Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского федерального университета
Дата подписания: 22.05.2024 10:56:44
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению практических работ
по дисциплине «Холодильная технология»
направления подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания
направленность (профиль) Технология и организация ресторанного дела

Пятигорск, 2024 г.

Содержание

	С.
Введение	2
План практического занятия № 1 Консервирование пищевых продуктов холодом. Определение основных физико-химических свойств продуктов животного и растительного происхождения.	5
План практического занятия № 2 Теоретические основы процесса охлаждения. Измерение и контроль температуры продуктов при охлаждении.	9
План практического занятия № 3 Теоретические основы процесса охлаждения. Физические и биохимические изменения в пищевых продуктах при охлаждении. Определение усушки продуктов при охлаждении.	14
План практического занятия № 4 Теоретические основы процесса охлаждения. Определение длительности охлаждения пищевых продуктов, используя аналитическое уравнение Фурье в обобщенном виде для тел правильной геометрической формы.	17
План практического занятия № 5 Основные вопросы теории замораживания пищевых продуктов. Построение процессов и циклов паровых компрессионных холодильных машин в термодинамических диаграммах.	21
План практического занятия № 6 Основные вопросы теории замораживания пищевых продуктов. Расчет цикла холодильной машины. Построение цикла и расчет одноступенчатой холодильной машины	28
План практического занятия № 7 Замораживание продуктов животного происхождения. Определение криоскопической температуры	31
План практического занятия № 8 Замораживание продуктов растительного происхождения. Определение длительности процесса замораживания пищевых продуктов.	35
Список рекомендуемой литературы	40
Приложения	41

Введение

Цель дисциплины «Холодильная технология» - приобретение теоретических знаний, практических умений и навыков в области создания специальных условий для обработки и сохранения пищевых продуктов посредством искусственного холода.

Задачи холодильной технологии можно свести к трем основным положениям.

1. Широкое исследование состава, структуры и свойств пищевых продуктов, изучение процессов, протекающих в продуктах, эффективное регулирование этих процессов в желательном направлении посредством изменения температуры и других факторов.

2. Разработка рациональных способов внешнего воздействия при

холодильной обработке и хранении продуктов, а также наиболее благоприятных режимов осуществления таких процессов в соответствии с важнейшими особенностями каждого вида продуктов и свойственными ему изменениями при хранении.

3. Создание технических средств для реализации разработанных способов; анализ и оценка пригодности таких средств для осуществления заданных процессов.

Дисциплина «Холодильная технология» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, подготовки бакалавра по направлению 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, направленности (профиля) Технология и организация ресторанного дела. Ее освоение происходит в 6 семестре.

Наименование практических работ

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Обьем часов, очная форма обучения	Обьем часов, заочная форма обучения
	6 семестр		
	Раздел 1. Основы теории холодильной обработки и хранения	**2**	
2	Практическая работа № 1. Консервирование пищевых продуктов холодом. Определение основных физико-химических свойств продуктов животного и растительного происхождения. Цель работы: определить плотность продуктов животного и растительного происхождения, их влагосодержание, являющихся одними их основных физико-химических характеристик продукта, необходимых для описания, анализа и оценки теплофизических процессов холодильной обработки пищевых продуктов.	2	2
	Раздел 2. Охлаждение пищевых продуктов	**6**	
4	Практическая работа № 2. Теоретические основы процесса охлаждения. Измерение и контроль температуры продуктов при охлаждении. Цель работы: изучить способы и приборы измерения температуры воздуха в холодильной камере и пищевых продуктах, измерить температуру воздуха в холодильной камере и в центре пищевого продукта, определить коэффициент теплоотдачи, темп охлаждения, используя уравнение Кондратьева	2	
4	Практическая работа № 3. Теоретические основы процесса охлаждения. Физические и биохимические изменения в пищевых продуктах при охлаждении. Определение усушки продуктов при охлаждении. Цель работы: рассчитать аналитическим путем величину усушки при охлаждении, сравнить результаты расчета с результатами опыта	2	2
4	Практическая работа № 4. Теоретические основы процесса охлаждения. Определение длительности охлаждения пищевых продуктов, используя аналитическое уравнение Фурье в обобщенном виде для тел правильной геометрической формы. Цель работы: определить экспериментально-аналитическим путем продолжительность процесса охлаждения, температуру в центре продукта в зависимости от его теплофизических свойств, температуры охлаждающей среды; определить тепловую нагрузку охлаждающих приборов.	2	
	Раздел 3. Замораживание пищевых продуктов	**10**	
7	Практическая работа № 5. Основные вопросы теории замораживания пищевых продуктов. Построение процессов и циклов паровых компрессионных холодильных машин в термодинамических диаграммах. Цель работы: определить параметры узловых точек цикла холодильной машины в тепловых диаграммах.	2	
7	Практическая работа № 6. Основные вопросы теории замораживания пищевых продуктов. Расчет цикла холодильной машины. Цель работы: на основании построенного на диаграмме цикла провести тепловой расчет цикла холодильной машины. Построение цикла и расчет одноступенчатой холодильной машины	4	
8	Практическая работа № 7. Замораживание продуктов животного происхождения. Определение криоскопической температуры.	2	

	Цель работы: определение температуры замерзания пищевых продуктов, анализ температуры замерзания в зависимости от химического состава продуктов.		
9	Практическая работа № 8. Замораживание продуктов растительного происхождения. Определение длительности процесса замораживания пищевых продуктов. Цель работы: определить экспериментально-аналитическим путем продолжительность процесса охлаждения, температуру в центре продукта в зависимости от его теплофизических свойств, температуры охлаждающей седы; определить тепловую нагрузку охлаждающих приборов.	2	
	Итого за 6 семестр	**18**	**4**
	Итого	**18**	**4**

План практического занятия №1

Тема: Консервирование пищевых продуктов холодом. Определение основных физико-химических свойств продуктов животного и растительного происхождения.

Цель работы: определить плотность продуктов животного и растительного происхождения их влагосодержание, являющихся одними из основных физико-химических характеристик продукта, необходимых для описания, анализа и оценки теплофизических процессов холодильной обработки пищевых продуктов.

Теоретическая часть:

План:

1. Физические свойства пищевых продуктов и их влияние на скорость охлаждения.
2. Теплофизические характеристики и их влияние на скорость охлаждения.
3. Геометрические характеристики и их влияние на скорость охлаждения.
4. Влагосодержание в продукте и в воздухе и их влияние на массообмен продукта при охлаждении.

Практическое задание:

1. Определение насыпной и физической плотности продуктов.
2. Определение влагосодержания в продуктах и относительной влажности в воздухе по I - d диаграмме.
3. Определение теплоемкости и теплопроводности продуктов.

Содержание работы:

Для описания, анализа и оценки теплофизических процессов холодильной обработки пищевых продуктов используются аналитические и эмпирические зависимости тепломассообмена продукта с охлаждающей

средой. Расчеты тепломассообменных процессов можно выполнить, если известны физические, теплофизические, геометрические и гигрометрические характеристики продукта. К ним относятся начальная температура замерзания продукта, плотность теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, теплосодержание, удельная площадь поверхности, активность воды в продукте.

Значения физических и теплофизических характеристик зависят от химического состава пищевых продуктов, структуры, свойств и фазового состояния отдельных компонентов. Пищевые продукты содержат много воды, и поэтому ее количество и состояние во многом определяют физические в теплофизические характеристики продуктов. При замораживании особенно значительны изменения свойств продуктов, так как свойства воды и льда существенно различны. Потерн массы и изменение качества пищевых продуктов во многом определяются температурными и влажностными параметрами охлаждающей воздушной среды, а также активностью воды самого продукта. Активность воды представляет собой отношение давление водяного пара в пограничном слое над продуктом *P* к давлению водяного пара над чистой водой *Po* при одинаковых температурах:

$$a = \frac{P}{P_0}$$

Активность воды является функцией влагосодержания продукта, его химического состава и структуры Продукты с высоким влагосодержанием имеют высокую активность воды. С понижением влагосодержания продукта активность воды уменьшается и тем самым создаются условия, при которых развитие свободных микроорганизмов затрудняется или становится невозможным. От активности воды в пищевых продуктах зависит не только жизнедеятельность присутствующей микрофлоры, но и интенсивность разнообразных изменений, в том числе ферментативных, происходящих в них.

Сложность формы пищевых продуктов удается учесть в тепломассообменных расчетах только путем приближенных уподоблении телам простой формы или путем введения в рассмотрение геометрических и физических характеристик, прежде всего плотности, связывающих массу тела сложной формы с его основными размерами.

Плотность каждого продукта можно удовлетворительно точно подсчитать на основе закона смешения, если известны его состав и плотность составных частей, в частности воды и сухого остатка.

Оборудование, приборы, материалы: сушильный шкаф; электрическая плитка; весы лабораторные; эксикатор; микроизмельчитель тканей РТ-2; мясорубка; бюксы стеклянные или металлические или фарфоровые чашечки; мерные стаканы и мерные цилиндры различной вместимости; линейки, штангенциркуль.

Техника выполнения работы:

Работа может проводиться с одним из объектов исследования: кусочком мяса или рыбы, картофелем, яблоками, апельсинами, или другими продуктами растительного происхождения правильной геометрической формы.

Определение влогосодержания (влажности). Опыт проводят не менее чем в двух параллельных определениях. В предварительно высушенную до постоянной массы и взвешенную бюксу помещают 5 г. тщательно перемешанного измельченного образца и ставят в сушильный шкаф для высушивания. Образцы мяса или рыбы высушивают при температуре 150 °С в течение 1 часа; навеску растительных продуктов сначала прогревают на электрическое плитке 20-25 минут для удаления избыточного количества влаги, а затем высушивают до постоянной массы при температуре 103±2°С. По окончании высушивания бюксы или фарфоровые чашечки вынимают из сушильного шкафа, помещают в эксикатор, охлаждают и взвешивают. Содержание влаги в продукте рассчитывают по формуле

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m} \cdot 100, \%$$

где m - масса бюксы, г;

m_1 - масса бюксы с навеской до высушивания, г;

m_2 -масса бюксы с навеской после высушивания, г.

Расхождения между двумя параллельными определениями не должны превышать 0,2-0,3%.

Сравнить полученные значения содержания влаги в пищевых продуктах со справочными данными.

Результаты определения влаги в образцах продуктов занести в таблицу 1.

Таблица 1. - Определение содержания влаги в образцах пищевых продуктов.

Исследуемый образец	Масса бюксы, m	Масса бюксы с навеской, m_1	Масса бюксы с навеской, m_2	Содержание влаги, %
1 2 3 4 и т.д.				

Определение плотности. Плотность продуктов определяют расчетным и экспериментальным путем. Для определения плотности расчетным путем взвешивают исследуемый образец продукта, затем определяют его геометрические размеры (образцам мяса и рыбы следует прядать правильную геометрическую форму, например параллелепипеда) и рассчитывают его объем. Плотность рассчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

где m - масса продукта, г;

V - объем продукта, $м^3$.

При определении плотности экспериментальным путем объем продукта определяют путем измерения объема вытесненной жидкости при погруже-

ния продукта в мерный цилиндр, заполненный водой до определенного объема или мерный стакан.

Сравнивают полученные значения плотности между собой и с данными справочной литературы.

Определение плотности сухого остатка. Так как любой пищевой продукт содержит влагу и сухие вещества, то его плотность можно установить на основе закона смешения и выразить формулой:

$$\rho = \frac{1}{\frac{g_1}{\rho_1} + \frac{g_2}{\rho_2}}$$

где g_1 - весовая доля сухих веществ;

g_2 - весовая доля влаги;

ρ_1 - плотность сухого остатка, г/м^3;

ρ_2 - плотность воды, г/м^3.

Зная влагосодержание продукта (соответственно, весовую долю сухого остатка) и его плотность, пользуясь формулой 3 найти плотность сухого остатка. Результаты определения плотности оформить в виде таблицы 2.

Сопоставить полученные экспериментальные значения физико-химических характеристик продуктов животного и растительного происхождения, сделать выводы по работе.

Таблица 2. – Результаты определения плотности.

Образец продукта	Масса образца m, г	Расчетное значение объема, $V_р$, м3	Плотность ρ, г/м^3	Объем жидкости $V_ж$, м^3	Плотность ρ, г/м^3	Плотность сухого остатка ρ_1, г/м^3
1						
2						
3						
4 и т.д.						

Результаты лабораторной работы оформить в виде таблицы 3.

Таблица 3. – Результаты опыта.

Образец продукта	Содержание влаги, %	Справочные данные	Плотность г/м^3	Справочные данные	Плотность сухого остатка, г/м^3
1					
2					
3					
4 и т.д.					

Контрольные вопросы:

1.Какие физико-химические и теплофизические характеристики пищевых продуктов необходимы для расчета тепломассообменных процессов в холодильной технологии? Дайте их характеристику.

2.Какие гигрометрические характеристики пищевых продуктов Вы знаете? Как влияет влагосодержание пищевых продуктов на активность воды?

3. Как изменяются теплофизические характеристики при холодильной обработке пищевых продуктов?

4. Как определять плотность продуктов? Каким образом изменяется плотность пищевых продуктов при холодильной обработке?

5. Как определить точку росы, зная температуру и относительную влажность воздуха по приборам (гигрометры, психрометры) и с использованием I - d диаграммы?

6. Что такое насыпная плотность? Как влияет «скважность» на скорость его охлаждения?

7. Как определить теплоемкость и теплопроводность продукта расчетным и экспериментальным путем?

8. Как влияет коэффициент теплопроводности на скорость охлаждения?

9. Что такое «приведенная» теплопроводность? Как она определяется?

10. Как определить температуропроводность продукта? Где используется этот показатель?

План практического занятия №2

Тема: Теоретические основы процесса охлаждения. Измерение и контроль температуры продуктов при охлаждении.

Цель работы: изучить способы и приборы измерения температуры воздуха в холодильной камере и пищевых продуктах, измерить температуру воздуха в холодильной камере и в центре пищевого продукта, определить коэффициент теплоотдачи, темп охлаждения, используя уравнение Кондратьева.

Теоретическая часть:

План:

1. Изучить уравнение Кондратьева.
2. Цели и способы холодильного хранения пищевых продуктов.
3. Холодильное хранение продуктов животного происхождения.
4. Способы холодильного хранения плодов и овощей.

Практическая часть:

1. Изучить способы и приборы измерения температуры воздуха в холодильной камере в пищевых продуктах.
2. Измерить температуру воздуха в лаборатории, в холодильной камере и в центре пищевого продукта.
3. Определить колебания температуры воздуха в торговом холодильном оборудовании при цикличной работе холодильного агрегата.

Содержание работы:

При холодильном хранении охлажденных, подмороженных и замороженных продуктов протекают сложные процессы, в результате чего изменяется микрофлора продуктов и ткани, происходят распад и синтез веществ, снижаются качество и ценность продуктов, уменьшается их масса. Как правило, при понижении температуры хранения падает интенсивность нежелательных изменений, лучше сохраняется качество, сокращаются потери.

При температурах ниже -12 °С размножение микроорганизмов невозможно и значительная часть их отмирает. Однако при температурах хранения охлажденных продуктов (-1 до +4 °С) и особенно при высокой относительной влажности воздуха неизбежно развитие микрофлоры, и с течением времени наступает микробиальная порча продуктов. Сроки допустимого хранения тем больше, чем ниже температура хранения.

При холодильном хранении продуктов растительного происхождения продолжаются физиологические и биохимические процессы, протекавшие в плодах и овощах до их сбора. Важнейшим из них является процесс дыхания, т.е. окислительный процесс, при котором происходит расщепление органических веществ до углекислого газа и воды. В результате дыхания плодов и овощей содержание кислорода в окружающей их атмосфере уменьшается, а концентрация углекислого газа возрастает. Интенсивность дыхания снижается с понижением температуры, уменьшением концентрации кислорода и увеличением концентрации углекислого газа. Поэтому для многих видов и сортов плодов и овощей холодильное хранение в атмосфере определенного состава позволяет лучше сохранить качество, увеличить длительность хранения снизить потери. Низкие температуры хранения (близкие к криоскопическим) можно рекомендовать не для всех плодов и овощей. В клубнях картофеля при низких температурах происходит накопление сахаров, в результате реакции крахмал превращается в сахар. Поэтому картофель рекомендуют хранить при 4 °С. У некоторых плодов при низких температурах возникают физиологические заболевания.

Следует различать длительное холодильное хранение краткосрочное.

Охлажденное мясо, сгруппированное по видам (говядина, баранина, свинина) и категориям упитанности, хранятся в тушах и полутушах в подвешенном состоянии с промежутками 20-30 мм: температура воздуха 0 +-1 °С, относительная влажность 85-90 %, скорость движения воздуха не выше 0,2 м/с, длительность хранения 7-16 сут.

Подмороженное мясо хранится в подвешенном состоянии или в штабелях: температура воздуха -2 °С, относительная влажность 85-90 %, продолжительность хранения до 17 сут.

Замороженное мясо укладывают в штабели. Иногда укрытые тканью с ледяной глазурью: температура воздуха-12 ч- -25 °С, относительная влажность 95-98 %, длительность хранения до 18 мес. Упакованное мясо хранится дольше неупакованного, усушка упакованного мяса меньше в 8-9 раз.

Охлажденную птицу хранят в ящиках при 0 до +2 °С, относительной влажности 80-85 %. Срок хранения до 5-6 сут. Подмороженные тушки птицы хранят при -2 °С и относительной влажности 90-95 % до 20-25 сут. Длитель-

ность хранения замороженного мяса птицы до 4-12 мес. В зависимости от температуры хранения (-12 до -25 °С) и относительной влажности воздуха 85-95%.

Охлажденная рыба обычно хранится во льду при -2 до -8 °С и относительной влажности 95-98 % (длительность хранения до 2-16 сут) подмороженная при -3 °С (до 20-25 сут), а замороженная - при -15 до -20 °С и относительной влажности 95-98 % (до 2-8 мес).

Плоды и овощи хранятся в контейнерах, ящиках и коробках, устанавливаемые в штабеля на поддонах в три-четыре яруса; картофель и некоторые другие овоща можно хранить навальным способом. При хранении оптимальные условия зависят от вида и помологического сорта. Так, температура находится в пределах от -2 до +16 С, а относительная влажность воздуха - от 70 до 95 %.

Активное вентилирование применяет при хранении картофеля, лука и капусты. Эта продукция хранится в охлаждаемых хранилищах навалом с высотой бурта до 5 м либо в специальных контейнерах с их складированием в 3-4 яруса. В полу хранилища под слоем картофеля предусмотрены вентиляционные каналы, закрытые решетками. Сквозь слой картофеля периодически продувают воздух в целях подсушки картофеля, его охлаждения и отвода тепла, выделяющегося при дыхании. Для продувки картофеля используют наружный воздух, если его параметры приемлемы, либо рециркуляционный воздух хранилища, охлаждаемый с помощью холодильной установки, либо смесь наружного и внутрискладского воздуха. Направление движения воздуха сквозь бурт снизу вверх или сверху вниз.

После закладки продукции в хранилище последовательно применяют основные режимы работы: лечебный режим, режим охлаждения, режим хранения. Лечебный режим (режим просушки): температура воздуха на входе в слой картофеля 12-25 °С, относительная влажность 60-70 %, расход воздуха 5—200 м ^{3}/(т·ч), периодичность продувки 5-6 раз в сутки по 10-30 мин с перерывом 1,5-2 ч, длительность режима 10-15 дней.

