

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

**О. В. Анистратова**

**ХОЛОДИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ  
ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ**

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины  
для студентов бакалавриата,  
обучающихся по направлению подготовки  
19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 641

Рецензент

кандидат технических наук, доцент, зам. директора института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «КГТУ» по основной образовательной деятельности, доцент кафедры технологии продуктов питания  
М. Н. Альшевская

Анистратова, О.В.

Холодильные технологии на предприятиях общественного питания: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания / О. В. Анистратова – Калининград, 2022. – 31 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Холодильные технологии на предприятиях общественного питания» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля отражены рекомендации для выполнения контрольной работы для заочной формы обучения.

Табл. 4, список лит. – 8 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено кафедрой технологии продуктов питания 29 сентября 2022 г., протокол № 2

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала и использованию в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 сентября 2022 г., протокол № 10

УДК 621.56

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет», 2022 г.  
© Суслов А. Э., 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	6
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	15
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	23
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	24

## ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Холодильные технологии на предприятиях общественного питания» является дисциплиной, формирующей у обучающихся готовность к подбору и эксплуатации различных видов холодильного оборудования, используемого на предприятиях общественного питания, а также способность осуществлять технологический процесс холодильной обработки продуктов.

Целью освоения дисциплины «Холодильные технологии на предприятиях общественного питания» является формирование знаний, умений и навыков в области холодильной техники и технологии, умения грамотно выбирать и использовать в своей практической деятельности технические средства холодильной обработки и хранения скоропортящихся продуктов. В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются:

- |          |   |
|----------|---|
| знания   | - фундаментальные (базовые) понятия, связанные с холодильной технологией;<br>- технические средства для осуществления основных холодильных технологических процессов на предприятиях общественного питания и для измерения основных параметров.   |
| умения   | - использовать технические средства для осуществления основных холодильных технологических процессов на предприятиях общественного питания;<br>- измерять основные параметры холодильных технологических процессов;<br>- организовать и осуществлять технологический процесс холодильной обработки продуктов общественного питания. |
| владение | - навыками эксплуатации различных видов холодильного технологического оборудования в соответствии с требованиями техники безопасности разных классов предприятий питания.   |

Практическая подготовка обучающихся осуществляется на практических и лабораторных занятиях, связанных с освоением его будущей специальности.

При реализации дисциплины «Холодильные технологии на предприятиях общественного питания» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий и лабораторных работ, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Для успешного освоения дисциплины «Холодильные технологии на предприятиях общественного питания», студент должен активно работать на лекционных, практических и лабораторных занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены тестовые и практические задания. Тестирование и решение практических задач, обучающихся проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем. Тестовое задание предусматривает выбор правильного ответа на поставленный вопрос из предлагаемых вариантов ответа. Перед проведением тестирования преподаватель знакомит студентов с вопросами теста, а после проведения тестирования проводит анализ его работы. Перечень примерных тестовых и практических заданий представлен в фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Промежуточная аттестация проводится в виде зачета, к которому допускаются студенты, освоившие темы курса и имеющие положительные оценки по практическим и лабораторным занятиям, а также выполненные контрольные работы (для студентов заочной формы обучения).

Для успешного освоения дисциплины «Холодильные технологии на предприятиях общественного питания» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, вопросы для самостоятельного изучения. Материал пособия содержит рекомендации по написанию контрольной работы для студентов заочной формы обучения.

# 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Холодильные технологии на предприятиях общественного питания», студент должен научиться работать на лекциях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность. В начале лекции необходимо уяснить цель, которую лектор ставит перед собой и студентами. Важно внимательно слушать, отмечать наиболее существенную информацию и кратко ее конспектировать; сравнивать то, что услышано на лекции с прочитанным и усвоенным ранее материалом в области холодильных технологий, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливая их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Тематический план лекционных занятий (ЛЗ) представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов ЛЗ	
		очная форма	заочная форма
1	Теоретические основы искусственного охлаждения	2	1
2	Технические средства получения искусственного холода	2	-
3	Холодильное оборудование предприятий общественного питания	2	1
4	Холодильная технология пищевых продуктов	2	1
5	Охлаждение пищевых продуктов	2	1
6	Подмораживание и замораживание пищевых продуктов	2	-
7	Отепление и размораживание пищевых продуктов	2	-
8	Холодильное хранение пищевых продуктов	2	-
Итого		16	4

Если лектор приглашает студентов к дискуссии, то необходимо принять в ней активное участие. Если на лекции студент не получил ответа на возникшие у него вопросы, он может в конце лекции задать эти вопросы лектору курса дисциплины.

