...-40°С**.

**11.** Низкие температуры, необходимые для замораживания пищевых продуктов, получают в результате кипения хладагентов (аммиак, фреоны) или криогенных жидкостей (жидкий азот, диоксид углерода).

Криогенные жидкости – это однократно используемые хладоносители, так как получаемые в морозильных аппаратах пары этих жидкостей технически трудно и экономически нецелесообразно сжижать непосредственно на перерабатывающем предприятии для повторного использования. Поэтому продукты их обработки выбрасываются в атмосферу.

Криогенные аппараты и линии делят на две группы. В первой из них обрабатываемый в аппарате продукт в процессе теплообмена непосредственно контактирует с криогенной жидкостью. В аппаратах второй группы теплообмен между продуктом и криогенной жидкостью осуществляется через элементы, имеющие дополнительное термическое сопротивление (упаковку продукта, металлическую поверхность блок-формы или транспортирующего конвейера).

В свою очередь аппараты обеих групп, в зависимости от условий теплообмена продукта с хладоносителем, делятся на аппараты замораживания кипящим (криогенные жидкости и хладон) и некипящим (солевые растворы) хладоносителями.

Жидкоазотные линии быстрого замораживания пищевых продуктов состоят из щита управления, емкости для хранения жидкого азота, модуля упаковки замороженных продуктов и криогенного морозильного аппарата.

Криогенный морозильный аппарат представляет собой теплоизолированный короб, в котором размещены грузовой конвейер, вентиляторы, распылительное устройство и конвейеры погрузки и выгрузки продукта. По ходу движения продукта он разбит на три зоны.

Первая зона предназначена для предварительного охлаждения продукта (до  $-1...-5^{\circ}\text{C}$ ) парами хладагента, поступающими из последующих зон. Для интенсификации теплообмена в этой зоне благодаря установке вентиляторов скорость движения паров доведена до  $20...30$  м/с.

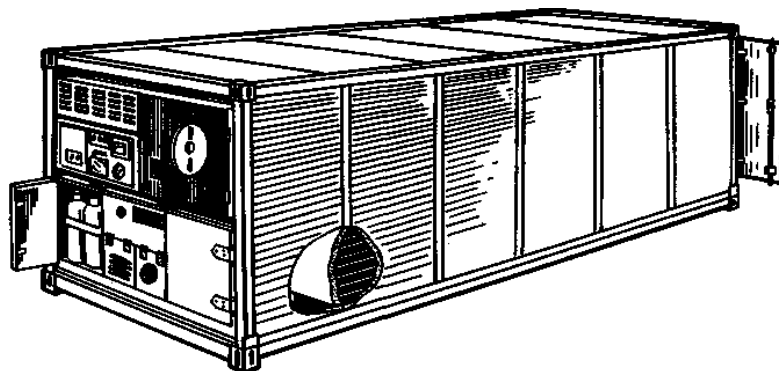
В **средней зоне** продукт орошается из распылительного устройства (распылительных сопел) и замораживается до конечной температуры ( $-20...-30^{\circ}\text{C}$ ).

В последней зоне аппарата остатки жидкого азота испаряются с поверхности продукта, и его температурное поле выравнивается. В этой зоне также установлены вентиляторы.

**12.** Одним из перспективных направлений в развитии холодильного транспорта является использование технических средств, оборудованных системами охлаждения в регулируемой газовой среде (с применением азота).

Рефрижераторный контейнер с регулируемой газовой средой для транспортирования и временного хранения скоропортящейся продукции (рис. 8)

обеспечивает сохранность ее питательных веществ, вкусовых качеств и товарного вида в течение длительного времени.



**Рис. 8 – Рефрижераторный контейнер с регулируемой газовой средой**

Контейнер представляет собой теплоизолированный и герметизированный контейнер, укомплектованный холодильно-нагревательной установкой для автоматического поддержания заданного температурного режима внутри контейнера, системами по обеспечению влажности и созданию регулируемой газовой среды (РГС) внутри контейнера, источником питания.