Режим охлаждения: температура воздуха ниже температуры картофеля на 3-5 °С, но не ниже 1 °С, относительная влажность не должна обусловливать конденсацию атмосферной влаги на клубнях, расход воздуха 50-60 м^3/(т·ч), периодичность продувки 8-10 ч в сутки, длительность режима 20-40 дней.

Режим хранения: температура 4-5 °С, относительная влажность 80-95 %, периодичность продувки 1-3 ч в сутки; длительность режима 8-10 мес.

В регулируемой газовой среде хранятся яблоки, груши, цитрусовые, косточковые плоды, ананасы, бананы, овощи, зелень, ягоды, семена, цветы, грибы. Способ позволяет сократить потери в 2-3 раза, продлить длительность хранения, лучше сохранить качество продуктов. Плоды и овощи помещают в охлаждаемое герметичное хранилище, в котором создается искусственная атмосфера с низким содержанием кислорода на уровне 1-5 % и повышенном содержанием углекислого газа, обычно 3-5 %. Температура под-

держивается от -1 до +4 °С с точностью ±0,5 °С, относительная влажность равна 90-97 %.

Оптимальные параметры среды зависят от вида и помологического сорта продукции, ее состояния и длительности хранения.

Начиная с концентрации кислорода 14 % (в атмосферном воздухе 21 % O_2), дальнейшее ее понижение замедляет процессы дыхания, способствует лучшему сохранению продуктов. При концентрациях ниже 1 % O_2; возможны физиологические заболевания (алкоголизация плодов, изменения вкуса и запаха, размягчение и растрескивание плодов, появление пятнистости).

При повышенных концентрациях углекислого газа затормаживается дыхание плодов и замедляются физиологические и ферментативные процессы, что положительно влияет на сохранность продуктов. При слишком больших концентрациях, например, для яблок свыше 5 % CO_2, возможны физиологические заболевания (побуревание сердцевины, мучнистость, растрескивание покровных тканей).

При хранении в регулируемой газовой среде продукция поглощает кислород и выделяет углекислый газ примерно в равном объеме, что приводит к изменению концентрации этих компонентов до 1 % в сутки. Поскольку допустимые концентрации компонентов при регулировании состава атмосферы в хранилищах не превышают ±0,5 %, для сохранения оптимальных параметров требуется специальное оборудование.

Для краткосрочного хранения продуктов длительность хранения составляет 2-3 сут, по отдельным видам она может быть увеличена до 6 сут. Температуры хранения (в °С) следующие: -2 - рыба; 0 - мясо, мясные и рыбные полуфабрикаты; 23 - овощные полуфабрикаты, молочные продукты, жиры, пищевые отходы; 4 - фрукты, ягоды, овощи, напитки, зелень; б - кондитерские изделия; 15 - замороженные продукты. При совместном хранении мяса, рыбы, мясных и рыбных полуфабрикатов поддерживается температура 0 °С.

Относительная влажность воздуха в холодильных камерах поддерживается на уровне 80-95 %. При хранении фруктов, ягод, овощей, напитков и зелени предусматривается приточно-вытяжная вентиляция с кратностью воздухообмена 4 объема в сутки.

Для контроля за параметрами хранения предназначены приборы измерения температуры, влажности, скорости и газового состава.

Оборудование, приборы, инструменты: холодильник бытовой, комплект термопар, часы-секундомер, термометры.

Техника выполнения работы:

1. Изучить техническое описание и инструкцию по использованию измерительных приборов
2. Провести пробные измерения температуры в лаборатории и внутри холодильной камеры.
3. Измерить температуру воздуха в лаборатории различными измерительными приборами и сравнить показания.

4. Поместить измерительные приборы внутрь холодильной камеры и провести одновременный отсчет показаний не менее 3 раз через равные интервалы времени (3 мин). Температуру воздуха в холодильной камере измерять сначала при закрытой двери с помощью термопар, а затем - с помощью стеклянных термометров. Температуру воздуха измерять вверху холодильной камеры, в середине, внизу, в морозильнике.

5. Непрерывно регистрировать температуру воздуха в холодильном шкафу в течение трех циклов работы холодильного агрегата, определить колебания температуры при хранении продуктов. Продолжительность периодов работы и простоя определить по часам.

$$\tau = \frac{1}{m} \ln \frac{t_H - t_{KAM}}{t_{KOH} - t_{KAM}}$$

где $m = \frac{G \cdot C_p}{\alpha \cdot F}$ - темп охлаждения, с;

G - масса продукта, кг;

F - поверхность, м^2;

α - коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^2 · °К);

C_p - удельная теплоемкость, Дж/(кг · °К).

6. Измерить температуру в центре охлажденных и замороженных продуктов. Для измерения температуры термопару вводят в центр продукта и на поверхности измеряют температуру, углубляя термопару на 1-2 мм. Данные записывают с интервалом в 10 мин.

Таблица 1. – Таблица рекомендуемого размещения продуктов в холодильнике

Место хранения	Наименование продукта
Морозильное отделение Верхняя полка Средняя и нижняя полка Полка внутренней части двери	

Таблица 2. – Результаты опыта

Время с начала охлаждения, мин	Температура, ^{0}C				
	вверху	в середине	внизу	В морозильной камере	В центре продукта

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте способы холодильного хранения пищевых продуктов.
2. В чем заключается цель холодильного хранения пищевых продуктов?
3. Как влияют температура и циркуляция воздуха на процесс холодильного хранения? Дайте характеристику холодильного хранения продуктов растительного происхождения.
4. Какие процессы протекают при холодильном хранении продуктов растительного происхождения?
5. Дайте характеристику холодильного хранения продуктов живот-

ного происхождения. Какие процессы протекают при холодильном хранении продуктов животного происхождения?

План практического занятия №3

Тема: Теоретические основы процесса охлаждения. Физические и биохимические изменения в пищевых продуктах при охлаждении. Определение усушки продуктов при охлаждении.

Цель работы: рассчитать аналитическим путем величину усушки при охлаждении, сравнить результаты расчета с результатами опыта.

Теоретическая часть:

План:

1. Охлаждение и хранение продуктов в охлажденном состоянии.
2. Изменения при охлаждении продуктов животного происхождения.
3. Охлаждение и хранение плодов и овощей в охлажденном состоянии.

Практическое задание:

1.Рассчитать величину усушки продуктов при охлаждении аналитическим путем.

2.Определить величину усушки продуктов опытным путем н сравнить расчетные данные с результатами опыта.

Содержание работы:

При охлаждении пищевых продуктов в воздухе происходят испарение влаги с поверхности продукта и уменьшение массы продукта - усушка.

Если количество влаги, испарившейся за время охлаждения с площади S, обозначит G_w, а удельную теплоту испарения $L_и$ то теплоту, отведенную при испарении, можно определить зависимостью:

$$Q_и = G_w \cdot L_и .$$

Тогда количество испарившейся влаги, или абсолютная усушка охлаждаемого продукта

$$G_w = \frac{Q_и}{L_и} .$$

На интенсивность испарения влаги из продуктов влияют такие факторы: количество теплоты, проникающей в камеру хранения (теплопритоки); количество продуктов в камере и степень ее загруженности; соотношение восприятия теплоты охлаждающими приборами путем конвекции и радиации; соотношение упругости пара воздуха в камере и у поверхности охлаждаемых продуктов: количество дополнительной влаги, поступающей в камеру (помимо влаги, отдаваемой продуктами при усушке); эффективная площадь испарения продукта, зависящая от его конфигурации и плотности укладки.

Методика проведения работы:

В холодильную камеру, работающую в стационарном режиме, помещают предварительно взвешенный с точностью, до 0,1 г продукт для охлаждения. Для исследования удобно, чтобы охлаждаемый продукт имел простую геометрическую форму, его физические характеристики были достаточно хорошо известны, постоянны и однородны во всех частях. Замеряют температуру охлаждающего воздуха в холодильной камере. Для измерения температуры одну температуру вводят в центр продукта, а другую углубляют на 1-2 мм в его поверхность. В течение всего опыта температура, влажность и скорость движения воздуха должны быть постоянными. Параметры воздуха замеряют каждые 10 минут, запись температуры в центре и на поверхности охлаждаемого продукта - каждые 5 минут.

Охлаждение ведут до тех пор, пока температуры в центре продукта не станет равной температуре воздуха в камере. После этого вынимают продукт из камеры холодильника и быстро взвешивают. Замеряют также геометрические размеры продукта. Все замеры заносят в протокол испытаний.

Обработка результатов:

1. По результатам замеров пищевого продукта вычислить площадь его поверхности (в $м^2$).
2. По данным о начальной и конечной массе охлаждаемого продукта вычислить абсолютную потерю массы и потерю массы (в %).
3. Если параметры воздуха (t, p, v) в холодильной камере не изменялись в ходе опыта более чем на 5%, их можно считать постоянными.
4. Рассчитать усушку при охлаждении по формуле:

$$g = \frac{U_n}{m} \cdot \left(1 - e^{-mt}\right)$$

где g - количество испаренной влаги, кг,

U_n - начальная скорость усушки, кг/ч;

m - темп охлаждения, 1/ч;

e - основание натуральных логарифмов, e = 2,71828;

t - длительность опыта, ч.

5. На основании опытных данных построить полулогарифмическую кривую охлаждения.

Для этого по оси абсцисс откладывают время τ_1, τ_2, τ_3 ($\tau_1 < \tau_2 < \tau_3$), а. по оси ординат – lnO_1, lnO_2, lnO_3 (O - избыточная разность между температурой окружающей среды и температурой центра продукта, соответственно, в моменты τ_1, τ_2, τ_3).

Начальные участки полулогарифмических графиков имеют форму кривой, что объясняется неустановившемся режимом на первой стадии охлаждения, когда большую роль имеет начальное распределение температуры. Позже наступает регулярный режим, и кривая принимает форму прямой линии. С момента наступления регулярного режима логарифм избыточной температуры в в любой точке изменяется во времени по экспоненциальному закону:

$$lnO = - m \tau + e$$

Здесь m - положительное число, сохраняющее одно и то же значение для любой точки тела в течение всего процесса. Значение m определяют по тангенсу угла наклона прямой к оси времени.

6. Определить темп охлаждения m. Для этого достаточно взять на прямой полулогарифмического графика две точки P_1 и P_2 для некоторых двух моментов и τ_1 и τ_2 ($\tau_1 < \tau_2$), которым соответствуют значения O_1 иO_2 температуры.

Тогда, используя систему уравнений:

$$\ln O_1 = - m \tau_1 + e$$
$$\ln O_2 = - m \tau_2 + e$$

и вычитая одно уравнение из другого, получим:

$$m = (\ln O_1 - \ln O_2) / (\tau_1 - \tau_2)$$

7. Коэффициент теплопередачи находят из критериальной зависимости:

$$a_c = f(Nu);$$
$$a_c = \frac{Nu \cdot \lambda}{D},$$

где Nu=0,197Re - критерий Нуссельта;
Re – критерий Рейнольдса,

$$\mathrm{Re} = \frac{(V \cdot D)}{V_r},$$

здесь V – скорость движения воздуха, м/с, для холодильной камеры
$V = 0{,}1 \div 0{,}2 м/с$,
V_r– коэффициент кинематической вязкости воздуха при средней температуре во время опыта, м^2/с, (при 0°С V_r=16·10^{-6} м^2/с);
λ – теплопроводность воздуха при данной температуре, Вт/м^2·К, (λ при температуре охлаждения равна 2,36 Вт/м^2·К);
D - диаметр охлаждавшегося продукта, м.

8. Рассчитать начальную скорость усушки по формуле:

$$u_m = \frac{m \cdot C \cdot G_n \cdot t_{vn} - \alpha_e t_{sn} S}{r},$$

где С – теплоемкость тела, кДж/кг·;
G_n - начальная масса цилиндра, кг;
t_{vn}- начальная температура тела по объему, °С;
α_e – коэффициент теплоотдачи, Вт/м^2·К;
S – площадь поверхности продукта, м^2;
t_{sn}- начальная температура поверхности (в начальный момент охлаждения её можно принять равной температуре охлаждающего воздуха), °С;
r – теплота испарения, Дж/кг (r=2260 кДж/кг).
9. Сравнить расчетное значение усушки и результаты опыта оформить в таблице 1. Сделать выводы.

Таблица 1. – Результаты опыта.

Время начала	Время замера	Температура воздуха, °С	Относительная влажность	Температура в центре	Температура поверхности	τ	O	lgO	lnO

опыта			воздуха, %	продукта, °С	продукта, °С				

Контрольные вопросы:

1. Какими способами осуществляется тепло- и влагообмен между продуктом и охлаждающей средой?
2. Какие физические величины влияют на величину усушки?
3. Какие существуют способы уменьшения усушки?
4. Какие изменения претерпевают продукты животного происхождения при охлаждении?
5. Какие физико-химические изменения происходят при хранении плодов и овощей в охлажденном состоянии?

План практического занятия №4

Тема: Теоретические основы процесса охлаждения. Определение длительности охлаждения пищевых продуктов, используя аналитическое уравнение Фурье в обобщенном виде для тел правильной геометрической формы.

Цель работы:

1. Определить экспериментально-аналитическим путем продолжительность процесса охлаждения, температуру в центре продукта в зависимости от его теплофизических свойств, температуры охлаждающей среды.
2. Определить тепловую нагрузку охлаждающих приборов.

Теоретическая часть:

План:

1. Сущность и значение процесса охлаждения, способы охлаждения.
2. Выбор конечной температуры при охлаждении. Количество тепла, отводимого при охлаждении.
3. Определение длительности процесса охлаждения. Факторы, влияющие на скорость охлаждения пищевых продуктов.
4. Влияние геометрических размеров продуктов и формы на скорость процесса охлаждения.

Практическое задание:

1. Определить продолжительность охлаждения экспериментальным путем. Построить график понижения температуры центра продукта в зависимости от времени охлаждения.
2. Рассчитать продолжительность охлаждения до заданной температуры и температуру в центре продукта в конце процесса охлаждения. Сравнить результаты расчета с результатами опыта.
3. Определить тепловую нагрузку охлаждающих приборов.

Содержание работы:

Большинство пищевых продуктов при обычных температурах долго храниться не может. Под влиянием микроорганизмов и ферментов, а также некоторых факторов внешней среды -воздуха, света и др., в них происходят биохимические изменения, вследствие которых продукты портятся. Однако микроорганизмы и ферменты могут оказывать влияние на продукты только при определенных условиях. Если создать неблагоприятные условия для нормального протекания химической и биохимической реакции, вызываемых микроорганизмами и ферментами, то продукты будут сохранять первоначальные свойства длительное время. Консервирование (соление, сушка, маринование, копчение, действие высоких и низких температур и др.) замедляет или вовсе приостанавливает деятельность микроорганизмов и ферментов. Однако, все способы, за исключением консервирования холодом, в той или иной степени изменяют внешний вид, цвет и вкусовые качества продуктов холод же почти не изменяет питательные и вкусовые качества продуктов, их внешнего вида, не разрушает содержащихся в них витаминов. Поэтому охлаждение является наиболее совершенным методом сохранения продуктов.

Охлаждение - это процесс, при котором температура пищевого продукта понижается до температуры, близкой к криоскопической, но не становится ниже ее. Конечная температура охлаждения продуктов лежит в пределах от 0 до +5 °С. Охлажденные продукты могут сохранять свои первоначальные качества без значительных изменений продолжительной время. Рыбу, например, можно сохранять в охлажденном виде 10 дней, мясо - 30 дней, фрукты и яйца -

Несколько месяцев. Для лучшего сохранения продукты необходимо охлаждать как можно быстрее.

Эффективность холодильного хранения обуславливается следующими факторами:

- тщательной сортировкой продуктов, поступающих на хранение;
- содержанием холодильных камер в чистоте и их регулярной вентиляцией;
- содержанием в холодильной камере соответствующей температуры, относительной влажности и скорости циркуляции воздуха.

Оборудование, приборы, инструменты: холодильник бытовой, комплект термопар, психрометр Августа, часы-секундомер, термометры.

Методика проведения работы:

1. Измерить температуру и относительную влажность воздуха в камере холодильника. В течение всего опыта температура, влажность и скорость движения воздуха должны быть постоянными.

2.Убедившись в установлении стационарного режима работы холодильника, поместить в камеру предварительно взвешенный продукт. Для исследования удобно, чтобы охлаждаемый продукт имел простую геометрическую форму (шар, цилиндр, пластина).

3. Для измерения температуры в начале охлаждения термопару вводят в центр продукта, затем измеряют температуру поверхности продукта, углубляя термопару на 1-2 мм. Охлаждение ведут до тех пор, пока температура в центре и на поверхности не станет равной температуре воздуха в камере. Запись температуры в центре и на поверхности проводят каждые 5 минут. Продолжительность охлаждения определяют на основании опытных данных.

4. Определяют продолжительность охлаждения продукта аналитически, пользуясь номограммами для тел правильной геометрической формы. Теплофизические свойства некоторых пищевых продуктов указаны в таблице 1 приложения.

На номограммах по оси абсцисс нанесены значения критерия Фурье:

$$Fo = \frac{a \cdot \tau}{\delta^2}, \quad \text{и} \quad Fo = \frac{a \cdot \tau}{R^2},$$

где а – коэффициент температуропроводности продукта, м^2/ч;

τ – продолжительность охлаждения, ч;

δ – половина толщины (если продукт имеет форму пластины), м;

R – радиус (для цилиндра или шара), м.

На оси ординат отложены значения безразмерной температуры:

$$\theta = \frac{t_к - t_c}{t_н - t_c},$$

где $t_к$ и $t_н$ – температура в центре продукта соответственно в конце и в начале охлаждения, °С;

t_c – температура среды, °С.

Каждой линии номограммы соответствует определенное значение критерия Био:

$$Bi = \frac{\alpha \cdot \delta}{\lambda},$$

где λ – коэффициент теплопроводности продукта, Вт/м·К;

α– коэффициент теплоотдачи от продукта к окружающей среде, Вт/м^2·К.

При охлаждении продукта в воздухе по Югресу:

$\alpha = 6{,}2 + 4{,}2\omega,$

где ω – скорость движения воздуха, м/с.

Для свободной конвекции

$\alpha = 3{,}0...6{,}0$ Вт/(м^2·К)

при ω=0,5…0,6 м/с соответственно $\alpha = 7{,}0...15{,}0$ Вт/(м^2·К).

5. Продолжительность охлаждения до заданной конечной температуры определяют по номограмме из соответствующего значения критерия Фурье:

$$\tau = \frac{Fo \cdot \delta^2}{a}.$$

6. Температуру в центре продукта в конце процесса охлаждения определяют по значениям *Fo* и *Θ*.

7. Расход холода на охлаждение продукта определяют:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_н - t_к),$$

где G – масса охлаждаемого продукта, кг;

с – теплоемкость продукта при охлаждении, кДж/кг·К.

Удельная теплоемкость основных продуктов (при температуре выше точки замерзания) приведена в таблице 1 приложения.

Средняя тепловая нагрузка на охлаждающие приборы определяется как соотношение полного расхода холода в процессе охлаждения к продолжительности этого процесса. Расчетную нагрузку принимают на 30% выше средней ввиду циклической работы охлаждающих приборов.