## Тема 1. Теоретические основы искусственного охлаждения

### *Ключевые вопросы темы*

1. История развития холодильной техники и технологии.
2. Основные термины и определения.
3. Принцип работы холодильной машины.
4. Тепло- и гидроизоляционные материалы.

*Ключевые понятия:* холодильная технология, холодильное оборудование, холодильный агент, круговой цикл

*Литература:* [4, с. 8–12]

### *Методические рекомендации*

Первая тема курса дисциплины «Холодильные технологии на предприятиях общественного питания» позволит обучающимся получить представление о базовых понятиях дисциплины, в ней также определяется место изучаемого материала в системе научного знания и его межпредметную взаимосвязь с другими дисциплинами.

При изучении данной темы курса необходимо обратить особое внимание на правильную интерпретацию содержания вводимых понятий и их восприятие как целостной системы в холодильной технологии на предприятиях общественного питания.

Необходимо рассмотреть историю возникновения развития холодильной технологии и техники, значение низких температур как способа консервирования в технологии продукции общественного питания.

При изучении второго вопроса необходимо определить ключевые понятия, термины и определения изучаемой дисциплины.

В третьем вопросе следует изучить принцип работы холодильной машины, ее основные задачи, определить, что представляет холодильный цикл.

В последнем вопросе темы рассмотреть основные виды и требования к тепло- и гидроизоляционным материалам, применяемым в современном холодильном оборудовании.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Охарактеризуйте значение низких температур в технологии продукции общественного питания.
2. Что представляет собой холодильная машина?
3. Какой закон термодинамики лежит в основе кругового цикла?
4. Почему холодильные циклы называют обратными?
5. Что является в холодильной машине рабочим телом?

6. Назовите основные виды теплоизоляционных материалов, используемых в холодильном оборудовании.

## **Тема 2. Технические средства получения искусственного холода**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Способы получения искусственного холода.
2. Холодильные агенты и хладагенты.
3. Основные элементы холодильных машин: компрессор, конденсатор, испаритель, дросселирующее устройство. Их назначение, классификация.

*Ключевые понятия:* холодильная технология, низкие температуры, фазовый переход вещества, хладагент

*Литература:* [4, с. 5–8, 17–21, 27–29; 7, с. 24–29]

### *Методические рекомендации*

При рассмотрении первого вопроса темы обучающимся необходимо получить представление об основных способах получения низких температур, которые основаны на различных физических принципах (фазовый переход вещества, дросселирование, адиабатическое расширение газа, вихревой эффект, термоэлектрический эффект и др.).

Во втором вопросе изучить основные виды и свойства холодильных агентов, используемых в холодильных установках.

В последнем вопросе темы рассмотреть основные элементы холодильных машин их принцип действия.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какой физический принцип получения низких температур используется в современном холодильном оборудовании?
2. Какие виды холодильных агентов используются?
3. Назовите основные свойства холодильных агентов?
4. Какой тип компрессоров используется в современном холодильном оборудовании?
5. Как классифицируются конденсаторы по принципу отвода теплоты?
6. Охарактеризуйте назначение дросселирующего устройства.

### **Тема 3. Холодильное оборудование и транспорт**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Понятие о непрерывной холодильной цепи.
2. Холодильный транспорт.
2. Основные типы холодильного оборудования, используемого на предприятиях общественного питания.