Система РГС создает инертную (азотную) среду путем уменьшения процентного содержания кислорода и углекислого газа, что позволяет: значительно снизить интенсивность «дыхания» плодов и овощей и, тем самым, предупредить их преждевременное перезревание и старение; способствует длительному сохранению устойчивости к микробиологическим физиологическим заболеваниям; снимать и сохранять урожай, достигший стадии полного созревания; увеличить срок хранения продукции в 6...8 раз по сравнению с обычными рефрижераторами. Рефрижераторный контейнер устанавливается на шасси КамАЗ-53212. Грузоподъемность контейнера составляет 7 т, а объем грузового отсека 24,2 м<sup>3</sup>.

**13, 14.** Наряду с холодильными шкафами и камерами на предприятиях общественного питания могут применяться холодильные столы, лари, прилавки, витрины, а также прилавки-витрины.

**Холодильные столы** представляют собой сочетание рабочего разделочного стола и холодильника. Данный вид оборудования позволяет значительно экономить площади различных цехов. С другой стороны, работник кухни имеет под

рукой все необходимые продукты и ему не надо передвигаться по всему помещению, что значительно экономит время. Холодильные столы широко применяются в барах, ресторанах, столовых, кафе. Столы бывают разных конфигураций, например, с выдвигающимися полками или распашными дверьми. Благодаря выдвигающимся полкам, продукты можно хранить отдельно друг от друга.

Холодильные столы настраивают на среднетемпературный режим, чтобы хранить: холодные закуски, салаты, готовые блюда. В некоторых случаях применяются и низкотемпературные режимы хранения. Существуют холодильные столы, в которых низкая температура поддерживается и во внутренних нишах и на поверхности стола.

**Лари** могут быть морозильные или холодильные. Первые из них предназначены для хранения замороженных продуктов и мороженого, вторые – для охлаждения напитков. Наряду с этим данное оборудование осуществляет функции демонстрации предлагаемого товара. Объем ларей – от 120 до 600 л.

Диапазон температур в морозильных ларях от  $-8$  до  $-24^{\circ}\text{C}$ , холодильных – от  $8$  до  $22^{\circ}\text{C}$ . Данные температурные режимы контролируются, как правило, термостатами, которые установлены на ларях.

**Холодильные прилавки** используют для кратковременного хранения, демонстрации и продажи расфасованных и упакованных охлажденных и замороженных продуктов перед их продажей. Они бывают двух типов:

- закрытого типа (глухие), предназначенные для хранения текущего запаса скоропортящихся продуктов на рабочем месте продавца;
- с прозрачными дверцами, предназначенные для хранения, демонстрации и продажи расфасованных скоропортящихся товаров. Такие прилавки могут использоваться как на рабочем месте продавца, так и в торговом зале.

**Холодильные витрины** применяют для демонстрации, хранения и продажи товаров. Как и другое холодильное оборудование, они могут классифицироваться по целому ряду признаков.

По *конструктивному* исполнению выделяют следующие виды витрин:

- закрытые, устанавливаемые на рабочем месте продавца;
- открытые, отдельно стоящие в торговом зале;

– открытые, монтируемые в линии выкладки, демонстрации и продажи товаров.

По количеству ярусов для выкладки товаров:

- одноярусные;
- многоярусные.

По способу установки:

- островные (доступ со всех сторон);
- пристенные (доступ с одной стороны);

По способу охлаждения:

- с естественной циркуляцией охлажденного воздуха;
- с принудительной циркуляцией охлажденного воздуха;
- со встроенным холодильным агрегатом;
- с отдельно монтируемым холодильным агрегатом;
- с подключением к централизованной системе хладоснабжения.

Следует отметить, что холодильные витрины одновременно разделяют и связывают покупателя и продавца. При этом цель покупателя – увидеть и выбрать нужный ему продукт, задача продавца – демонстрация наибольшего количества товаров и сохранение их качества до момента продажи.