8. Оформление журналов испытаний в соответствии с таблицами 1 и 2.

Таблица 1. – Журнал испытаний.

Время начала опыта	Время замера	Температура среды, °С	Относительная влажность среды, %	Температура в центре продукта, °С	Температура поверхности продукта, °С

Таблица 2. – Журнал испытаний.

Продукты	Масса, кг	Температура среды tc, °С	Температура продукта начальная tн, °С	τ, ч	δ, м	а, $м^2$/ч	α, Вт/($м^2$·К)	Температура продукта конечная tк, °С

Контрольные вопросы:

1. Что такое охлаждение пищевых продуктов, какие продукты называются охлажденными?
2. Какие существуют способы охлаждения?
3. Как влияют температура и циркуляция воздуха на процесс охлаждения?
4. Как определить продолжительность процесса, охлаждения?
5. Объясните, где быстрее охладится продукт, например, тушка птицы, в воде или на воздухе, если температура охлаждающих сред одна и та же, например, +1° С?
6. В чем отличие при охлаждении продуктов россыпью и в таре?
7. Какие процессы тепло- и массообмена происходят при охлаждении пищевых продуктов?

План практического занятия №5

Тема: Основные вопросы теории замораживания пищевых продуктов. Построение процессов и циклов паровых компрессионных холодильных машин в термодинамических диаграммах.

Цель работы:

1. Определить параметры узловых точек цикла холодильной машины в тепловых диаграммах.
2. Провести тепловой расчет цикла холодильной машины.

Теоретическая часть:

Из всех способов охлаждения наибольшее применение получило охлаждение с помощью холодильных машин (машинное охлаждение), при котором используется принцип кипящих жидких газов. Работа холодильных машин полностью автоматизирована, что дает следующие преимущества: удобства в эксплуатации, безопасность работы обслуживающего персонала, возможность соблюдения требуемого температурного режима различных видов продуктов, а также режима экономии.

Холодильная машина - это кольцевая герметически замкнутая система, по которой циркулирует одно и тоже количество рабочего вещества, называемого холодильным агентом. Хладагент в машине меняет свое физическое состояние.

В торговом машиностроении применяются холодильные машины двух видов: компрессионная и абсорбционная, в которых используются различные способы обеспечения циркуляции холодильного агента. В компрессионной холодильной машине для циркуляции хладагента затрачивается механическая энергия, а в абсорбционной - тепловая. Наибольшее распространение получила компрессионная холодильная машина (рис. 1).

КОМПРЕССИОННАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ МАШИНА

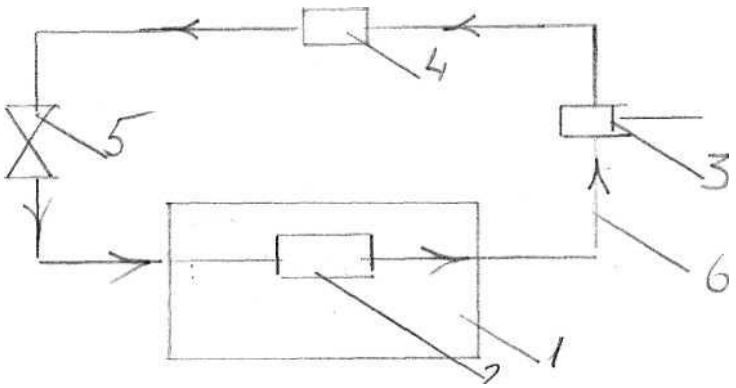


Рис. 1. - Схема одноступенчатой парокомпрессионной холодильной установки: 1-холодильная камера; 2-испаритель; 3-компресор; 4- конденсатор; 5-терморегулирующий вентиль; 6-трубопроводы.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Испаритель - это аппарат, в котором жидкий холодильный агент кипит при низком давлении, отводя тепло от охлаждаемого объекта. Чем ниже давление, поддерживаемое в испарители, тем ниже температура кипения.

Компрессор холодильной машины предназначен для осуществления следующих процессов: всасывания паров холодильного агента из испарителя, адиабатического сжатия и нагнетания в конденсатор.

Конденсатор - аппарат, предназначенный для осуществления теплообмена между хладагентом и охлаждающей средой. В процессе теплообмена от хладагента отводится энергия, которая передается охлаждающей среде, а сам хладагент охлаждается и конденсируется. Охлаждающая же среда нагревается.

Терморегулирующий вентель (ТРВ) обеспечивает заполнение испарителя жидким холодильным агентом в оптимальных пределах. Переполнение испарителя может привести к его попаданию в компрессор и к его поломке, а его малое заполнение резко снижает эффективность работы испарителя.

ТРВ предназначен для дросселирования жидкого холодильного агента с целью снижения его давления и соответственно температуры. Этот процесс осуществляется без теплообмена с окружающей средой и без совершения хладагентом внешней работы. Процесс дросселирования следует считать адиабатным, однако в виду того, что этот процесс является необратимым (трение потока о стенки и превращение трения в тепло) энтропия потока при дросселировании возрастает.

Практическая часть:

Тепловой расчет компрессионной холодильной машины

Процессы, происходящие при работе холодильной машины, рассчитывают графически по термодинамическим диаграммам: энтальпия - логарифм давления (I-lgP) (рис. 2,а) и энтропия — температура (S-T) (рис. 2,б).

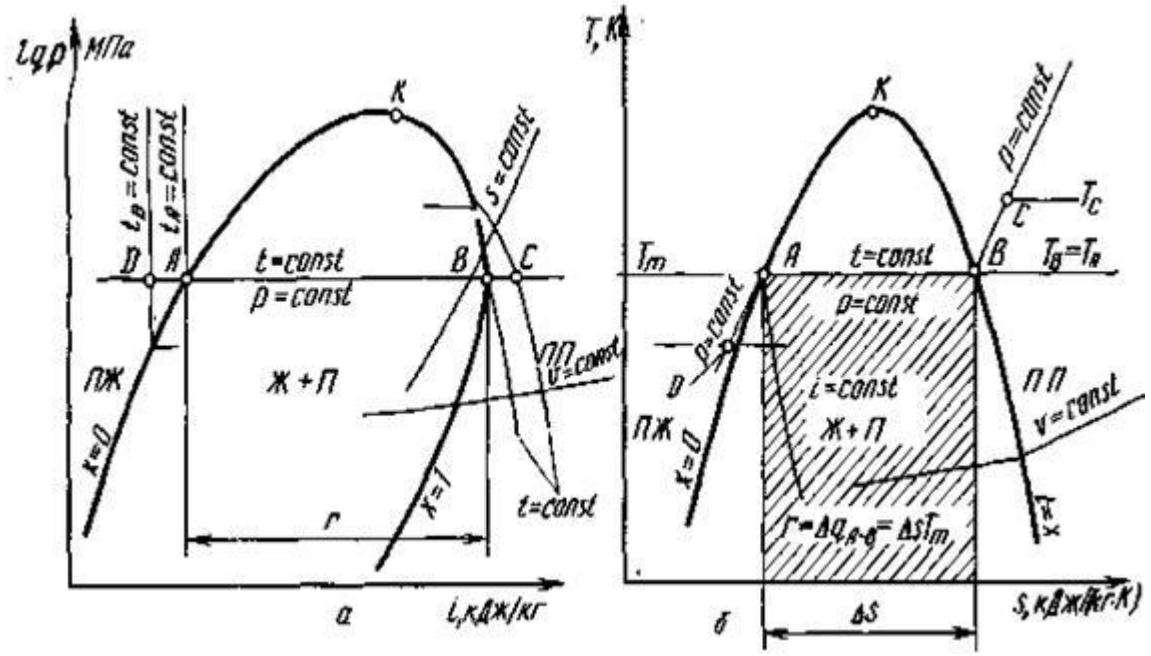


Рис. 2. Термодинамические диаграммы состояния

Сетка S-T-диаграммы (рис. 2,а) образована изотермами (горизонтальные линии) и адиабатами (вертикальные линии). На полученную сетку нанесены левая и правая пограничные кривые - линии постоянного паросодержания (x=const). Между ними расположена область влажного пара.

Левая пограничная кривая (линия насыщенной жидкости x=0) отделяет область влажного пара от области переохлажденной жидкости. Правая пограничная кривая (линия сухого насыщенного пара x=1) отделяет область влажного пара от области перегретого пара. На диаграмме показаны линии постоянной энтальпии - изоэнтальпа (i =const), постоянного объема - изохора (v =const) и постоянного давления - изобара (p =const). Изобары в области влажного пара расположены параллельно оси абсцисс и, таким образом, совпадают с изотермами, а в области перегретого пара круто поднимаются.

S-T-диаграмме подведенная и отведенная теплота, а также тепловой эквивалент затраченной работы изображаются площадями, расположенными под линиями процессов.

Энтальпия любого состояния холодильного агента пропорциональна в S-T-диаграмме площади между двумя вертикальными линиями, проходящими через точку, характеризующую данное состояние, и точку на линии насыщенной жидкости с температурой, равной 0°С (273°К), осью абсцисс и изобарой, проходящей через точку данного состояния. В большинстве диаграмм к этой величине нужно прибавить 100.

В I-lg P - диаграмме по оси абсцисс откладывают энтальпию, а по оси ординат - абсолютное давление в логарифмическом масштабе. Сетка диаграммы образована изобарами (горизонтальные линии) и изоэнтальпами (вертикальные линии). Между пограничными кривыми нанесены те же

линии, что и на S-T-диаграмме, но расположение их несколько иное: в области влажного пара изотермы также совпадают с изобарами, в области перегретого пара они представляют собой крутопадающие кривые, в области жидкости - круто поднимающиеся кривые.

Преимущество I-lg P - диаграммы состоит в том, что подведенная, и отведенная теплота здесь изображаются отрезками на оси абсцисс, благодаря чему упрощаются вычисления. Но диаграмма имеет и недостатки - адиабаты в ней изображены наклонными кривыми, что несколько усложняет построение линий теоретического процесса работы сжатия компрессора.

1. Построение цикла по заданным рабочим параметрам

Выбор расчетного рабочего режима

Для построения и расчета теоретического цикла паровой компрессионной холодильной машины необходимо знать такие параметры:

Температуру кипения холодильного агента в испарителе t_0;

Температуру конденсации холодильного агента t_K;

Температуру переохлаждения жидкого холодильного агента перед терморегулирующим вентилем t_n;

Температуру пара, всасываемого в цилиндр компрессора t_{BC}.

В совокупности температуры t_0, t_K,t_n, t_{BC} определяют температурный режим работы холодильной машины.

Для средних и крупных аммиачных холодильных установок температуру кипения принимают на 7 - 10°С ниже требуемой в соответствии с технологическим режимом температуры воздуха в холодильной камеры:

$t_o = t_B$-(7...10)°С.

Для малых холодильных установок с непосредственным охлаждением, работающих на фреоне-12:

$t_o=t_B$-(14...16)°С.

Например, если в камере хранения рыбы на предприятии общественного питания t_B=-3°С, то t_o=-18°С. значение температуры конденсации зависит от температуры и количества воды, подаваемой на конденсатор. Температуру конденсации t_K принимают на 3 - 5 °С выше температуры уходящей из конденсатора воды

$$t_k = t_{ВД2} + (3...5)°C.$$

Нагрев воды в конденсаторах составляет, °С:

для аммиачных:

горизонтальных кожухотрубных 4 - 5

вертикальных 6 - 6,5

оросительных 2 - 3

фреоновых кожухозмеевиковых 4 - 6.

Температура воды, поступающей на конденсатор, определяется температурой наружного воздуха: вода речная ниже ее на 6 - 8°С, вода из системы городского водоснабжения - на 8-10°С.

Если конденсатор охлаждается оборотной водой от вентиляторной градирни, то температура поступающей воды на 5-6°С выше температуры наружного воздуха (по показаниям мокрого термометра).

В установках с конденсаторами воздушного охлаждения, работающими на фреоне-12, t_K на 10-12°С выше температуры окружающего конденсатор воздуха.

Температура переохлаждения t_n принимается на 3-5°С выше температуры поступающей воды,

$$t_n = t_{ВД} + (3...5)°C.$$

В холодильных машинах, работающих на фреоне-12, и переохлаждение жидкого холодильного агента, и перегрев пара перед всасыванием в компрессор протекают в теплообменнике. В этом случае задаются величиной перегрева паров фреона, а температуру переохлаждения находят из уравнения теплового баланса теплообменника. Для расчетов можно принять, что

$$t_n = t_к - (12...15)°C;$$

$$t_{BC} = t_0 + (22...28)°C.$$

Правильно выбранный температурный режим работы определяет экономичность работы холодильной установки.

Построение цикла в диаграммах

После выбора режима необходимо определить параметры холодильного агента не только в узловых, но и в промежуточных точках, что позволит проконтролировать правильность определения нужных для расчета параметров.

Порядок построения цикла одноступенчатого сжатия в S-T-диаграмме и I-lg P - диаграмме показан на рисунке 3.

Вначале на диаграмму наносятся изотермы t_0, t_K, t_n, t_{BC}, определяющие режим работы холодильной установки (рис. 3, а) и находят изобары P_o и $P_к$, соответствующие температуре кипения t_0 и конденсации t_K в области перегретого пара и переохлажденной жидкости.

На пересечении линий t_{BC} и P_o находится точка 1, характеризующая состояние всасываемого компрессором пара. Через точку 1 проводят линию постоянной энтропии S=const (адиабату) до пересечения с изобарой $P_к$ в точке 2 (рис. 3,6). Эта точка характеризует состояние пара в конце сжатия, а линия 1-2 - процесс теоретического (адиабатического) сжатия в компрессоре.

Изобара $P_к$ от точки 2 до точки 2' характеризует процесс, происходящий в конденсаторе: 2-2' - охлаждения пара до состояния насыщения, 2'-3' - конденсацию.

При том же давлении $P_к$ происходит процесс переохлаждения жидкого холодильного агента (линия 3'-3 на рис. 3, в). Точка 3 определяет состояние переохлажденной жидкости, подводящейся к регулирующему вентилю, и находится на пересечении изобары $P_к$ и изотермы t_n. В S-T-диаграмме точка

3 находится на пограничной кривой при t_n, так как изобара в области переохлажденной жидкости расположена очень близко к линии жидкости и на диаграммах не наносится.

Процесс дросселирования 3-4 (рис. 3, г) характеризуется снижением давления и температуры холодильного агента при неизменной энтальпии. Состоянию влажного пара после регулирующего вентиля соответствует точка 4, которая находится на пересечении линии энтальпии, проходящей через точку 3, с линией давления P_o (температуру t_0).

Процесс кипения 4-1 происходит при постоянном давлении P_o и температуре t_0 в испарителе (рис. 3, д).

Линия 1-1' при давлении P_o характеризует процесс перегревания пара до температуры t_{BC} в испарителе, трубопроводе и теплообменнике.

Определение параметров

В работе нужно определить все параметры: температуру t, давление P, удельный объем и, энтальпию i, энтропию S, паросодержание x. Для точек эти параметры можно определять по таблицам насыщенных паров для состояния насыщения (табл. 1,2,3 приложения №1) и по термодинамическим диаграммам (приложение №2,3,4).

По таблицам определяются такие параметры таких точек:

1' - для сухого насыщенного пара при температуре кипения t_0;

2', 3' - соответственно для сухого насыщенного пара и жидкости по температуре конденсации t_K;

3 - для жидкости по температуре переохлаждения (кроме давления, которое в процессе переохлаждения не изменяется и равно давлению конденсации $P_к$).

Параметры остальных точек цикла определяются по термодинамическим диаграммам (приложение №2,3,4).

1 - на пересечении линий t_{BC} и P_o;

2 - линий S_1 = const и $P_к$;

3 - линий $P_к$ и t_n;

4 - линий i_3 = const и t_0.

Найденные параметры сводят в таблицу 1 по такой форме:

Таблица 1- Параметры узловых и промежуточных.

Точки	Параметры					
	t, °C	P, Па	υ, $м^3$/кг	i, кДж/кг	S, кДж/(кг·К)	x
1						
1'						
2						
2'						
3'						
3						
4						

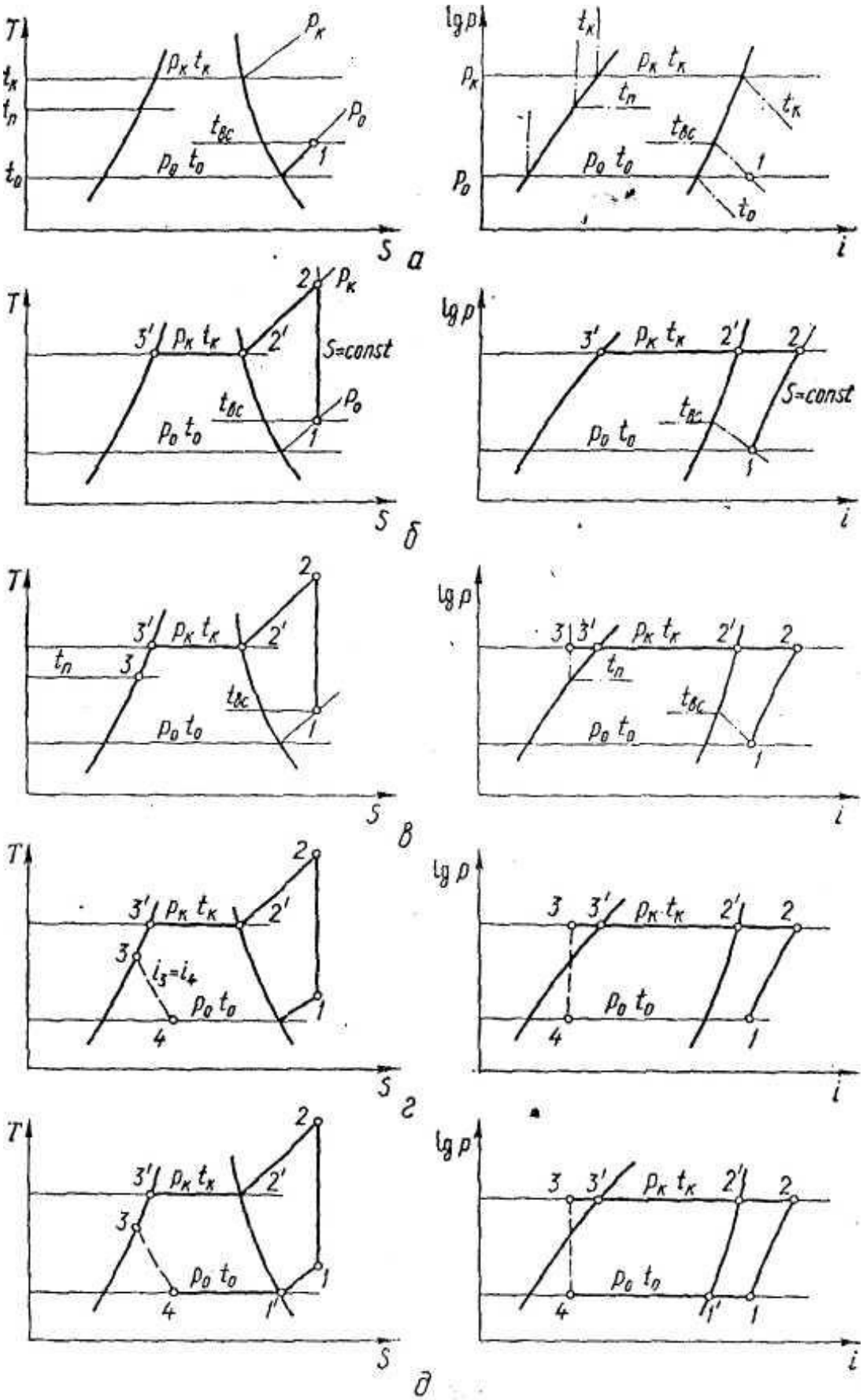


Рис. 3. Построение действительного цикла в $T-S$- и $i-\lg p$-диаграммах

План практического занятия № 6

Тема: Основные вопросы теории замораживания пищевых продуктов. Расчет цикла холодильной машины. Построение цикла и расчет одноступенчатой холодильной машины

Цель работы: на основании построенного на диаграмме цикла провести тепловой расчет цикла холодильной машины

Исходные данные для теплового расчета холодильной машины:

Q_o - нагрузка на компрессор, определенная с помощью теплового расчета, с надбавкой на потери в системе;

температурный режим работы;

холодильный агент (аммиак или фреон).