*Ключевые понятия:* холодильная цепь, изотермический транспорт, рефрижераторный транспорт, холодильное оборудование

*Литература:* [4, с. 69–76; 6, с. 544–549]

#### *Методические рекомендации*

Первый вопрос темы позволит обучающимся получить представление о непрерывной холодильной цепи как совокупности процессов и оборудования, позволяющих сохранить пищевые продукты в условиях низких температур на всем протяжении цикла от производителя до потребителя. Во втором вопросе темы необходимо рассмотреть холодильный транспорт, его классификацию и основные виды, области их применения и технологические требования к транспортировке охлажденной и замороженной продукции.

При изучении третьего вопроса темы получить представление об основных видах холодильного оборудования, используемого на предприятиях общественного питания, их устройства и функциональных возможностях для низкотемпературной обработки сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Дайте определение непрерывной холодильной цепи?
2. Охарактеризуйте назначение изотермического транспорта?
3. Назовите основные виды холодильного оборудования, используемого для низкотемпературной обработки сырья и пищевой продукции на предприятиях общественного питания?
4. Назовите основное назначение аппаратов интенсивного охлаждения и замораживания?
5. Перечислите современные виды холодильного оборудования, используемого на предприятиях общественного питания.

### **Тема 4. Холодильная технология пищевых продуктов**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Состав пищевых продуктов.
2. Теплофизические свойства пищевых продуктов.
3. Основные закономерности изменений в пищевых продуктах, протекающих при холодильной обработке.

*Ключевые понятия:* органические компоненты, теплофизические характеристики, микроорганизмы, клетки тканей

*Литература:* [2, с. 3–15; 4, с. 77–84]

#### *Методические рекомендации*

В первом вопросе «Состав пищевых продуктов» необходимо рассмотреть органические и неорганические соединения, входящие в состав пищевых продуктов. Обратит внимание на такой компонент как вода, особенности ее состава в пищевых продуктах при различных температурах. Усвоить понятие криоскопическая температура, количество вымороженной воды.

Второй вопрос данной темы позволит обучающимся получить представление об основных теплофизических свойствах пищевых продуктов, являющимися определяющимися при расчетах холодильной технологии, определяющими затраты холода, продолжительность процесса низкотемпературной обработки.

В третьем вопросе темы изучить действие низких температур на изменение теплофизических, механических свойств пищевых продуктов при холодильной обработке, влияние низких температур на клетки животных и растительных тканей организмов, на жизненные процессы в живых организмах. Рассмотреть анабиоз и его практическое значение.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Дайте определение понятию криоскопическая температура?
2. Охарактеризуйте формы связи воды в пищевых продуктах?
3. Назовите основные теплофизические свойства пищевых продуктов?
4. Что характеризует коэффициент теплопроводности, температуропроводности?
5. От каких факторов зависит устойчивость микроорганизмов к действию низких температур?

### **Тема 5. Охлаждение пищевых продуктов**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Процесс охлаждения, его виды.
2. Тепловой расчет процесса охлаждения.
3. Изменения продуктов животного и растительного происхождения при охлаждении.

*Ключевые понятия:* воздушное охлаждение, продолжительность охлаждения, критерий Био, критерий Фурье, безразмерная температура

*Литература:* [2, с. 65–87; 4, с. 90–96]

### *Методические рекомендации*

В первом вопросе данной темы необходимо изучить процесс охлаждения, какова его основная цель при низкотемпературной обработке пищевых продуктов. Рассмотреть способы охлаждения, используемые на предприятиях общественного питания.

Второй вопрос данной темы позволит обучающимся получить представление о тепловом расчете процесса замораживания, продолжительности его осуществления. Усвоить, что продолжительность охлаждения зависит от способа отвода теплоты, параметров охлаждающей среды, формы, размеров и теплофизических свойств продукта.

Третий вопрос темы покажет влияние эффективности охлаждения на качество продукции животного и растительного происхождения, характер и интенсивность биохимических и микробиологических процессов, происходящих в них.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Дайте определение процессу охлаждения.
2. Перечислите основные способы охлаждения
3. Что представляет собой критерий Фурье, Био?
4. От чего зависит продолжительность охлаждения?
5. Какие биохимические процессы происходят при охлаждении продукции из животного и растительного сырья?