**Холодильные прилавки-витрины** – это комплексное оборудование, состоящее из прилавка, в котором хранится запас продуктов, и витрины, установленной на прилавке и служащей для демонстрации и продажи продуктов. По мере необходимости продукты из прилавка переносят в витрину. Отличается это оборудование тем, что все охлаждаемые емкости закрыты дверцами либо остеклены со стороны покупателя. Лицевая и боковые стороны витрины закрыты двойными стеклами, а со стороны продавца имеются раздвижные стеклянные дверцы и рабочий стол. Подсвечивание осуществляется люминесцентными лампами. Прилавок расположенный внизу имеет теплоизоляцию и плотно закрывающуюся теплоизолированную дверцу с быстродействующим замком.

**15, 16.** Основным технологическим процессом при приготовлении мороженого является частичное замораживание влаги в специально приготовленной смеси с одновременным ее взбиванием и насыщением мелкодиспергированным

воздухом. Этот процесс получил название фризерование и осуществляется в специальных аппаратах – фризерах.

В них определенная часть (25...60%) воды переходит в лед и объем смеси увеличивается в 1,5...2,0 раза.

Фризеры классифицируются на аппараты периодического и непрерывного действия. Фризеры периодического действия применяются в основном для получения «мягкого» мороженого с целью его реализации сразу после приготовления.

Время охлаждения смеси обеспечивает оптимальную взбитость мороженого. Если она недостаточна, мороженое получается излишне плотным, водянистым, грубой структуры. При повышенной взбитости мороженое имеет хлопьевидное строение. И в том и в другом случаях вкусовые качества мороженого ниже нормы. Считается, что для большинства сортов мороженого его взбитость должна составлять 75...95% и при этом ограничиваться трехкратным содержанием сухих веществ в смеси.

В свою очередь время охлаждения смеси зависит от температуры получаемого мороженого ( $-5...-6$  °C), которая устанавливается с помощью терморегулятора.

**17, 18.** Льдогенераторы – это аппараты, используемые для производства льда и состоящие из холодильного агрегата и испарителей (от одного до нескольких), на поверхностях которых и образуется лед.

**По способу производства льда** льдогенераторы подразделяются на аппараты периодического и непрерывного действия.

В льдогенераторах периодического действия весь цикл производства льда состоит из двух периодов: намораживания и оттаивания.

В первый период на охлаждаемой батарее аппарата намораживают лед необходимой толщины, причем лед прочно примерзает к этой, обычно металлической поверхности. Адгезия льда к стали при  $-15$ °C составляет 0,4...0,5МПа, что довольно близко к пределу прочности льда на скалывание.

Во второй период поверхность, к которой примерз лед, нагревают, в результате чего у нее подтаивает слой льда небольшой толщины (0,...2 мм), что позволяет отделить лед от поверхности и удалить из аппарата.

**В зависимости от компоновки холодильного агрегата**, льдогенераторы могут иметь встроенный и выносной агрегат.

Встроенный холодильный агрегат вмонтирован в сам льдогенератор.

Льдогенератор с выносным агрегатом часто называют сплит-системой (от англ. *split* – разделенный). Внутри льдогенератора находится лишь испаритель, а сам компрессор и конденсатор смонтированы в отдалении (чаще всего на улице).

Льдогенераторы различаются также **системой охлаждения**, которая может быть водяной (W – water) или воздушной (A – air).

Льдогенераторы с водяным охлаждением более компактны, чем аппараты с воздушным охлаждением, но стоят дороже последних. Льдогенераторы с системой водяного охлаждения можно встраивать в барные стойки, ставить вплотную к стене, т. к. наличие «воздушной рубашки» (как для систем с воздушным охлаждением) необязательно.

**В зависимости от размеров**, льдогенераторы могут быть настольными или напольными.

Настольные модели льдогенераторов – идеальное решение для небольших баров, кафе и ресторанов. Как правило, это модели заливного типа, не требующие стационарного подключения к канализации. Их производительность составляет в среднем 15...30 кг льда в сутки. В таких моделях льдогенераторов применен воздушный тип охлаждения конденсатора.