В процессе расчета следует определить объем описываемый поршнем, V_T , по которому выбирается компрессор, эффективную мощность на валу компрессора N_e и тепловую нагрузку на конденсатор Q_K.

Последовательность расчета

1. Удельная холодопроизводительность агента, (кДж/кг), или количество теплоты, которое можно отвести от охлаждаемого тела при испарении 1 кг жидкого холодильного агента в испарителе, q_0 (кДж/кг):

$$q_o = i_1 - i_4,$$

где i_1 - энтальпия сухого насыщенного пара из испарителя, кДж/кг;

i_4 - энтальпия влажного пара на входе в испаритель, кДж/кг.

2. Холодопроизводительность компрессора, или количество теплоты, которое холодильная машина отнимает от охлаждаемой среды в единицу времени (Вт):

$$Q_o = G \cdot q_o,$$

где G - масса циркулирующего холодильного агента, кг/с .

3. Удельная объемная холодопроизводительность машины, или количество теплоты, которое можно отвести от охлаждаемого тела 1 $м^3$ холодильного агента при условиях всасывания компрессором:

$$q_\upsilon = q_0 / \upsilon_1,$$

где ν_i - удельный объем пара холодильного агента перед входом в компрессор, м /кг.

4. Удельная работа сжатия, или количество энергии, которое затрачивается на сжатие 1 кг пара холодильного агента в компрессоре:

$$l = i_2 - i_1$$

$$V_д = G \cdot \upsilon_1,$$

5. Действительный объем пара поступивший в компрессор, $м^3/с$:

где ν_i - удельный объем перегретого пара, засасываемого компрессором,

$м^3/кг$.

6. Коэффициент подачи компрессора определяют с помощью графика коэффициентов подачи λ и индикаторных к. п. д. η_i (в зависимости от давления конденсации $P_к$ и давления кипения P_o).

По рисунку 4 определяем коэффициент подачи λ для расчетного компрессора, при полученной степени повышения давления П=2,55 и заданного типа хладагента.

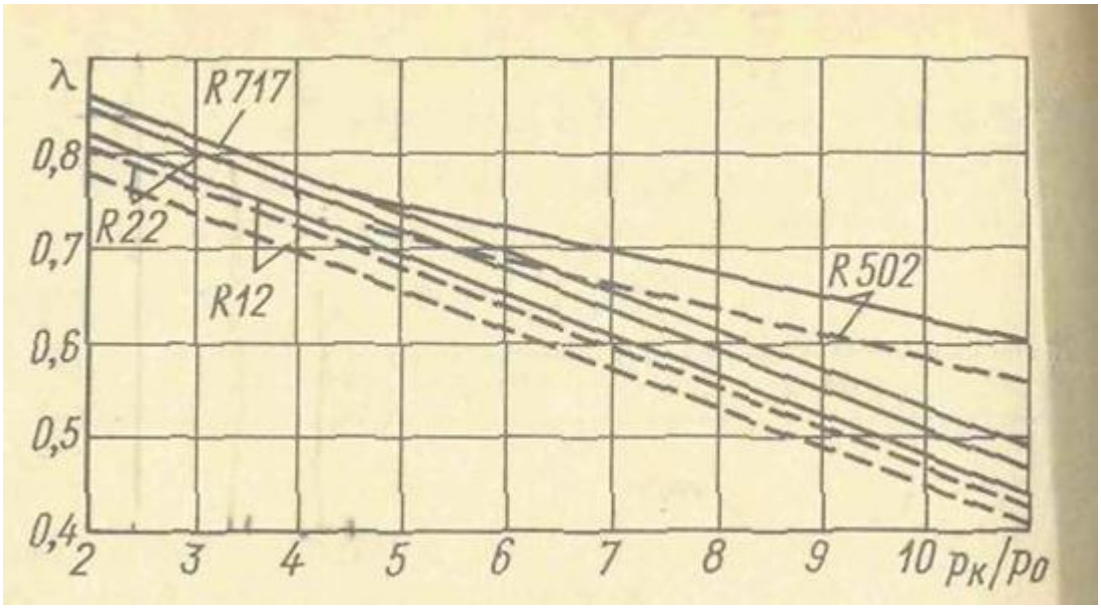


Рис. 4. Коэффициент подачи для поршневых компрессоров средней производительности.

Коэффициент подачи компрессора учитывает все объемные потери (потери вызванные наличием мертвого пространства, депрессией при всасывании и нагнетании, подогревом пара от стенок цилиндра при всасывании, а также утечками через неплотности в клапанах и поршневых кольцах) в действительном процессе компрессора, вызывающие уменьшение производительности.

рассчитывают по формуле:

$$\lambda = \lambda_i \, \lambda_w \, \lambda_{пл},$$

где λ_i - индикаторный коэффициент:

$$\lambda_i = \frac{P_0 - \Delta P_o}{P_o} - C\left[\frac{P_K + \Delta P_K}{P_0} - \frac{P_0 - \Delta P_0}{P_0}\right],$$

где $\Delta P_0 = 0{,}5$ Н/м^2 - депрессия всасывания; $\Delta P_K = 1$ Н/м^2 - депрессия нагнетания; С - величина мертвого пространства компрессора, С = 0,05;

λ_i- коэффициент подогрева:

$$\lambda_w = \frac{T_0}{T},$$

где T_o, Т - абсолютные температуры соответственно кипения и конденсации, К;

$\lambda_{пл}$ - коэффициент плотности зависящий от конструкции и степени износа машины.

$\lambda_{пл}$=0,97…0,99

Этот коэффициент представляет собой отношение действительной объемной производительности $V_д$, принятой при параметрах пара во всасывающем патрубке, к объему, описываемому поршнем $V_Т$, т.е. к теоретической объемной производительности компрессора:

$$\lambda = V_д/V_т$$

7. Объем, описываемый поршнями компрессора,

$$V_{T=}\frac{V_Д}{\lambda},$$

По этому объему по таблицам подбирается компрессор.

8. Теоретическая (адиабатическая) мощность сжатия в компрессоре, кВт:

$$N_т = G\,(i_2 - i_1),$$

где i_2 - энтальпия перегретого пара в конце сжатия, кДж/кг;
i_1 -энтальпия засасываемого компрессором перегретого пара, кДж/кг.

9. Действительная (индикаторная) мощность сжатия кВт:

$$N_{\cdot} = \frac{N_T}{\eta_i},$$

где η_i - индикаторный к. п. д.:

$\acute{\eta}_i = 0{,}79 \ldots 0.9.$

10. Эффективная мощность (на валу) компрессора, кВт

$$N_i = \frac{N_i}{\eta_{мех}},$$

где $\eta_{мех}$ - механический к. п. д., учитывающий потери на трение:

$\eta_{мех} = 0{,}82 \ldots 0{,}92.$

По эффективной мощности с учетом потерь в приводе подбирают электродвигатель компрессора с запасом мощности 10 - 15%.

11. Электрическую мощность компрессора $N_{эл}$, кВт определяют:

$$N_{эл} = N_i/(\eta_{эл}\,\eta_{пер}),$$

где $\eta_{эл}$ - КПД электродвигателя, $\eta_{эл}^{=}$ 0,8...0,9;
$\eta_{пер}$ - КПД передачи от электродвигателя к компрессору, $\eta_{пер} = 0{,}95$.

12. Действительная тепловая нагрузка на конденсатор, кВт:

$$Q_к = Q_o + N_i.$$

13. Теоретическая тепловая нагрузка определяется по разности энтальпий:

$$Q_к = G\,(i_2 - i_3),$$

если в конденсаторе не происходит переохлаждения жидкости. Если же жидкость в конденсаторе переохлаждается, то

$$Q_к = G\,(i_2 - i_3).$$

14. Действительная тепловая нагрузка на конденсатор будет больше теоретической.

Подбирают компрессор по стандартной холдодопроизводительности, которую получают после пересчета рабочей холододопроизводительности:

$$Q_{0CT} = Q_{РАБ} \frac{\lambda_{CT} q_{VCT}}{\lambda_{РАБ} q_{VPPA}},$$

где $Q_{раб}$ - холодопроизводительность в рабочих условиях, кВт;

$\lambda_{ст}$, $\lambda_{раб}$ - коэффициенты подачи при стандартных и рабочих условиях;

$q_{vст}$ и q_{vppa} - объемные холодопроизводительности при соответствующих режимах, кДж/м^3.

Стандартную объемную производительность $q_{vст}$ можно определить по табл. Приложения №5 по t_0 и $t_п$. Стандартный режим характеризуется такими температурами:

Для аммиачных машин:

$t_о = -15^0C$; $t_к = +30^0C$;
$t_п = +25^0C$; $t_{вс} = -10^0C$;

Для фреоновых машин:

$t_о = -15^0C$; $t_к = +30^0C$;
$t_п = +25^0C$; $t_{вс} = +15^0C$.

15. Холодильный коэффициент характеризует количество переданных единиц теплоты на единицу затраченной работы, следовательно, чем больше ε, тем выше эффективность холодильной установки.

Холодильный коэффициент теоретического цикла холодильной машины определяют по формуле:

$$\Sigma = q_0/l$$

Контрольные вопросы:

1. Как изображается в тепловых диаграммах теоретический цикл паровой компрессионной холодильной машины?
2. В чем заключается расчет теоретического цикла холодильной машины?
3. Что понимается под холодопроизводительностью холодильной машины, в каких единицах она измеряется?
4. Какая существует зависимость между рабочей и стандартной холодопроизводительностями?

План практического занятия №7

Тема: Замораживание продуктов животного происхождения. Определение криоскопической температуры

Цель работы: определение температуры замерзания пищевых продуктов, анализ температуры замерзания в зависимости от химического состава продуктов.

Теоретическая часть:

План:

1. Сущность и значение процесса замораживания.
2. Классификация способов замораживания, их достоинства и недостатки.
3. Определение количества тепла, отбираемого от продукта при замораживании.

Практическая часть:

1. Построить температурный график замораживания пищевого продукта или водного раствора соли.
2. Определить криоскопическую температуру пищевых продуктов, криоскопическую и криогидратную температуру водного раствора соли.
3. Дать анализ температуры замерзания в зависимости от химического состава продуктов.

Содержание работы:

Сущность процесса замораживания пищевых продуктов заключается в понижении температуры продуктов ниже криоскопической да полного или частичного превращения в лед содержащейся в продукте влаги.

Криоскопическая температура зависит от концентрации раствора, молекулярной массы, степени диссоциации растворенных веществ н свойств растворителя. В пищевых продуктах влага не является чистой водой, а представляет собой дисперсионную среду, в которой распределены с разной степенью дисперсности различные неорганические н органические вещества.

При понижении температуры продукта до криоскопической точки тканевого сока раствор начинает замерзать. С вымерзанием чистого растворителя концентрация тканевого сока возрастает, а криоскопическая температура снижается. Поэтому температуру, при которой начиняется выделение кристаллов льда из раствора, принято называть начальной криоскопической температурой, или температурой замерзания.

С повышением концентрации соли в воде вплоть до эвтектической криоскопическая температура понижается. При дальнейшем увеличении концентрации криоскопическая температура повышается. Раствор, начальная концентрация соли в котором ниже эвтектической, остается при охлаждении в жидком однофазном состоянии до криоскопической температуры. При охлаждении раствора ниже криоскопической температуры из него начинают выпадать кристаллы водного льда, а концентрация соли в оставшейся жидкой фазе возрастает. Этот процесс может продолжаться до тех пор, пока концентрация остающейся жидкой фазы не достигнет эвтектической, после чего происходит замерзание раствора при постоянной криогидратной температуре с образованием криогидрата, таким образом, лед полученный замораживанием водного раствора соли с начальной концентрацией, меньшей, чем эвтектическая, имеет неоднородный состав: частично он состоит из чистого водного льда, а частично из криогидрата

Криогидрат, или эвтектика, - механическая смесь мельчайших кристаллов водного льда в соли, полученная при замораживании эвтектического раствора; плавится криогидрат с образованием раствора этого же состава, температура замерзания эвтектического (криогидратного) раствора является наи-

низшей среди криоскопических температур водных растворов данной соли и называется криогидратной. Криогидратные состояния водных растворов некоторых солей приведены в таблице1.

Таблица 1. - Криогидратные состояния водных растворов солей

Соль	Эвтектическая концентрация, кг на 1 кг раствора	Криогидратная температура, ^{0}C
KNO_3	0,109	-2,9
$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	0,264	-7,8
$KCl \cdot 2H_2O$	0,197	-10,7
NH_4Cl	0,186	-15,8
NaCl	0,231	-21,2
$MgCl_2$	0,206	-33,6
$CaCl_2$	0,299	-55,0

Криоскопическая температура растворов небольшой концентрации пропорциональна концентрации соли (при отсутствии электролитической диссоциации):

$$t_{кр} = t_0 - K_{кр} \cdot C$$

где $t_{кр}$ - температура замерзания чистого растворителя, °С;

$K_{кр}$ - криоскопическая постоянная раствора (для воды $K_{кр}$ = 1,85);

С - концентрация соли, моль на 1 кг раствора.

Тканевый сок пищевых продуктов представляет собой коллоидный раствор сложного состава, которому соответствует криогидратная температура -55+-б5°С, а криоскопическая температура -0,5 -т-5°С,

У большинства натуральных пищевых продуктов температура замерзания близка к -1°С. Для мяса она лежат в пределах от -0,6 до – 1°С, для пресноводных рыб - от -0,5 до -1°С, для морских рыб - от 0,8 до -2°С, для яичного желтка - около -0,65°С, для белка - около -0,45°С. У натуральных продуктов, содержащих большее количество растворенных веществ (солей, сахара, кислот и т.п.), температура замерзания значительно ниже. Например, для вишни она составляет -3 °С, некоторых сортов винограда -5°С.

Температурным графиком замораживания называют графическое изображение зависимости температуры замораживаемого продукта от длительности замораживания. Температурные графики замораживания чистого вещества, например воды, или эвтектического раствора, характеризуются тремя участками:

- охлаждение от начальной температуры до температуры замерзания;
- льдообразование при постоянной температуре замерзания;
- охлаждение замороженного продукта.

Температурный график замораживания водного раствора, начальная концентрация которого ниже эвтектической, характеризуется четырьмя участками:

- охлаждение от начальной температуры до криоскопической;
- охлаждение от криоскопической до криогидратной температуры (темп понижения температуры замедляется из-за образования кристаллов водного льда);
- затвердевание эвтектики (температура не изменяется, и на графике появляется горизонтальный изотермический участок);

•охлаждение эвтектики от криогидратной до температуры замораживающей среды.

Обычно скорость понижения температуры замороженного раствора или замороженного чистого растворителя больше, чем скорость охлаждения его в жидком состоянии, что объясняется меньшей теплоемкостью и большей теплопроводностью водного льда. Температурные графики замораживания можно использовать для экспериментального определения криоскопической температуры.

При охлаждении жидкостей пищевых продуктов возможно их переохлаждение на несколько градусов ниже криоскопической температуры. Это состояние неустойчиво и при дальнейшем охлаждении нарушается. Если переохлажденная жидкость является чистым веществом, то повышение температуры при нарушении этого состояния происходит до температуры замерзания. Если же кристаллизуется переохлажденный раствор, то температура повышается до температуры, несколько более низкой, чем криоскопическая, так как часть воды вымерзает в процессе выхода раствора из переохлажденного состояния. Во избежание погрешности определения криоскопической температуры по температурным графикам замораживания следует избегать переохлаждения раствора.

Оборудование, приборы, материалы: низкотемпературный прилавок СН-15 или морозильная камера, термопара, часы, водные растворы солей в пробирках, пищевые продукты.

Методика проведения работы:

Для лабораторных исследований можно использовать растворы хлористого натрия различной концентрация, томатный и яблочный соки, отдельные виды плодов и овощей, мясные продукты.

В образец помещают термопару таким образом, чтобы рабочий спай находился в его центре, например в центре пробирки. Образец помещают в морозильное отделение холодильного шкафа и проводят измерение температуры в центре образца и температуры замораживающей среды через 5 минут достаточное число раз для построения графика замораживания.

Результатами измерений являются значение температур продукта и замораживающей среды в различные моменты времени оформить в таблице 2. По этим данным строят в координатах температура-время температурный график замораживания, на который наносят характерные точки и уровни температур (начальную температуру, температуру среды, криоскопическую температуру).

Таблица 2. – Журнал испытаний.

Время замера	Температура замораживающей среды, °С	Температура в центре образца, °С

Контрольные вопросы:

1. Как влияют низкие температуры на биохимические процессы а пищевых продуктах?
2. Какая температура называется криоскопической и отчего зависит ее значение?

3. Что такое криогидратная температура и как ее определить?
4. В чем заключается сущность процесса переохлаждения?

План практического занятия №8

Тема: Замораживание продуктов растительного происхождения. Определение длительности процесса замораживания пищевых продуктов.

Цель работы: определение экспериментально-аналитическим путем продолжительности процесса охлаждения, температуры в центре продукта в зависимости от его теплофизических свойств, температуры охлаждающей среды; определение тепловой нагрузки охлаждающих приборов.

Теоретическая часть:

План:

1.Сущность и значение процесса замораживания.

2.Классификация способов замораживания продуктов, их достоинства и недостатки.

3.Определение количество тепла, отбираемого от продукта при замораживании.

4. Определение длительности процесса замораживания. Факторы, влияющие на скорость замораживания продуктов.

5. Теплофизические и физико-химические явления, происходящие в продуктах при замораживании.

Практическая часть:

1. Определить количество воды, вымороженной из продукта при замораживании. Построить графически функциональную зависимость между количеством вымороженной воды и температурой исследуемого продукта.

2. Определить продолжительность замораживания продукта экспериментальным путем. Построить график замерзания продукта в зависимости от времени.

3. Рассчитать продолжительность замораживания. Сравнить результаты расчета с результатами опыта.

4. Определить тепловую нагрузку охлаждающих приборов.

Содержание работы:

Замораживание - это процесс холодильной обработки пищевых продуктов, в результате которой содержащаяся в продуктах капельно-жидкая влага полностью или частично превращается в лед.