## **Тема 6. Подмораживание и замораживание пищевых продуктов**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Процесс подмораживания, замораживания, способы и технология.
2. Тепловой расчет процесса замораживания.
3. Изменения продуктов животного и растительного происхождения при подмораживании и замораживании.

*Ключевые понятия:* среднеконечная температура, продолжительность замораживания, формула Планка, тело простой геометрической формы

*Литература:* [2, с. 90–103; 4, с. 96–103; 6, с. 268–272]

### *Методические рекомендации*

При изучении первого вопроса необходимо уяснить понятия процессов подмораживания и замораживания, их основные способы, рассмотреть основные этапы данных процессов.

Второй вопрос данной темы позволит обучающимся получить представление о расчете продолжительности процесса замораживания, понять, что скорость данного процесса зависит от толщины и теплофизических свойств продукта, начальной и конечной.

Третий вопрос темы покажет влияние эффективности подмораживания и замораживания на изменения качества продукции животного и растительного происхождения, характер и интенсивность биохимических и микробиологических процессов, происходящих в них – физические, гистологические, микробиологические.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Дайте определение процессу подмораживания.
2. Перечислите основные способы замораживания, используемые на предприятиях общественного питания?
3. Какое оборудование на предприятиях общественного питания используется для осуществления процессов подмораживания и замораживания?
4. От чего зависит средноконечная температура продукта?
5. Какие биохимические процессы происходят при замораживании продукции из животного и растительного сырья?

### **Тема 7. Отапление и размораживание пищевых продуктов**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Отапление и размораживание, характеристика процессов как заключительных этапов непрерывной холодильной цепи.
2. Способы и технологии размораживания пищевых продуктов.
3. Технические средства для размораживания пищевых продуктов на предприятиях общественного питания.

*Ключевые понятия:* дефростация, обратимость процесса, потери, усушка

*Литература:* [4, с. 96–103; 6, с. 515–543]

#### *Методические рекомендации*

В первом вопросе темы представлена характеристика процессов отапления и размораживания, являющихся заключительными операциями в непрерывной холодильной цепи, которые осуществляются непосредственно перед кулинарной обработкой. Понять, что целью данных операций является приведение продуктов в удобное состояние для дальнейшего использования и как можно более близкое к состоянию, свойственное натуральному продукту высокого качества, учитывая, что отапление – это процесс обратный охлаждению, а размораживание обратный замораживанию.

Второй вопрос данной темы позволит обучающимся получить представление о технологии процесса размораживания продуктов, распределение влаги в продукте при его размораживании, основные способы размораживания, используемые на предприятиях общественного питания.

Третий вопрос темы покажет влияние эффективности размораживания, сравнительную оценку различных способов размораживания при использовании разных технических средств в организациях общественного питания.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Дайте определение процессу отепление.
2. Перечислите основные способы размораживания, используемые на предприятиях общественного питания?
3. Какое оборудование на предприятиях общественного питания используется для осуществления процессов отепления и размораживания?
4. Перечислите основные факторы, влияющие на скорость процесса размораживания?

**Тема 8. Холодильное хранение пищевых продуктов**

*Ключевые вопросы темы*

1. Условия хранения скоропортящихся продуктов.
2. Общие изменения продуктов в процессе хранения.
3. Хранение продуктов растительного происхождения.
4. Хранение продуктов животного происхождения.

*Ключевые понятия:* условия хранения, температурно-влажностный режим, срок хранения

*Литература:* [4, с. 103–105; 7, с. 202–242]

*Методические рекомендации*

В первом вопросе необходимо уяснить влияние температурно-влажностных режимов на сроки хранения охлажденной и замороженной продукции на предприятиях общественного питания.

Второй вопрос данной темы позволит обучающимся получить представление об основных изменениях, происходящих в продукции растительного и животного происхождения в процессе холодильного хранения (физико-химические, биохимические, ферментативные, микробиологические).