Напольные модели льдогенераторов, как правило, рассчитаны на производство большого количества льда (более 50 кг в сутки). Они применяются на предприятиях общественного питания и торговли, хлебопекарных и мясоперерабатывающих производствах. Напольные модели льдогенераторов подключаются к водопроводу и канализации.

**В зависимости от типа** льдогенератора можно изготовить лед в виде кубиков, блоков, плит, чешуек, кристаллов, пальчиков и т.д. Выделяют два типа льдогенераторов:

- гранулированный льдогенератор (шнековый льдогенератор);
- чешуйчатый льдогенератор (барабанный льдогенератор).



Основные виды льда, используемого в пищевых производствах, – формовой (кусковой), гранулированный, чешуйчатый. Причем надо учитывать, что у каждого из них свое предназначение.

Льдогенераторы кубикового типа производят лед в форме кубиков. Такой лед знаком каждому бармену – его добавляют во многие напитки для красоты и охлаждения, особенно в жаркое время года.

Кубики идеальны для готовых прохладительных напитков и для охлаждения емкостей с жидкостями в кафе, гостиницах и ресторанах. Масса готового кубика льда в среднем варьирует от 13 до 33 г. Лед в кубиках подходит для стаканов любой формы. Считается, что он охлаждает напиток, не особенно разжижая его.

Льдогенераторы пальчикового льда производят лед, имеющий форму цилиндра с отверстием внутри (немного похож на стакан).

Пальчиковый лед при той же массе, что и лед в кубиках, обладает большей поверхностью теплообмена – соответственно и процесс охлаждения напитка происходит быстрее. Пальчиковый лед используется в барах и ресторанах для приготовления коктейлей и других напитков.

Льдогенераторы пирамидообразного льда производят лед в форме пирамидки. По весу пирамидка намного меньше кубика (5...7 г).

Такой лед очень быстро растворяется, быстро охлаждает напиток и наиболее распространен в фаст-фудах. Кроме того, такой вид льда подходит для шипучих напитков.

Льдогенераторы гранулированного льда производят гранулированный лед.

Гранулированный лед имеет температуру 0°C и размеры кусочков-гранул примерно 5...10 мм. Большая поверхность соприкосновения с охлаждаемым продуктом позволяет давать быстрый и интенсивный морозильный эффект. Лед легко смешивается с продукцией и плотно обволакивает ее.

Льдогенераторы чешуйчатого льда получили широкое распространение в мясоперерабатывающей промышленности, а также для хранения рыбы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронина П.К. Холодильная техника и технология в вопросах и ответах. Учебно-методическое пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2015. – 80 с.
2. Большаков С.А. Холодильная техника и технология продуктов питания. Учебник для вузов. – М.: Изд. «Академия», 2003. – 304 с.
3. Курочкин А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства. Учебник для вузов. – М.: КолосС, 2010. – 503 с.
4. Оборудование перерабатывающих производств: учебник /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина. – М.: ИНФРА-М, 2015. – 363 с.
5. ГОСТ 24393-80. Техника холодильная. Термины и определения. – Введ. 1981-01-01. – М.: Издательство стандартов, 2013. – 8с.
6. ГОСТ Р 55516-2013. Технологии пищевых продуктов холодильные. Термины и определения. Введ. 2014-04-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 9с.
7. ГОСТ 12.2.233-2012 (ISO 5149:1993) Системы стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы холодильные холодопроизводительностью свыше 3кВт. Требования безопасности. Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 40 с.

Учебное издание

Анатолий Алексеевич Курочкин  
Алексей Иванович Купреенко  
Хафиз Мубариз-оглы Исаев  
Полина Константиновна Воронина

ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ  
В ВОПРОСАХ И ОТВЕТАХ

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 08.09.2017 г. Формат 60x84 1/16.  
Бумага печатная. Усл. п. л. 5,23. Тираж 150 экз. Изд. № 5359.

---

Издательство Брянского государственного аграрного университета  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