Вследствие обезвоживания и воздействия низких температур, препятствующих жизнедеятельности микроорганизмов, замороженные продукты приобретают более высокую по сравнению с охлажденными стойкость при хранении. Основной причиной повышения стойкости продуктов к порче при замораживании является замерзание воды, а собственно понижение температуры имеет второстепенное значение, хотя практически действие этих двух факторов неразделимо. Это обменяется тем, что капельно-жидкая влага, в которой растворены многие

органические и минеральные вещества, представляет благоприятную среду для биохимических реакций и жизнедеятельности микроорганизмов.

При льдообразовании диффузионное перемещение растворимых в воде веществ прекращается, а следовательно, прекращается питание микроорганизмов и осуществление биохимических реакций.

Образующиеся в начале замерзания кристаллы состоят из чистой воды, а вещества, растворенные в соке, остаются в жидкой фазе. Каждому значению температуры продукта ниже начальной криоскопической точки соответствует вполне определенное количество воды, вымороженной из раствора. Полностью весь раствор замерзает при криогидратной (эвтектической) температуре.

Скорость замораживания продукта определяется скоростью продвижения границы раздела замороженного и не замороженного слоев от поверхности к центру, максимальное значение скорость замораживания имеет в начале процесса у поверхности продукта.

Замораживание бывает медленное (0,1-1 см/ч), интенсивное (1-5 см/ч) и быстрое (5-20 см/ч). При медленном замораживании в тканях продукта происходит перераспределение влаги и в межклеточных пространствах образуются крупные кристаллы льда, повреждающие ткани. В процессе размораживания влага не впитывается полностью тканью, а ее первоначальное распределение не восстанавливается. При быстром замораживании в условиях интенсивного отвода теплоты кристаллообразование происходит в местах интенсивного распределения влаги. В результате получается структура с большим числом мелких кристаллов льда, равномерно распределенных в тканях продукта. При размораживании первоначальные свойства такого продукта хорошо восстанавливаются.

Оборудование, приборы, инструменты: морозильная камера, комплект термопар, часы-секундомер, термометры.

Методика проведения работы:

1. По методике экспериментального измерения длительности пищевых продуктов в воздухе измеряют изменение температуры в центре продукта в процессе замораживания. При использовании натуральных продуктов выбирают небольшие по размеру клубни и плоды, близкие к правильной геометрической форме, диаметром до 40 мм, а также нарезанные плоды и овощи. При исследовании влияния размеров продукта опыт проводят одновременно с двумя образцами продукта.

2. Определяют параметры среды в морозильной камере. Отбирают образцы продуктов и помещают термопары в образцы. Образцы помещают в замораживающую среду и по показаниям приборов следят за процессом замораживания. По полученным данным строят температурный график замораживания и приступают к обработке экспериментальных данных.

Обработка результатов:

1. Строят графически функциональную зависимость между количеством вымороженной воды и температурой для исследуемого продукта.

Проанализировать график. Определить, при каких температурах вымерзает 50% содержащейся в продуктах воды.

Количество вымороженной воды в продукте зависит только от температуры, до которой был заморожен продукт, и не зависит ни от способа замораживания, ни от продолжительности процесса.

Количество вымороженной воды выражают в долях единицы или в % от общего содержания воды в продукте. При криоскопической температуре ω= 0, при эвтектической ω=1, или 100 %. Промежуточные значения этой величины вычисляют по формуле Чижова:

$$\omega = \frac{A_\omega}{1 + B_\omega / \lg[t + (1 - t_S)]};$$

где A_ω и B_ω - постоянные, A_ω = 110,5; B_ω = 0,31;

t - температура, для которой вычисляется количество вымороженной воды, °С;

t_s - криоскопическая температура продукта, °С.

Температуры t и t_s берут в градусах Цельсия по абсолютной величине (без знака минус). Если криоскопическая температура мало отличается от -1°С, то без заметной погрешности в вычислении можно принимать, что величина (1 - t_s)=0.

2. Проводят расчет продолжительности замораживания. При решении этой задачи принимают ряд упрощающих условий: до начала замораживания продукт во всем объеме охлажден до криоскопической температуры; коэффициент теплоотдачи на поверхности продукта и температура охлаждающей среды - постоянные; теплоемкость замороженной части продукта по сравнению с теплотой льдообразования очень мала; вода из продукта вымерзает при одной определенной температуре; коэффициент теплопроводности замерзающего слоя в течение всего процесса не меняется; замораживание считается законченным при сближении границ раздела в центральной части тела, причем температура в ней равна криоскопической.

С учетом указанных условий можно определить продолжительность замораживания τ, ч:

а) для продуктов в форме пластины при двустороннее замораживании (мясные блоки, полутуши, блоки рыбного филе, рыба небольшой толщины):

$$\tau = \frac{q_з \rho \delta}{29 \lambda \Delta t}\left(\delta + \frac{4\lambda_M}{a}\right);$$

б) для продуктов в форме цилиндра (крупная рыба, бедренная часть полутуши и др.)

$$\tau = \frac{q_з \rho \delta}{58 \lambda \Delta t}\left(\delta + \frac{4\lambda_M}{a}\right);$$

в) для продуктов в форме шара (сыры, плоды, овощи)

$$\tau = \frac{q_з \rho \delta}{87 \lambda \Delta t}\left(\delta + \frac{4\lambda_M}{a}\right);$$

В этих формулах q_3 - теплота замораживания 1 кг продукта:

$$q_3 = \omega \cdot \varphi \cdot r_3;$$

где φ - влажность продукта, доли единицы;

ω - доля вымороженной воды при средней конечной температуре замораживания (табл.1);

r_3, - удельная теплота затвердения (r_3 =335 кДж/кг);

ρ - плотность продукта, кг/м^3;

δ - толщина пластины, диаметр цилиндра или шара, м;

$\lambda_м$ - коэффициент теплопроводности продукта при средней температуре процесса замораживания, Вт/(м -К);

$\Delta t = (t_s - t_{ср})$ - разность между криоскопической температурой продукта и температурой охлаждающей среды (исходной величиной в процессе эксперимента), °С;

а - коэффициент теплоотдачи от продукта к охлаждающей среде, Вт/(м^2 • К);

При охлаждении продукта в воздухе по Югресу:

$$\alpha = 6{,}2 + 4{,}2\omega,$$

где ω – скорость движения воздуха, м/с.

Таблица 1. - Количество вымороженной воды

Продукт	Влажность, %	Температура замороженного продукта, °С					Количество незамерзающей воды, кг кг сухого вещества
		-5	-10	-15	-20	-30	
Говядина тощая	74	83	93	97	99	100	0,35
Треска	80,5	85	93	97	98	100	0,39
Морской окунь	79	84	94	97	98	100	0,39
Яйца	74	90	95	98	99	100	0,2
Яблоки,груши	84	53	70	76	88	100	
Соки	88	75	87	93	96	100	0,2
Хлеб	46	50	87	97	99	100	0,3
Горох	78	68	86	92	96	100	0,2-0,3
Фасоль	во	84	92	96	98	100	0,2-0,3
Шпинат	93	95	97	98	99	100	0,2

Таблица 2. – Журнал испытаний.

Продукты	Масса, кг	φ,%	ρ, кг/м^3	$\lambda_М$,Вт/(м·К)	δ, м	а, м^2/ч	α, Вт/(м^2·К)	τ, ч

Таблица 3. – Журнал испытаний.

Время начала опыта	Время замера	Температура среды, °С	Относительная влажность среды, %	Температура в центре продукта, °С	Температура поверхности продукта, °С

Контрольные вопросы:

1. С какой целью замораживают пищевые продуты?
2. Какие изменения происходят в пищевых продуктах при замораживании?

3. От чего зависит количество вымороженной воды?
4. Как определить время процесса замораживания?

Рекомендуемая литература и интернет - ресурсы:

Основная литература:

1. А.Н. Бараненко и др. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. I. Теплофизические основы. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 224 с.

2. Холодильная техника и технология продуктов питания: учебник / С.А. Большаков. - М.: Академия, 2003. - 304 с.: ил. - (Высшее образование). - На учебнике гриф: Рек.УМО. - Прил.: с. 277-299.

Дополнительная литература:

1. Воробьева, Н.Н. Холодильная техника и технология. Часть1 : учебное пособие / Н.Н. Воробьева. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – 164 с.

2. Воробьева, Н.Н. Холодильная техника и технология : учебное пособие / Н.Н. Воробьева. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – Ч. 2. – 104 с.

3. В.Е. Куцакова и др. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. III. Биохимические и физико-химические основы. – СПб.: ГИОРД, 2011. – 272 с.

4. В.И. Филиппов, М.И. Кременевская, В.Е. Куцакова. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. II. Технологические основы. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 576 с.

5. А.Н. Бараненко и др. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. I. Теплофизические основы. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 224 с.

6. Холодильная технология пищевой промышленности : учебное пособие : [16+] / А.М. Ибраев, Ю.А. Фирсова, М.С. Хамидуллин, И.Г. Хисамеев ; Казанский государ-ственный технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2010. – 125 с.

7. Воробьева, Н.Н. Теплофизические процессы в холодильной технологии : учебное пособие / Н.Н. Воробьева ; ред. Н.В. Шишкина. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007. – 150 с.

8. Н.Г. Щеглов. Холодильная технология пищевых продуктов: Учеб. пособие. – Пятигорск: Изд-во ПГТУ, 2003.– 208 с.

Интернет-ресурсы:

1. http://www.fao.org/ - сайт ФАО
2. http://www.rsl.ru/ - Российская государственная библиотека
3. http://www.cnshb.ru/ - Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Российской академии сельскохозяйственных наук
4. http://www.suharevka.ru/ – сайт технологического оборудования
5. http://www.complexdor.ru/ – сайт базы нормативной и технической документации
6. http://www.twirpx.com/ – сайт поиск литературы
7. http://www.pitportal.ru/ – сайт информационного портала
8. http://www.libgost.ru/ – сайт библиотеки Гостов и нормативных документов

Таблица 1 – Таблица насыщенных паров аммиака (NH_3)

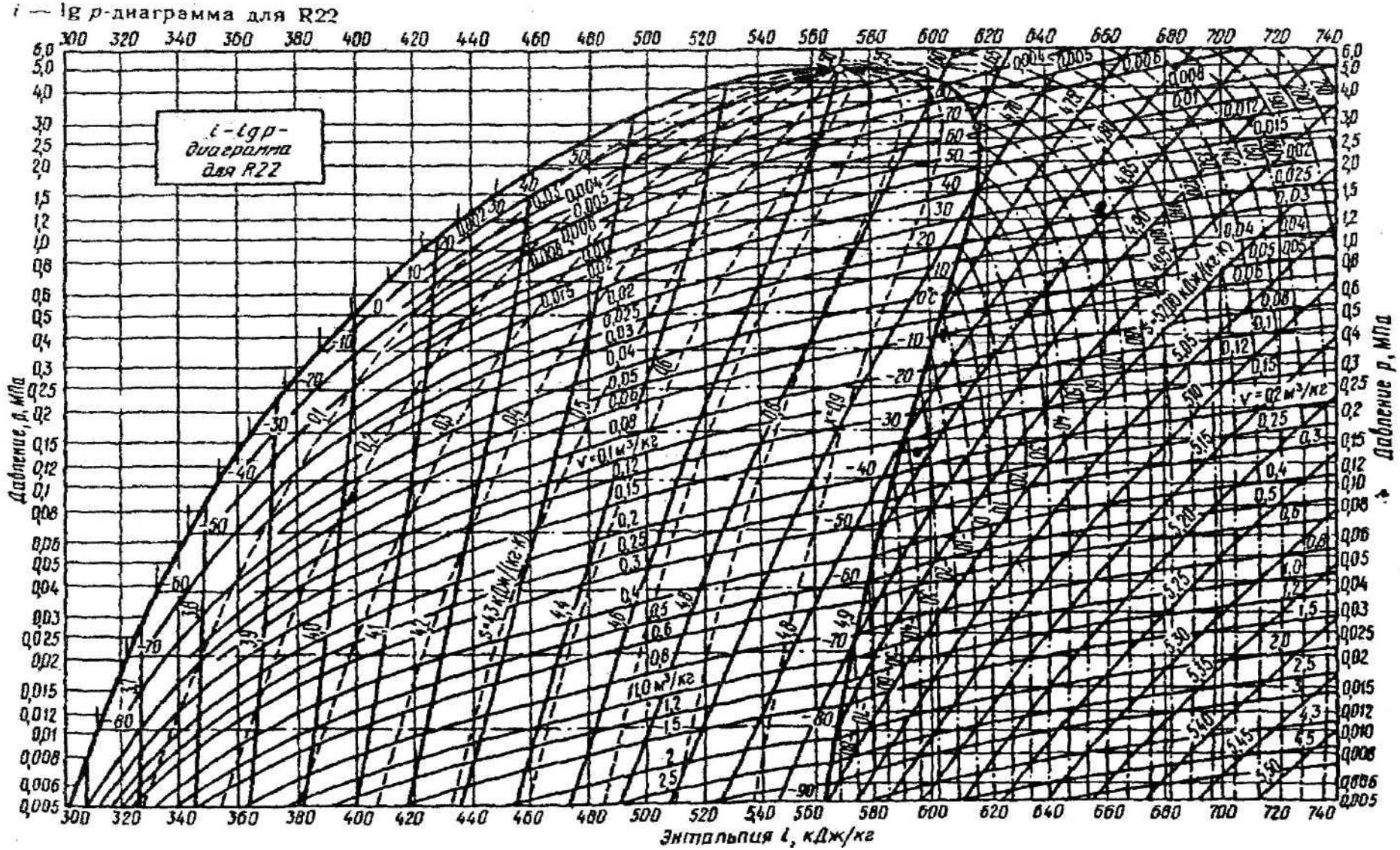
Температура t в °С	Давление абсолютное p		Удельный объем		Плотность		Энтальпия				Теплота парообразования r	
							жидкости i'		пара i''			
	в $Мн/м^2$	в $кГ/см^2$	жидкости v' в $м^3/кг$	пара v'' в $м^3/кг$	жидкости ρ' в $кг/м^3$	пара ρ'' в $кг/м^3$	в $кдж/кг$	в $ккал/кг$	в $кдж/кг$	в $ккал/кг$	в $кдж/кг$	в $ккал/кг$
—60	0,02190	0,2233	1,4010	4,699	713,8	0,2128	150,7	36,0	1591,0	380,0	1440,3	344,0
—54	0,03209	0,3272	1,4150	3,288	706,7	0,3041	176,7	42,2	1601,5	382,5	1424,8	340,3
—50	0,04087	0,4168	1,4245	2,623	702,0	0,3812	193,9	46,3	1608,1	384,1	1414,3	337,8
—48	0,04595	0,4686	1,4293	2,351	699,6	0,425	202,6	48,4	1611,5	384,9	1409,3	336,6
—46	0,05154	0,5256	1,4342	2,112	697,2	0,473	211,0	50,4	1614,9	385,7	1403,8	335,3
—44	0,05709	0,5822	1,4392	1,901	694,8	0,526	219,8	52,5	1618,2	386,5	1398,4	334,0
—42	0,06441	0,6568	1,4442	1,715	692,4	0,583	228,6	54,6	1621,6	387,3	1392,9	332,7
—40	0,07177	0,7318	1,4493	1,550	690,0	0,645	237,8	56.8	1624,9	388,1	1387,1	331,3
—39	0,07569	0,7719	1,4519	1,4752	688,8	0,678	242,1	57,82	1626,4	388,49	1384,4	330,67
—38	0,07798	0,8137	1,4545	1,4045	687,5	0,712	240,9	58,88	1628,2	388,88	1381,6	329,99
—37	0,08407	0,8573	1,4571	1,3377	686,3	0,748	251,0	59,94	1629,7	389,27	1378,4	329,31
—36	0,08853	0,9028	1,4597	1,2746	685,1	0,785	255,4	61,01	1631,4	389,65	1375,9	328,63
—35	0,09319	0,9503	1,4623	1,2151	683,9	0,823	254,0	62,08	1633,0	390,03	1373,1	327,95
—34	0,09806	0,9999	1,4649	1,1589	682,6	0,863	264,4	63,15	1634,6	390,41	1370,2	327,26
—33	0,10312	1,0515	1,4676	1,1058	681,4	0,905	268,8	64,21	1636,2	390,79	1367,3	326,57
—32	0,10838	1,1052	1,4703	1,0555	680,1	0,948	273,3	65,28	1638,1	391,17	1364,4	325,88
—31	0,11386	1,1610	1,4730	1,0080	678,9	0,992	277,8	66,35	1639,2	391,54	1361,5	325,19
—30	0,11954	1,2190	1,4757	0,9630	677,7	1,038	282,2	67,42	1640,8	391,91	1358,6	324,49
—29	0,12543	1,279	1,4784	0,9204	676,4	1,086	286,8	68,49	1642,4	392,28	1355,6	323,79
—28	0,13160	1,342	1,4811	0,8801	675,2	1,136	291,2	69,56	1644,0	392,64	1352,7	323,08
—27	0,13798	1,407	1,4739	0,8418	673,9	1,188	295,7	70,63	1645,4	393,00	1349,7	322,37
—26	0,14465	1,475	1,4867	0,8056	672,6	1,242	300,2	71,71	1646,9	393,36	1346,7	321,66
—25	0,15163	1,546	1,4895	0,7712	671,4	1,297	304,7	72,78	1648,4	393,72	1343,7	320,94
—24	0,15877	1,619	1,4923	0,7386	670,1	1,354	309,2	73,86	1649,9	394,07	1340,8	320,22
—23	0,16622	1,695	1,4951	0,7076	668,8	1,413	313,7	74,93	1651,3	394,42	1337,6	319,49
—22	0,17397	1,774	1,4980	0,6782	667,6	1,474	318,2	76,01	1652,9	394,77	1334,6	318,76
—21	0,18201	1,856	1,5008	0,6502	666,3	1,538	322,8	77,09	1654,3	395,12	1331,5	318,03
—20	0,19025	1,940	1,5037	0,6235	665,0	1,604	327,3	78,17	1655,7	395,46	1328,4	317,29
—19	0,19878	2,027	1,5066	0,5983	663,7	1,672	331,8	79,25	1657,2	395,80	1325,3	316,55
—18	0,20763	2,117	1,5096	0,5742	662,4	1,742	336,3	80,33	1658,5	396,13	1322,2	315,80
—17	0,21683	2,211	1,5125	0,5513	661,1	1,814	340,8	81,41	1659,9	396,46	1319,1	315,05
—16	0,22543	2,309	1,5155	0,5295	659,8	1,889	345,4	82,50	1661,1	396,79	1315,8	314,29
—15	0,23634	2,410	1,5185	0,5087	658,5	1,966	350,0	83,59	1662,7	397,12	1312,7	313,53
—14	0,24654	2,514	1,5215	0,4889	657,2	2,046	353,7	84,68	1664,0	397,44	1309,5	312,76
—13	0,25704	2,621	1,5245	0,4700	655,9	2,128	359,1	85,76	1665,3	397,75	1306,2	311,99
—12	0,26792	2,732	1,5276	0,4520	654,6	2,213	363,6	86,85	1666,6	398,06	1303,0	311,21
—11	0,27920	2,847	1,5307	0,4348	653,3	2,300	368,2	87,94	1667,9	398,37	1299,7	310,43
—10	0,29087	2,966	1,5338	0,4184	652,0	2,390	372,7	89,03	1669,2	398,67	1296,4	309,64
—9	0,30293	3,089	1,5369	0,4028	650,7	2,483	377,3	90,12	1670,4	398,97	1293,1	308,85
—8	0,31541	3,216	1,5400	0,3878	649,3	2,579	381,9	91,21	1671,7	399,27	1289,8	308,06
—7	0,32823	3,347	1,5432	0,3735	648,0	2,678	386,4	92,30	1672,9	399,56	1286,4	307,25
—6	0,34138	3,481	1,5464	0,3599	646,7	2,779	391,0	93,40	1674,1	399,85	1283,0	306,45
—5	0,35490	3,619	1,5496	0,3469	645,3	2,883	395,6	94,50	1675,3	400,14	1279,6	305,64
—4	0,36883	3,761	1,5528	0,3344	644,0	2,991	400,2	95,59	1676,5	400,42	1276,3	304,83
—3	0,38324	3,908	1,5561	0,3225	642,6	3,102	404,8	96,69	1677,3	400,70	1272,8	304,01
—2	0,39815	4,060	1,5594	0,3111	641,3	3,216	409,4	97,79	1678,8	400,98	1269,4	303,19
—1	0,41354	4,217	1,5627	0,3002	639,9	3,332	414,0	98.89	1680,0	401,25	1265,9	302,36
0	0,42943	4,379	1,5660	0,2897	638,6	3,452	418,7	100,00	1681,1	401,52	1262,4	301,52
+2	0,46248	4,716	1,5727	0,2700	635,8	3,703	427,9	102,21	1683,3	402,04	1255,4	299,84
+4	0,49748	5,073	1,5796	0,2520	633,1	3,969	437,1	104,43	1685,4	402,55	1248,3	298,13
+6	0,53446	5,450	1,5866	0,2353	630,3	4,250	446,5	106,65	1687,4	403,04	1240,9	296,39
+8	0,57359	5,849	1,5936	0,2200	627,5	4,546	455,8	108,87	1689,3	403,50	1233,6	294,63
+10	0,61398	6,271	1,6008	0,2058	624,7	4,859	465,2	111,11	1691,3	403,95	1223,2	292,84
+12	0,65867	6,715	1,6081	0,1927	621,8	5,189	474,6	113,35	1693,0	404,38	1218,5	291,03
+14	0,70442	7,183	1,6156	0,1706	619,0	5,537	484,0	115,59	1694,8	404,79	1210,8	289,20
+16	0,75285	7,677	1,6231	0,1694	616,1	5,904	493,4	117,85	1696,4	405,19	1203,0	287,34
+18	0,80375	8,196	1,6308	0,1591	613,2	6,289	502,9	120,11	1698,0	405,57	1195,2	285,46
+20	0,85716	8,741	1,6386	0,1494	610,3	6,694	512,4	122,38	1699,6	405,93	1187,2	283,55
+21	0,88496	9,024	1,6426	0,1449	608,0	6,904	517,2	123,52	1700,2	406,10	1183,1	282,58
+22	0,91340	9,314	1,6466	0,1405	607,3	7,119	521,9	124,66	1701,0	406,27	1179,1	281,61
+23	0,94252	9,611	1,6507	0,1363	605,8	7,339	526,7	125,80	1701,6	406,43	1174,9	280,63
+24	0,97230	9,915	1,6546	0,1322	604,3	7,564	531,5	126,94	1702,2	406,59	1170,8	279,65
+25	1,0027	10,225	1,6588	0,1283	602,8	7,795	536,3	128,09	1703,0	406,75	1166,7	278,66
+26	1,0340	10,544	1,6630	0,1245	601,3	8,031	541,1	129,24	1703,6	406,89	1162,5	277,66
+27	1,0650	10,870	1,6672	0,1209	599,8	8,273	545,9	130,39	1704,1	407,03	1158,3	276,65
+28	1,0985	11,201	1,6714	0,1174	598,3	8,521	550,7	131,54	1704,8	407,17	1154,0	275,64
+29	1,1324	11,546	1,6757	0,1140	596,8	8,775	555,5	132,69	1705,3	407,30	1149,8	274,62
+30	1,1665	11,895	1,6800	0,1107	595,2	9,034	560,4	133,84	1705,8	407,43	1145,5	273,59
+32	1,2370	12,617	1,6888	0,1045	592,1	9,573	570,1	136,16	1706,8	407,67	1136,7	271,50
+34	1,3115	13,374	1,6977	0,0986	589,0	10,138	579,8	138,48	1707,7	407,88	1127,9	269,39
+36	1,3891	14,165	1,7069	0,0932	585,9	10,731	589,6	140,82	1708,5	408,06	1118,9	267,24
+38	1,4700	14,990	1,7162	0,0881	582,7	11,353	599,4	143,16	1709,2	408,23	1109,8	265,06
+40	1,5545	15,850	1,7257	0,0833	579,5	12,005	609,3	145,52	1709,8	508,37	1100,5	262,85