В третьем, четвертом вопросах необходимо рассмотреть современные способы и технологические режимы хранения охлажденного, замороженного растительного и животного сырья и продуктов из них, а также технические средства, обеспечивающие холодильное хранение этих продуктов на предприятиях общественного питания.

*Вопросы для самоконтроля*

1. Охарактеризуйте условия хранения охлажденной овощной продукции в

камерах.

2. Что такое усушка продуктов и меры ее сокращения.
3. Назовите температурно-влажностные режимы хранения замороженного сырья животного происхождения.
4. Какие технические средства обеспечивают холодильное хранение сырья и продуктов животного, растительного происхождения на предприятиях общественного питания.

## 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

### 2.1 Выбор варианта задания

В процессе самостоятельной работы в соответствии с учебным планом по изучению дисциплины студенты заочного отделения, используя методические рекомендации, выполняют контрольную работу.

Контрольная работа включает две задачи:

- ✓ построение и расчет холодильного цикла по заданным условиям;
- ✓ расчет температуры в термическом центре охлаждаемого продукта заданного вида.

При решении задач необходимо пользоваться размерностью международной системы единиц (СИ). Расчет следует сопровождать пояснительным текстом, ссылаясь на литературу, из которой взяты формулы и другие величины.

При выборе данных номер варианта определяется двумя последними цифрами шифра зачетной книжки студента (табл. 2).

При выборе данных номер варианта определяется двумя последними цифрами шифра зачетной книжки студента (табл. 2).

Таблица 2 – Варианты задания

Номер цифры шифра	Цифра шифра			
	предпоследняя цифра шифра		последняя цифра шифра	
	Наименование параметра			
	температура в камере, $t_{\text{кам}}$ , °C	температура воды $t_{\text{в}}$ , °C	холодопроизводительность $Q_0$ , кВт	хладагент
0	-10	10	10	R 134 a
1	-20	12	20	R 134 a
2	-30	14	30	R134 a
3	0	16	40	R 22
4	-5	18	50	R 22
5	-15	20	60	R 22
6	-25	22	70	R 717
7	-3	15	80	R 717
8	-13	17	90	R 717
9	-23	24	100	R 717

### 2.2 Построение и расчет холодильного цикла

При выполнении данного раздела следует:

- 1) выбрать исходные данные;

- 2) по заданным величинам определить температурный режим и изобразить цикл холодильной машины в тепловой диаграмме  $i = \lg P$ ;
- 3) выполнить расчёт основных характеристик цикла.

Температура кипения ( $t_o$ ) холодильного агента определяется в зависимости от температуры воздуха в охлаждаемой камере при непосредственном охлаждении определяется по формуле (1)

$$t_o = t_{\text{кам}} - (\Delta t), \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{кам}}$  – температура воздуха в камере,  $^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t = 7 \dots 10, \text{ } ^\circ\text{C}$  – перепад температур между воздухом в камере и кипящего холодильного агента,  $^\circ\text{C}$ .

Температура конденсации ( $t_k$ ) определяется в зависимости от температуры теплоотводящей среды. При охлаждении конденсатора водой определяется по формуле (2)

$$t_k = t_b + \Delta t_k, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

где  $t_b$  – температура воды на входе в конденсатор,  $^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t_k = 6 \dots 10, \text{ } ^\circ\text{C}$  – перепад температур между входящей в аппарат водой и конденсирующимся холодильным агентом.

Температура всасывания ( $t_{bc}$ ) зависит от условий работы компрессора и определяется по формуле (3)

$$t_{bc} = t_o + \Delta t_{\text{пер}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3)$$

где  $\Delta t_{\text{пер}}$  - нагрев пара холодильного агента перед сжатием в компрессоре:

- для аммиачных машин берётся равным  $5-15 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

- для фреоновых  $10-40 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

В контрольной работе следует брать  $\Delta t = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Температура жидкого холодильного агента перед дроссельным вентилем ( $t_n$ ) зависит от наличия в холодильной машине переохладителя или регенеративного теплообменника.