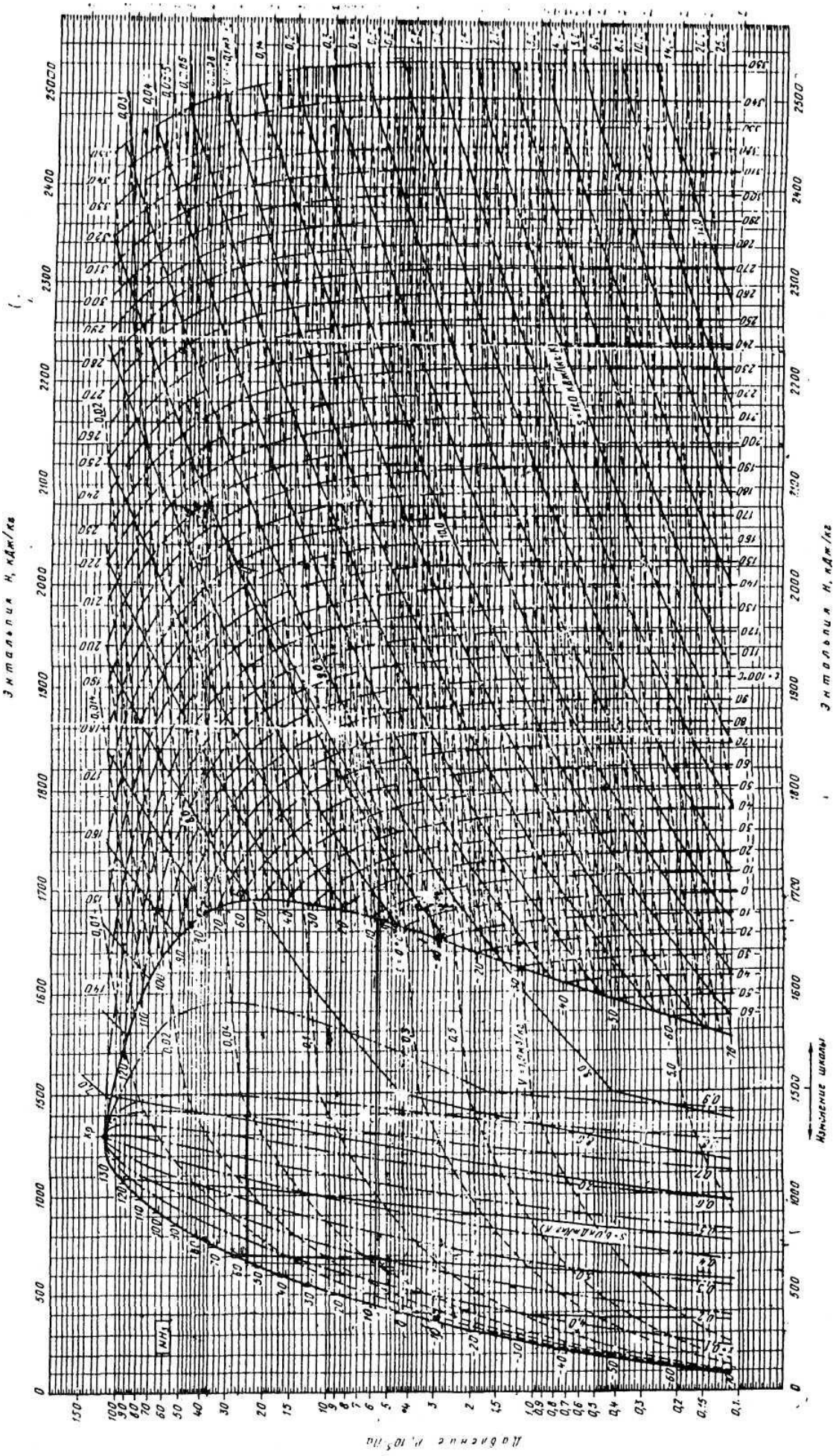
Таблица 2 – Таблица насыщенных паров фреона – 12 (ВНИХИ)

t, °C	Давление абсолютное p, МПа	Удельный объем		Энтальпия		Энтропия	
		жидкости v', л/кг	пара v'', м³/кг	жидкости i', кДж/кг	пара i'', кДж/кг	жидкости s', кДж/(кг·К)	пара s'', кДж/(кг·К)
—50	0,03919	0,6468	0,3834	354,55	528,90	3,8172	4,5985
—48	0,04345	0,6492	0,3484	356,29	529,84	3,8249	4,5958
—46	0,04805	0,6515	0,3172	358,05	530,78	3,8427	4,5931
—44	0,05306	0,6539	0,2893	359,81	531,72	3,8404	4,5906
—42	0,05847	0,6564	0,2644	361,57	532,66	3,8481	4,5882
—40	0,06430	0,6588	0,2421	363,34	533,60	3,8557	4,5859
—38	0,07057	0,6613	0,2220	365,12	534,54	3,8632	4,5837
—36	0,07732	0,6639	0,2039	366,90	535,48	3,8708	4,5816
—34	0,08457	0,6664	0,1876	368,69	536,42	3,8782	4,5795
—32	0,09234	0,6690	0,1729	370,49	537,36	3,8857	4,5777
—30	0,1006	0,6717	0,1595	372,29	538,30	3,8932	4,5759
—28	0,1095	0,6744	0,1474	374,10	539,23	3,9005	4,5741
—26	0,1190	0,6771	0,1365	375,91	540,17	3,9078	4,5725
—24	0,1291	0,6798	0,1265	377,73	541,10	3,9152	4,5709
—22	0,1399	0,6826	0,1174	379,56	542,03	3,9224	4,5693
—20	0,1513	0,6854	0,1091	381,38	542,96	3,9296	4,5679
—18	0,1634	0,6883	0,1015	383,22	543,88	3,9368	4,5665
—16	0,1763	0,6913	0,09451	385,06	544,80	3,9440	4,5652
—14	0,1899	0,6942	0,08813	386,91	545,72	3,9511	4,5639
—12	0,2044	0,6972	0,08228	388,76	546,64	3,9582	4,5628
—10	0,2196	0,7003	0,07689	390,63	547,55	3,9653	4,5616
—8	0,2357	0,7034	0,07194	392,48	548,46	3,9723	4,5605
—6	0,2526	0,7066	0,06738	394,36	549,37	3,9793	4,5595
—4	0,2705	0,7098	0,06316	396,23	550,27	3,9862	4,5585
—2	0,2893	0,7131	0,05926	398,12	551,17	3,9931	4,5576
0	0,3091	0,7164	0,05566	400,00	552,06	4,0000	4,5567
2	0,3298	0,7198	0,05232	401,90	552,95	4,0069	4,5558
4	0,3516	0,7232	0,04923	403,80	553,84	4,0137	4,5550
6	0,3745	0,7268	0,04635	405,70	554,71	4,0205	4,5543
8	0,3984	0,7303	0,04368	407,62	555,59	4,0272	4,5536
10	0,4235	0,7340	0,04119	409,54	556,45	4,0340	4,5528
12	0,4497	0,7377	0,03888	411,46	557,32	4,0407	4,5522
14	0,4772	0,7415	0,03672	413,38	558,17	4,0473	4,5516
16	0,5058	0,7453	0,03470	415,32	559,02	4,0540	4,5510
18	0,5357	0,7493	0,03282	417,27	559,86	4,0606	4,5504
20	0,5669	0,7533	0,03105	419,22	560,69	4,0672	4,5498
22	0,5994	0,7574	0,02940	421,18	561,51	4,0738	4,5493
24	0,6333	0,7616	0,02786	423,14	562,33	4,0803	4,5487
26	0,6686	0,7659	0,02641	425,11	563,13	4,0868	4,5482
28	0,7053	0,7703	0,02504	427,10	563,93	4,0934	4,5478
30	0,7435	0,7748	0,02376	429,08	564,72	4,0998	4,5473
32	0,7832	0,7794	0,02256	431,08	565,49	4,1063	4,5468
34	0,8244	0,7840	0,02143	433,09	566,26	4,1128	4,5463
36	0,8672	0,7889	0,02036	435,10	567,01	4,1192	4,5459
38	0,9116	0,7938	0,01935	437,12	567,75	4,1256	4,5454
40	0,9577	0,7989	0,01840	439,16	568,48	4,1320	4,5450
42	1,005	0,8041	0,01750	441,20	569,19	4,1384	4,5445
44	1,055	0,8094	0,01666	443,25	569,89	4,1448	4,5440
46	1,106	0,8149	0,01585	445,32	570,57	4,1511	4,5436
48	1,159	0,8205	0,01509	447,40	571,24	4,1575	4,5431
50	1,214	0,8264	0,01437	449,49	571,89	4,1638	4,5426
52	1,271	0,8324	0,01369	451,60	572,52	4,1702	4,5421
54	1,330	0,8386	0,01304	453,72	573,13	4,1765	4,5415
56	1,391	0,8450	0,01242	455,86	573,72	4,1829	4,5410
58	1,454	0,8516	0,01184	458,01	574,29	4,1892	4,5404

Таблица 3 – Таблица насыщенных паров фреона – 22 (ВНИХИ)

t, °C	Давление абсолютное p, МПа	Удельный объем		Энтальпия		Энтропия	
		жидкости v', л/кг	пара v'', м³/кг	жидкости i', кДж/кг	пара i'', кДж/кг	жидкости s', кДж/(кг·К)	пара s'', кДж/(кг·К)
—80	0,01034	0,6606	1,782	311,80	568,32	3,6212	4,9493
—78	0,01193	0,6627	1,560	313,82	569,29	3,6316	4,9407
—76	0,01371	0,6649	1,370	315,85	570,26	3,6419	4,9324
—74	0,01570	0,6671	1,207	317,90	571,24	3,6523	4,9244
—72	0,01793	0,6693	1,066	319,95	572,21	3,6625	4,9166
—70	0,02042	0,6715	0,9447	322,01	573,18	3,6727	4,9091
—68	0,02318	0,6738	0,8394	324,08	574,14	3,6828	4,9018
—66	0,02624	0,6761	0,7478	326,15	575,11	3,6929	4,8947
—64	0,02962	0,6784	0,6679	328,24	576,07	3,7029	4,8879
—62	0,03335	0,6808	0,5981	330,34	577,04	3,7129	4,8812
—60	0,03745	0,6832	0,5368	332,44	578,00	3,7228	4,8748
—58	0,04195	0,6856	0,4829	334,56	578,95	3,7327	4,8686
—56	0,04688	0,6881	0,4355	336,68	579,90	3,7424	4,8625
—54	0,05227	0,6906	0,3935	338,82	580,85	3,7522	4,8566
—52	0,05814	0,6932	0,3563	340,96	581,80	3,7620	4,8510
—50	0,06453	0,6958	0,3233	343,13	582,74	3,7717	4,8454
—48	0,07146	0,6984	0,2940	345,28	583,68	3,7813	4,8401
—46	0,07898	0,7011	0,2678	347,48	584,60	3,7910	4,8349
—44	0,08711	0,7038	0,2444	349,66	585,54	3,8005	4,8298
—42	0,09589	0,7066	0,2234	351,85	586,46	3,8100	4,8249
—40	0,1054	0,7094	0,2046	354,00	587,38	3,8191	4,8202
—38	0,1155	0,7123	0,1877	356,27	588,29	3,8289	4,8156
—36	0,1265	0,7152	0,1724	358,49	589,19	3,8382	4,8111
—34	0,1382	0,7182	0,1587	360,73	590,09	3,8476	4,8067
—32	0,1508	0,7212	0,1462	362,97	590,99	3,8569	4,8024
—30	0,1642	0,7242	0,1350	365,23	591,88	3,8662	4,7983
—28	0,1786	0,7273	0,1248	367,48	592,76	3,8754	4,7943
—26	0,1938	0,7305	0,1155	369,74	593,63	3,8845	4,7904
—24	0,2101	0,7337	0,1070	372,02	594,49	3,8937	4,7866
—22	0,2275	0,7370	0,09932	374,30	595,35	3,9027	4,7829
—20	0,2459	0,7404	0,09228	376,60	596,20	3,9118	4,7792
—18	0,2654	0,7438	0,08584	378,91	597,04	3,9208	4,7757
—16	0,2861	0,7473	0,07994	381,22	597,87	3,9298	4,7723
—14	0,3080	0,7508	0,07453	383,54	598,70	3,9387	4,7689
—12	0,3311	0,7544	0,06956	385,87	599,51	3,9476	4,7657
—10	0,3555	0,7581	0,06500	388,19	600,32	3,9564	4,7625
—8	0,3813	0,7618	0,06079	390,54	601,11	3,9652	4,7593
—6	0,4085	0,7657	0,05691	392,90	601,89	3,9740	4,7563
—4	0,4370	0,7696	0,05332	395,26	602,67	3,9827	4,7533
—2	0,4671	0,7736	0,05001	397,63	603,43	3,9914	4,7504
0	0,4987	0,7776	0,04694	400,00	604,18	4,0000	4,7475
2	0,5319	0,7818	0,04410	402,38	604,92	4,0086	4,7447
4	0,5667	0,7861	0,04147	404,77	605,64	4,0172	4,7419
6	0,6032	0,7904	0,03902	407,17	606,35	4,0257	4,7392
8	0,6414	0,7949	0,03674	409,58	607,05	4,0342	4,7366
10	0,6814	0,7994	0,03462	412,00	607,74	4,0426	4,7339
12	0,7232	0,8041	0,03264	414,43	608,40	4,0510	4,7313
14	0,7668	0,8088	0,03080	416,86	609,06	4,0594	4,7288
16	0,8124	0,8137	0,02908	419,31	609,69	4,0678	4,7262
18	0,8600	0,8188	0,02747	421,76	610,31	4,0761	4,7237
20	0,9097	0,8239	0,02596	424,23	610,92	4,0844	4,7212
22	0,9614	0,8292	0,02455	426,70	611,50	4,0927	4,7188
24	1,015	0,8346	0,02323	429,18	612,06	4,1009	4,7164
26	1,071	0,8402	0,02199	431,69	612,60	4,1092	4,7139
28	1,130	0,8459	0,02083	434,18	613,13	4,1173	4,7115
30	1,190	0,8518	0,01973	436,72	613,62	4,1255	4,7017
32	1,253	0,8579	0,01870	439,25	614,10	4,1337	4,7067
34	1,319	0,8641	0,01773	441,80	614,55	4,1418	4,7042
36	1,387	0,8706	0,01681	444,36	614,97	4,1499	4,7018
38	1,457	0,8772	0,01595	446,95	615,37	4,1581	4,6994
40	1,530	0,8841	0,01513	449,55	615,73	4,1662	4,6969
42	1,606	0,8912	0,01436	452,17	616,07	4,1743	4,6944
44	1,685	0,8986	0,01363	454,81	616,36	4,1825	4,6918
46	1,766	0,9062	0,01294	457,47	616,63	4,1906	4,6893
48	1,851	0,9142	0,01228	460,16	616,86	4,1987	4,6867
50	1,938	0,9224	0,01166	462,87	617,04	4,2069	4,6840


i — lg p-диаграмма для R22
i-lgp-диаграмма для R22
Давление p, МПа
Энтальпия i, кДж/кг


Энтальпия H, кДж/кг
Энтальпия H, кДж/кг
Давление p, 10⁵ Па
Изменение шкалы

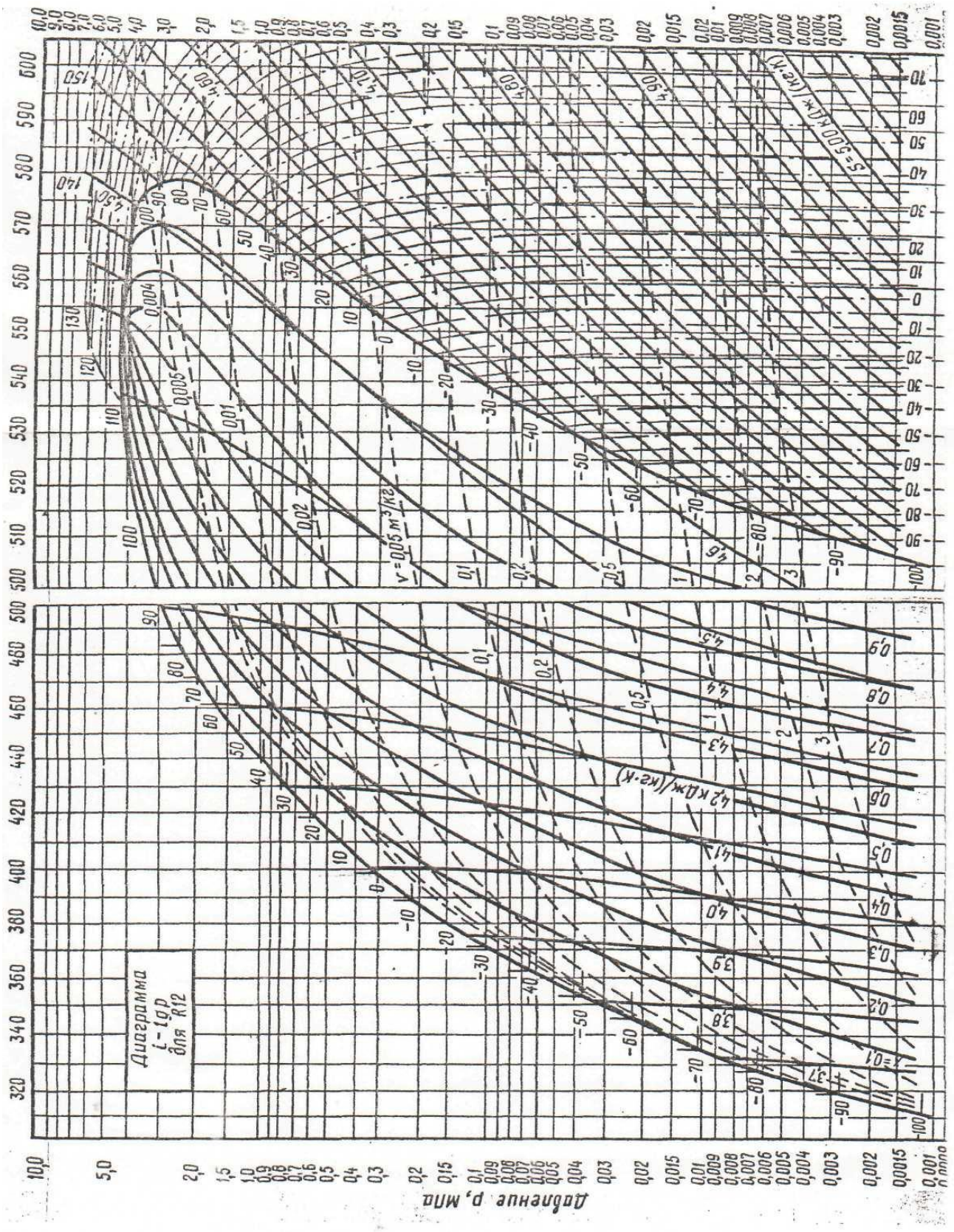


Диаграмма
i - lg p
для R12
Давление p, мПа
Энтальпия i, кДж/кг
v = 0,05 м³/кг
4,2 кДж/(кг·К)
c = 0,5 кДж/(кг·К)

Таблица 1 – Объемная холодопроизводительность 1м^3 паров фреона q_v , кДж/м^3

Температура кипения $t_к$, °С	Температура перед регулирующим вентилем $t_п$, °С							
	0	5	10	15	20	25	30	35
Фреон-12								
—80	870,2	841,4	811,7	781,5	751,4	720,8	689,4	658,1
—27,5	966,5	933,4	902,9	869,8	836,3	802,4	768,1	732,9
—25	1073,2	1038,1	1002,1	965,7	928,8	892,1	854,3	816,2
—22,5	1188,8	1150,3	1109,7	1069,9	1029,3	988,7	947,2	906,2
—20	1312,7	1270,1	1226,9	1183,1	1139,1	1094,2	1049,1	1003,3
—17,5	1449,1	1402,7	1354,5	1306,8	1258,3	1209,3	1159,9	1110,5
—15	1593,6	1542,9	1491,8	1439,5	1386,4	1333,2	1279,2	1223,9
—12,5	1752,2	1697	1638,4	1582,3	1524,9	1466,7	1409	1349,5
—10	1922,6	1862,3	1800,8	1738,4	1676,1	1613,2	1548,4	1483,5
—7,5	2103,8	2039	1971,6	1905,4	1835,9	1767,3	1697,4	1627,9
—5	—	2226,1	2155,7	2082,5	2008,8	1934,3	1858,5	1781,1
—2,5	—	2433,7	2353,7	2274,2	2269,6	2113,9	2031,8	1905,4
0	—	2648	2565,1	2479,7	2393,1	2306	2216,1	2226,9
2,5	—	2882,4	2792	2699,5	2606,2	2512	2416,5	2319,4
5	—	3136,9	3036,9	2936,8	2836,4	2734,7	2631,3	2528,7
7,5	—	—	3294,3	3186,8	3078,3	2969,1	2858,2	2751
10	—	—	3566,4	3451,3	3334,5	3217,3	3097,6	2980
Фреон-22								
—30	1435,7	1385,5	1339,5	1293,4	1243,2	1193	1142,7	1088,3
—25	1749,7	1695,3	1636,7	1578,1	1519,5	1456,7	1398,1	1335,3
—20	2134,8	2067,8	1996,7	1929,7	1858,5	1783,2	1707,8	1632,5
—15	2574,3	2494,8	2415,3	2327,4	2243,6	2155,7	2067,8	1979,9
—10	3101,8	3005,5	2909,2	2808,8	2708,3	2599,5	2494,8	2890,2
—5	3696,2	3583,2	3470,1	3352,9	3235,7	3106	2984,6	2859,0
0	4391,1	4261,3	4127,3	3989,2	3846,9	3700,4	3553,9	3407,4
5	—	5027,3	4872,5	4709,2	4545,9	4374,3	4202,7	4031,1
10	—	—	5730,6	5542,2	5349,7	5148,7	4952	4751,1
15	—	—	—	6492,4	6274,8	6036,2	5810,1	5575,7

Таблица 2 – Объемная холодопроизводительность 1м^3 аммиака q_v , кДж/м^3 (ккал/м^3)

Температура кипения $t_к$ в °С	q_v при температуре перед регулирующим вентилем $t_п$ в °С													
	—30		—25		—20		—15	—10		—5		0		+5
—60	277,8	(66,5)	273,8	(65,4)	268,8	(64,2)	264,2	(63,1)	259,2	(61,9)	254,5	(60,8)	249,5	(59,6)	244,5
—55	377,6	(90,2)	368,7	(88,6)	364,7	(87,1)	358,0	(85,5)	351,7	(84,0)	345,0	(82,4)	338,3	(80,8)	331,6
—50	505,3	(120,7)	497,0	(118,7)	488,2	(116,6)	479,8	(114,6)	471,0	(112,5)	462,2	(110,4)	453,4	(108,3)	444,6
—45	665,3	(158,9)	654,8	(156,4)	643,9	(153,8)	632,6	(151,1)	621,3	(148,4)	610,0	(145,7)	598,3	(142,9)	586,6
—40	866,2	(206,9)	851,6	(203,4)	837,4	(200,0)	822,7	(196,5)	807,6	(192,9)	793,0	(189,4)	778,3	(185,9)	763,2
—37,5	982,2	(234,6)	965,4	(230,7)	949,6	(226,8)	932,8	(222,8)	916,1	(218,8)	899,3	(214,8)	882,6	(210,8)	865,8
—35	1111,0	(265,5)	1093,0	(261,1)	1075,0	(256,7)	1056,0	(252,2)	1037,0	(247,7)	1018,0	(243,2)	999,3	(238,7)	980,1
—32,5	1254,0	(299,4)	1233,0	(294,4)	1212,0	(289,4)	1191,0	(284,4)	1170,0	(279,4)	1148,0	(274,3)	1127,0	(269,2)	1106,0
—30	1411,0	(337,0)	1387,0	(331,4)	1364,0	(325,8)	1344,0	(320,2)	1317,0	(314,5)	1293,0	(308,8)	1269,0	(303,1)	1245,0
—27,5	—	—	1557,0	(371,8)	1530,0	(365,5)	1504,0	(359,2)	1478,0	(352,9)	1451,0	(346,5)	1424,0	(340,1)	1397,0
—25	—	—	1743,0	(416,2)	1713,0	(409,2)	1683,0	(402,1)	1654,0	(395,1)	1624,0	(388,0)	1595,0	(380,9)	1494,0
—22,5	—	—	—	—	1912,0	(456,7)	1879,0	(448,9)	1846,0	(441,0)	1813,0	(433,1)	1780,0	(425,2)	1747,0
—20	—	—	—	—	2130,0	(508,8)	2094,0	(500,1)	2057,0	(491,4)	2021,0	(482,6)	1984,0	(473,8)	1946,0
—17,5	—	—	—	—	—	—	2327,0	(555,7)	2286,0	(546,0)	2246,0	(536,3)	2204,0	(526,5)	2163,0
—15	—	—	—	—	—	—	2580,0	(616,3)	2536,0	(605,6)	2491,0	(594,9)	2446,0	(584,1)	2400,0
—12,5	—	—	—	—	—	—	—	—	2805,0	(670,0)	2755,0	(658,1)	2705,0	(646,2)	2656,0
—10	—	—	—	—	—	—	—	—	3099,0	(740,1)	3044,0	(727,0)	2989,0	(713,8)	2933,0
—7,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3354,0	(801,0)	3293,0	(786,6)	3232,0
—5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3689,0	(881,1)	3622,0	(865,2)	3474,0
—2,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3965,0	(947,1)	3895,0
0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4358,0	(1040,8)	4278,0

Температура кипения $t_к$ в °С	q_v при температуре перед регулирующим вентилем $t_п$ в °С													
	+5	+10		+15		+20		+25	+30		+35		+40	
—60	(58,4)	239,5	(57,2)	234,5	(56,0)	229,4	(54,8)	224,4	(53,6)	219,4	(52,4)	213,9	(51,1)	208,9	(49,9)
—55	(79,2)	324,9	(77,6)	318,2	(76,0)	311,5	(74,4)	304,8	(72,8)	297,7	(71,1)	291,0	(69,5)	283,9	(67,8)
—50	(106,2)	435,8	(104,1)	426,6	(101,9)	417,0	(99,8)	408,6	(97,6)	399,4	(95,4)	390,2	(93,2)	381,0	(91,0)
—45	(140,1)	574,8	(137,3)	562,7	(134,4)	550,6	(131,5)	538,4	(128,6)	526,3	(125,7)	514,1	(122,8)	502,0	(119,9)
—40	(182,3)	748,2	(178,7)	733,1	(175,1)	717,6	(171,4)	702,1	(167,7)	686,6	(164,0)	671,1	(160,3)	655,2	(156,5)
—37,5	(206,8)	849,1	(202,8)	832,3	(198,8)	814,8	(194,6)	797,2	(190,4)	779,6	(186,2)	762,0	(182,0)	744,0	(177,7)
—35	(234,1)	960,9	(229,5)	941,6	(224,9)	922,3	(220,3)	902,7	(215,6)	882,6	(210,8)	862,9	(206,1)	842,4	(201,2)
—32,5	(264,1)	1084,0	(259,0)	1063,0	(253,8)	1090,0	(248,6)	1019,0	(243,4)	996,9	(238,1)	974,3	(232,7)	951,2	(227,2)
—30	(297,4)	1221,0	(291,6)	1197,0	(285,8)	1172,0	(279,9)	1147,0	(274,0)	1122,0	(268,0)	1097,0	(262,0)	1071,0	(255,9)
—27,5	(333,7)	1370,0	(327,3)	1343,0	(320,8)	1315,0	(314,2)	1288,0	(307,6)	1259,0	(300,9)	1232,0	(294,2)	1203,0	(287,4)
—25	(373,7)	1492,0	(366,4)	1504,0	(359,2)	1473,0	(351,8)	1442,0	(344,4)	1411,0	(337,0)	1379,0	(329,4)	1347,0	(321,8)
—22,5	(417,2)	1713,0	(409,2)	1680,0	(401,2)	1645,0	(393,0)	1611,0	(384,7)	1576,0	(376,4)	1541,0	(368,1)	1506,0	(359,7)
—20	(464,9)	1909,0	(456,0)	1872,0	(447,0)	1833,0	(437,9)	1795,0	(428,8)	1756,0	(419,5)	1717,0	(410,2)	1678,0	(400,8)
—17,5	(516,7)	2122,0	(506,9)	2080,0	(496,9)	2039,0	(486,9)	1996,0	(476,8)	1953,0	(466,5)	1910,0	(456,2)	1866,0	(445,8)
—15	(573,2)	2353,0	(562,1)	2308,0	(551,2)	2261,0	(540,1)	2214,0	(528,9)	2167,0	(517,6)	2119,0	(506,1)	2071,0	(494,6)
—12,5	(634,3)	2605,0	(622,3)	2554,0	(610,1)	2503,0	(597,8)	2451,0	(585,5)	2455,0	(573,0)	2345,0	(560,0)	2293,0	(547,7)
—10	(700,6)	2878,0	(687,3)	2821,0	(673,9)	2765,0	(660,3)	2708,0	(646,7)	2650,0	(633,0)	2592,0	(619,0)	2533,0	(605,0)
—7,5	(772,0)	3171,0	(757,4)	3109,0	(742,6)	3047,0	(727,8)	2984,0	(712,8)	2922,0	(697,8)	2857,0	(682,5)	2793,0	(667,0)
—5	(849,2)	3488,0	(833,2)	3421,0	(817,0)	3352,0	(800,7)	3283,0	(784,2)	3214,0	(767,7)	3144,0	(751,0)	3073,0	(734,0)
—2,5	(930,3)	3823,0	(913,2)	3752,0	(896,2)	3679,0	(878,8)	3605,0	(861,0)	3530,0	(843,0)	3453,0	(824,7)	3375,0	(806,1)
0	(1021,7)	4197,0	(1002,5)	4117,0	(983,1)	4034,0	(963,5)	3952,0	(943,8)	3869,0	(924,0)	3784,0	(903,9)	3700,0	(883,7)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по организации и проведению самостоятельной работы
по дисциплине: «Холодильная технология» для студентов
направления подготовки 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания
направленность (профиль) Технология и организация ресторанного дела

Пятигорск, 2024 г.

Содержание

Введение 2

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Холодильная технология» 6

2. План-график выполнения самостоятельной работы 7

3. Контрольные точки и виды отчетности по ним 7

4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала 8

5. Методические указания (по видам работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины) 13

6. Методические указания по подготовке к экзамену 13

7. Список рекомендуемой литературы 14

Введение

Дисциплина «Холодильная технология» является важной для подготовки современного специалиста. Выполнение индивидуальных и творческих работ по данной дисциплине тесно связано с аудиторной работой.

Цель дисциплины «Холодильная технология» - приобретение теоретических знаний, практических умений и навыков в области создания специальных условий для обработки и сохранения пищевых продуктов посредством искусственного холода.

Задачи холодильной технологии можно свести к трем основным положениям.

4. Широкое исследование состава, структуры и свойств пищевых продуктов, изучение процессов, протекающих в продуктах, эффективное регулирование этих процессов в желательном направлении посредством изменения температуры и других факторов.

5. Разработка рациональных способов внешнего воздействия при холодильной обработке и хранении продуктов, а также наиболее благоприятных режимов осуществления таких процессов в соответствии с важнейшими особенностями каждого вида продуктов и свойственными ему изменениями при хранении.

6. Создание технических средств для реализации разработанных способов; анализ и оценка пригодности таких средств для осуществления заданных процессов.

Важное значение самостоятельной работы студентов при изучении курса обусловлено наличием большого количества проблемных и дискуссионных вопросов, требующих творческого подхода, широкого использования специальной литературы и ее глубокого осмысления.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
ПК-5 способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции	ИД-1$_{ПК-5}$ Осуществляет контроль качества, безопасности сырья и готовой продукции с использованием нормативной документации, основных и прикладных методов исследований ИД-2$_{ПК-5}$ Организовывает технологический процесс производства продуктов питания массового изготовления и специализированных пищевых продуктов с применением современного технологического оборудования, традиционных и новых видов сырья ИД-3$_{ПК-5}$ Выявляет объекты для улучшения технологии пищевых производств с учетом прогрессивных методов эксплуатации оборудования, принципов управления качеством, безопасностью и прослеживаемостью производства, основ физиологии пищеварения и обмена веществ, современных концепций питания	Справляется с решением практических задач по подбору режимов холодильной обработки сырья, полуфабрикатов и готовой продукции; разбирается в процессах холодильной технологии, используемых для увеличения сроков сохранения качества и питательной ценности пищевых продуктов. Учитывает навыки практической деятельности в области создания специальных условий для обработки и сохранения пищевых продуктов посредством искусственного холода
ПК-6 Способен проводить проектные расчеты, обосновывать и осуществлять технологические компоновки, подбор оборудования для производственных технологических линий, основных и вспомогательных помещений, в том числе с использованием информационных технологий	ИД-1$_{ПК-6}$ Выполняет технологические расчеты, компоновку, подбор и управление линиями оборудования, планировку предприятий с использованием нормативной документации и компьютерной техники ИД-2$_{ПК-6}$ Применяет способы и средства получения, хранения, переработки информации для подбора оборудования, технико-экономических расчетов, проектирования основных и вспомогательных помещений предприятия питания	Определяет основные свойства пищевых продуктов при холодильной обработке и хранении; работает с простейшими аппаратами, приборами и схемами, которые используются в физических и технологических лабораториях. Учитывает современные методы решения конкретных задач из различных областей физики и теплотехники для решения задач, умеет делать простейшие оценки и расчеты для анализа физических явлений в используемой аппаратуре и технологических процессах

Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

№	Раздел (тема) дисциплины и краткое содержание	Формируемые компетенции, индикаторы	очная форма				заочная форма			
			Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов			Самостоятельная работа, часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем /из них в форме практической подготовки, часов			Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Раздел 1. Основы теории холодильной обработки и хранения									
1	**Общие сведения и основные методы консервирования пищевых продуктов.** Возникновение отдельной отрасли пищевой технологии - холодильная технология пищевых продуктов. Способы консервирования.	ИД-1$_{ПК-5}$ ИД-2$_{ПК-5}$ ИД-3$_{ПК-5}$ ИД-1$_{ПК-6}$ ИД-2$_{ПК-6}$	2			9				10
2	**Консервирование пищевых продуктов холодом.** Теоретические основы консервирования холодом. Влияние холода на микроорганизмы, бактерии, ферменты.	ИД-1$_{ПК-5}$ ИД-2$_{ПК-5}$ ИД-3$_{ПК-5}$ ИД-1$_{ПК-6}$ ИД-2$_{ПК-6}$	2	2		9		2		10
3	**Вспомогательные средства, применяемые при холодильном хранении пищевых продуктов. Тара и упаковочные материалы.** Ультрафиолетовые лучи. Ионизирующее облучение. Углекислота. Озон. Антибиотики. Антиокислители. Применение перспективных упаковочных средств на основе полимерных материалов.	ИД-1$_{ПК-5}$ ИД-2$_{ПК-5}$ ИД-3$_{ПК-5}$ ИД-1$_{ПК-6}$ ИД-2$_{ПК-6}$	2			9				10
	Раздел 2. Охлаждение пищевых продуктов									

4	**Теоретические основы процесса охлаждения Физические и биохимические изменения в пищевых продуктах при охлаждении.** Изменения в мышечной ткани при охлаждении, загар мяса, гликолиз в мясе и рыбе. Изменения в процессе охлаждения молока, сливочного масла, яйцах. Охлаждение скоропортящихся продуктов, дыхание плодов и овощей. Охлаждающие среды.	ИД-1$_{ПК-5}$ ИД-2$_{ПК-5}$ ИД-3$_{ПК-5}$ ИД-1$_{ПК-6}$ ИД-2$_{ПК-6}$	2	6		9	2	2		10
5	**Охлаждение продуктов животного происхождения.** Охлаждение мяса и субпродуктов. Охлаждение битой птицы. Охлаждение рыбы. Охлаждение молока, молочных продуктов, яиц.	ИД-1$_{ПК-5}$ ИД-2$_{ПК-5}$ ИД-3$_{ПК-5}$ ИД-1$_{ПК-6}$ ИД-2$_{ПК-6}$	2			9				10
6	**Охлаждение продуктов растительного происхождения.** Предварительное охлаждение. Способы охлаждения – водой, снегом, вакуумное охлаждение.	ИД-1$_{ПК-5}$ ИД-2$_{ПК-5}$ ИД-3$_{ПК-5}$ ИД-1$_{ПК-6}$ ИД-2$_{ПК-6}$	2			9				10
	Раздел 3. Замораживание пищевых продуктов									
7	**Основные вопросы теории замораживания пищевых продуктов.** Сущность процесса замораживания. Образование льда в продуктах. Изменение теплофизических свойств продуктов при замораживании. Температурные графики замораживания. Средняя конечная температура замораживания. Расход холода на замораживание. Продолжительность замораживания. Скорость замораживания. Кристаллообразование при замораживании продуктов.	ИД-1$_{ПК-5}$ ИД-2$_{ПК-5}$ ИД-3$_{ПК-5}$ ИД-1$_{ПК-6}$ ИД-2$_{ПК-6}$	2	6		6	2			10
8	**Замораживание продуктов животного происхождения. Хранение и размораживание**. Замораживание и хранение мяса и мясопродуктов. Замораживание и хранение битой птицы. Замораживание и хранение рыбы. Замораживание и хранение молочных продуктов.	ИД-1$_{ПК-5}$ ИД-2$_{ПК-5}$ ИД-3$_{ПК-5}$ ИД-1$_{ПК-6}$ ИД-2$_{ПК-6}$	2	2		6				15
9	**Замораживание продуктов растительного происхождения. Хранение и размораживание**. Замораживание и хранение плодовощного сырья. Способы и технология размораживания пищевых продуктов. Размораживание и разогревание готовых блюд и кулинарных изделий.	ИД-1$_{ПК-5}$ ИД-2$_{ПК-5}$ ИД-3$_{ПК-5}$ ИД-1$_{ПК-6}$ ИД-2$_{ПК-6}$	2	2		6				15
	ИТОГО за 6 семестр		**18**	**18**		**72**	**4**	**4**		**100**
	ИТОГО		**18**	**18**		**72**	**4**	**4**		**100**

1. Общая характеристика самостоятельной работы студента при изучении дисциплины «Холодильная технология»

Дисциплина «Холодильная технология» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений, по направлению 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, направленности (профиля) Технология и организация ресторанного дела. Ее освоение происходит в 6 семестре.

Самостоятельная работа – это работа студентов по усвоению обязательной и свободно получаемой информации по самообразованию. Такая форма обучения приобретает в настоящее время актуальность и значимость. Её функцией является обеспечение хорошего качества усвоения знаний, умений, навыков студентами по изучаемой дисциплине. В качестве форм и методов внеаудиторной работы студентов является самостоятельная работа в библиотеке, конспектирование, работа со специальными словарями и справочниками, расширение понятийно-терминологического аппарата, написание рефератов, докладов, сообщений, выполнение контрольных, курсовых и дипломных работ.

Текущая аттестация студентов проводится преподавателем, ведущим практические занятия по дисциплине, в следующих формах: отчет (письменный), собеседование.

Целью подготовки к практическим занятиям является письменный отчет в виде рабочей тетради по практическим работам. Задачами при подготовке к практическим занятиям – оформление результатов опытов практической работы дисциплины.

Целью подготовки к самостоятельному изучению литературы по темам №1-9 дисциплины является собеседование с преподавателем по темам теоретического материала. Задачами при подготовке к самостоятельному изучению литературы по темам №1-9 дисциплины – конспектирование студентом тем дисциплины.

Научно-теоретический уровень содержания. В работе необходимо обоснованно изложить тему, представить собственную позицию по проблеме.

Теоретические положения должны быть показаны как обобщение, вывод к фактическому материалу, а фактический материал – как иллюстрация, конкретизация теоретических положений.

Связь теории с практикой. В работе должна быть раскрыта практическая значимость обоснованных теоретических положений, проявлено умение автора увязать их с жизнью, в том числе и со своим направлением подготовки.

Самостоятельность и творчество в решении и изложении рассматриваемых вопросов. Работа не может быть результатом переписывания с одного источника, она должна быть итогом изучения обширного материала, содержать мысли и рекомендации автора.

Подбор и изучение литературы. При подборе литературы следует ориентироваться на источники, изданные в последние годы. Если в литературе отсутствует единая точка зрения по тому или иному вопросу, студенту необходимо изложить взгляды авторов и сделать попытку их критической оценки, выска-

зать свое личное мнение по данному вопросу. В заключении излагаются основные выводы по данному вопросу.

Необходимо составить план, включающий 2-3 вопроса. Тема излагается в соответствии с планом, делаются выводы. Завершает работу список литературы. Необходимо добиваться внутренней связи рассматриваемых вопросов, а также последовательности в изложении каждого вопроса.

Цитаты из работ заключаются в кавычки, пропуски слов в них отмечаются многоточием, при этом надо следить, чтобы сокращения не искажали смысл цитаты. При использования цитат и цифр необходимо делать ссылку.

В конце работы приводится перечень фактически использованной литературы. Источников должно быть не менее 5. В список используемой литературы включаются лишь те источники, которые действительно использовались. Список составляется в алфавитном порядке.

Для правильного оформления библиографического списка использованной литературы необходимо свериться с приведенным списком в данной методической рекомендации.

2. План-график выполнения самостоятельной работы

Технологическая карта самостоятельной работы обучающегося

Коды реализуемых компетенций, индикатора(ов)	Вид деятельности студентов	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
			СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
6 семестр					
ПК-5, ПК-6	Подготовка к практическим занятиям	отчет (письменный)	2,43	0,27	2,7
ПК-5, ПК-6	Самостоятельное изучение литературы по темам 1-9	собеседование	46,17	5,13	51,3
Итого за 6 семестр			48,6	5,4	54
Итого					54

3. Контрольные точки и виды отчетности по ним

В рамках рейтинговой системы успеваемость обучающихся по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль

Рейтинговая оценка знаний студента*

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки выполнения	Количество баллов
1.	Практическая работа № 1-2	6	15
2.	Практическая работа № 3-4	10	15
3.	Практическая работа № 5-7	16	25
	Итого за 6 семестр		**55**

	Итого		**55**

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Промежуточная аттестация

Процедура зачета с оценкой как отдельное контрольное мероприятие не проводится, оценивание знаний обучающегося происходит по результатам текущего контроля.

Зачет выставляется по результатам работы в семестре, при сдаче всех контрольных точек, предусмотренных текущим контролем успеваемости. Если по итогам семестра обучающийся имеет от 33 до 60 баллов, ему ставится отметка «зачтено». Обучающемуся, имеющему по итогам семестра менее 33 баллов, ставится отметка «не зачтено».

Количество баллов за зачет ($S_{зач}$) при различных рейтинговых баллах по дисциплине по результатам работы в семестре

Рейтинговый балл по дисциплине по результатам работы в семестре ($R_{сем}$)	**Количество баллов за зачет ($S_{зач}$)**
$\mathbf{50 \le R_{сем} \le 60}$	**40**
$\mathbf{39 \le R_{сем} < 50}$	**35**
$\mathbf{33 \le R_{сем} < 39}$	**27**
$\mathbf{R_{сем} < 33}$	**0**

При дифференцированном зачете используется шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине в оценку по 5-балльной системе

Шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине в оценку по 5-балльной системе

Рейтинговый балл по дисциплине	***Оценка по 5-балльной системе***
88 – 100	*Отлично*
72 – 87	*Хорошо*
53 – 71	*Удовлетворительно*
< 53	*Неудовлетворительно*

Для студентов заочной формы обучения рейтинговая оценка не предусмотрена.

4. Методические рекомендации по изучению теоретического материала

Приступая к работе, каждый студент должен принимать во внимание следующие положения.

Дисциплина (модуль) построена по тематическому принципу, каждая тема представляет собой логически завершенный раздел.

Лекционный материал посвящен рассмотрению ключевых, базовых положений курсов и разъяснению учебных заданий, выносимых на самостоятельную работу студентов.

Практические работы направлены на приобретение опыта практической работы в соответствующей предметной области.

Самостоятельная работа студентов направлена на самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовку к и лабораторным занятиям, а также выполнения всех видов самостоятельной работы.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить все виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации.

Вопросы для собеседования

1. Микроорганизмы, вызывающие порчу пищевых продуктов.
2. Изменения, происходящие в продуктах животного происхождения при охлаждении.
3. Физические основы получения искусственного холода.
4. Содержание кислорода и углекислого газа в плодах и овощах.
5. Факторы, влияющие на активность ферментов.
6. Первый закон термодинамики.
7. Охлаждение мяса.
8. Влагообмен ягод, плодов и овощей в процессе охлаждения и хранения.
9. Второй закон термодинамики.
10. Охлаждение продуктов растительного происхождения.
11. Методы охлаждения птицы.
12. Общие выводы, характеризующие изменение энтропии.
13. Влияние кислорода на интенсивность дыхания плодов и овощей.
14. Факторы, влияющие на активность ферментов.
15. Основные процессы идеального газа.
16. Пути снижения усушки мяса при охлаждении.
17. Влияние углекислого газа на дыхание плодов и овощей.
18. Обратный обратимый цикл Карно.
19. Влияние ингибиторов на активность ферментов.
20. Охлаждение варенных колбасных изделий.

21. Цикл парокомпрессионной холодильной установки с влажным паром.
22. Влияние относительной влажности на интенсивность влияния плодов и овощей.
23. Автолитические изменения.
24. Цикл дросселирования холодильных агентов.
25. Охлаждение мяса.
26. Влагообмен ягод, плодов и овощей в процессе охлаждения и хранения.
27. Процесс дросселирования холодильных агентов.
28. Теплофизические свойства пищевых продуктов.
29. Структура растительной клетки.
30. Цикл парокомпрессионной холодильной установки с сухим насыщенным или перегретым паром.
31. Быстрое и медленное замораживание.
32. Продолжительность процесса охлаждения.
33. Влияние свойств рабочего тела на эффективность работы холодильной установки.
34. Структура тканей строения плодов и овощей.
35. Быстрозамороженные пищевые продукты.
36. Холодильные агенты.
37. Отвод тепла при охлаждении.
38. Интенсивность дыхания плодов и овощей.
39. Влияние температур кипения и конденсации холодильного агента на эффективность работы цикла.
40. Технологическая схема сублимирования мяса.
41. Охлаждение продуктов.
42. Цикл с переохлаждением холодного агента.
43. Загар мяса.
44. Размораживание в воздухе.
45. Цикл с регенерацией.
46. Влияние низких температур на состояние ферментов.
47. Аналитические изменения в мясе, рыбе происходящие при охлаждении.
48. Расчет цикла одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машин.
49. Хранение охлажденных яблок в обычной атмосфере.
50. Определение продолжительности охлаждения пищевых продуктов при условии принятия нестационарного процесса за стационарный.
51. Двухступенчатый цикл парокомпрессионной холодильной установки.
52. Охлаждение молока.

53. Размораживание продуктов.
54. Трехступенчатое сжатие и трехступенчатое дросселирование холодильного агента.
55. Охлаждение и хранение яиц.
56. Консервирование посолом.
57. Газовая холодильная установка.
58. Размораживание в жидкостях.
59. Регулярный режим охлаждения. Закон Кондратьева.
60. Кондиционирование воздуха.
61. Время замораживания пищевых продуктов.
62. Теплопроводимость.
63. Испарители холодильных установок.
64. Консервирование специями.
65. Определение продолжительности охлаждения пищевых продуктов.
66. Конденсаторы.
67. Размораживание мяса при пониженных давлениях в паро-воздушной среде.
68. Эффективность предварительного охлаждения плодово-овощной продукции.
69. Тепловой расчет конденсатора.
70. Структура растительной клетки.
71. Сублимационная сушка.
72. Типы компрессоров холодильных машин.
73. Температуропроводность. Плотность
74. Охлаждение варенных колбасных изделий.
75. Вспомогательные теплообменные аппараты и оборудование.
76. Вода и ее состояние.
77. Хранение плодов и ягод в модифицированной газовой среде.
78. Воздушные системы охлаждения холодильных камер.
79. Интенсивность тепловыделения при дыхании плодов и овощей.
80. Охлаждение сливочного масла.
81. Регулирование перегрева пара.
82. Теория скользящих нитей.
83. Отвод тепла при охлаждении.
84. Автоматизация холодильных установок.
85. Использование газообразного азота для хранения охлажденной рыбы.
86. Охлаждение рыбы.
87. Холодильные камеры и шкафы.

88. Консервирование сахарозой.
89. Размораживание в жидкостях.
90. Холодильные витрины и прилавки.

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если у студента глубокие знания, умения в области основных методов консервирования пищевых продуктов холодом и владеет навыками в области создания специальных условий для обработки и сохранения пищевых продуктов посредством искусственного холода.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он обладает достаточными знаниями, умениями в области основных методов консервирования пищевых продуктов холодом и владеет достаточными навыками в области создания специальных условий для обработки и сохранения пищевых продуктов посредством искусственного холода

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он знает основной материал, но допускает неточности, испытывает трудности при раскрытии знаний и умений в области основных методов консервирования пищевых продуктов холодом и не достаточно владеет навыками в области создания специальных условий для обработки и сохранения пищевых продуктов посредством искусственного холода.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части материала: в области основных методов консервирования пищевых продуктов холодом и не владеет навыками в области создания специальных условий для обработки и сохранения пищевых продуктов посредством искусственного холода.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если при собеседовании студент раскрывает вопросы по темам дисциплины, не допускает грубых ошибок при изложении материала; хорошо ориентируется: в терминах. Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если при собеседовании студент допускает грубые ошибки при изложении материала.

Описание шкалы оценивания

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным 55. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

Уровень выполнения контрольного задания	Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)
Отличный	100
Хороший	80
Удовлетворительный	60
Неудовлетворительный	0

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя вопросы для собеседования, которые позволяют оценить ответы студентов по темам дисциплины «Холодильная технология».

Предлагаемые студенту вопросы для собеседования позволяют проверить компетенции: ПК-5, ПК-6.

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо 5 минут, в течение данного времени будет проводиться беседа со студентом в диалоговом режиме.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования нормативными документами, сборниками рецептур.

6. Методические указания по подготовке к экзамену

Для дисциплины «Холодильная технология» предусмотрен зачет с оценкой.

7. Рекомендуемая литература и интернет - ресурсы:

Основная литература:

1. А.Н. Бараненко и др. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. I. Теплофизические основы. – СПб.: ГИОРД,

2008. – 224 с.
2. Холодильная техника и технология продуктов питания: учебник / С.А. Большаков. - М.: Академия, 2003. - 304 с.: ил. - (Высшее образование). - На учебнике гриф: Рек.УМО. - Прил.: с. 277-299.

Дополнительная литература:

1. Воробьева, Н.Н. Холодильная техника и технология. Часть1 : учебное пособие / Н.Н. Воробьева. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – 164 с.
2. Воробьева, Н.Н. Холодильная техника и технология : учебное пособие / Н.Н. Воробьева. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – Ч. 2. – 104 с.
3. В.Е. Куцакова и др. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. III. Биохимические и физико-химические основы. – СПб.: ГИОРД, 2011. – 272 с.
4. В.И. Филиппов, М.И. Кременевская, В.Е. Куцакова. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. II. Технологические основы. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 576 с.
5. А.Н. Бараненко и др. Холодильная технология пищевых продуктов: Учебник для вузов: В 3 частях. Ч. I. Теплофизические основы. – СПб.: ГИОРД, 2008. – 224 с.
6. Холодильная технология пищевой промышленности : учебное пособие : [16+] / А.М. Ибраев, Ю.А. Фирсова, М.С. Хамидуллин, И.Г. Хисамеев ; Казанский государ-ственный технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2010. – 125 с.
7. Воробьева, Н.Н. Теплофизические процессы в холодильной технологии : учебное пособие / Н.Н. Воробьева ; ред. Н.В. Шишкина. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2007. – 150 с.
8. Н.Г. Щеглов. Холодильная технология пищевых продуктов: Учеб. пособие. – Пятигорск: Изд-во ПГТУ, 2003.– 208 с.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. http://www.fao.org/ - сайт ФАО
2. http://www.rsl.ru/ - Российская государственная библиотека
3. http://www.cnshb.ru/ - Центральная научная сельскохозяйственная библиотека Российской академии сельскохозяйственных наук
4. http://www.suharevka.ru/ – сайт технологического оборудования
5. http://www.complexdor.ru/ – сайт базы нормативной и технической документации
6. http://www.twirpx.com/ – сайт поиск литературы
7. http://www.pitportal.ru/ – сайт информационного портала
8. http://www.libgost.ru/ – сайт библиотеки Гостов и нормативных документов