В контрольной работе не учитывается наличие переохлаждения, поэтому жидкий холодильный агент поступает в дроссельный вентиль с температурой конденсации  $t_k$ .

После определения  $t_o, t_k, t_{bc}, t_n$  производится построение цикла холодильной машины в диаграмме  $i = \lg P$  для заданного холодильного агента. Диаграмма с циклом или выкопировка должны обязательно прилагаться к контрольной работе.

Изображение цикла (рис. 1) следует начинать с нанесения линий  $t_o$  и  $t_k$ , проведя горизонтальные линии. При пересечении  $t_o$  с правой пограничной кривой получим точку 1, характеризующую состояние сухого насыщенного пара (конец кипения). Так как перегрев пара не учитывается, то из точки 1 по адиабате ( $S = \text{Const}$ ) проводится линия процесса сжатия в компрессоре.

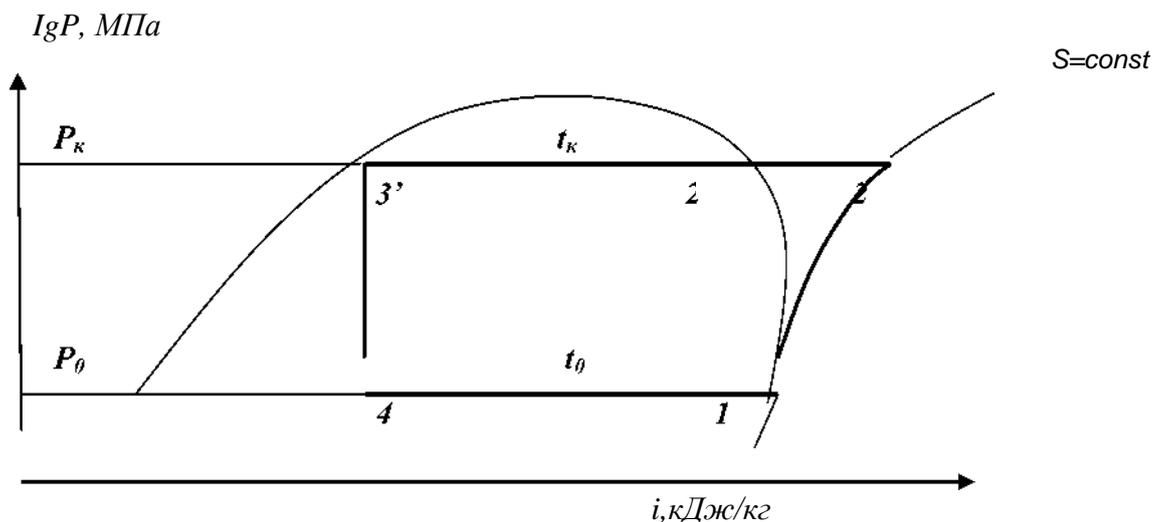


Рисунок 1 – Цикл одноступенчатой холодильной машины

Состояние конца сжатия характеризуется точкой 2, получаемой при пересечении адиабаты с изобарой  $P_k$ , которая соответствует температуре конденсации  $t_k$ .

Точка 2' характеризует начало конденсации холодильного агента, при этом степень сухости  $x = 1$ . Точка 3' получается при пересечении изотермы  $t_k$  (изобары  $P_k$ ) с левой пограничной кривой, когда  $x = 0$ . Из точки 3' проводится вертикально вниз линия до пересечения с изотермой  $t_0$ . Получается точка 4, характеризующая процесс дросселирования от  $P_k$  до  $P_0$ .

После построения цикла необходимо составить таблицу, в которую заносятся параметры характерных точек, взятых из диаграмм и справочных таблиц (табл. 3).

Таблица 3 – Основные параметры характерных точек цикла

Номер точек	Температура, $t, ^\circ\text{C}$	Давление, $P, \text{МПа}$	Энтальпия, $i, \text{кДж/кг}$	Уд. объём, $v, \text{м}^3/\text{кг}$	Степень сухости, $x, \text{кг/кг}$
1					
2					
2'					
3'					
4					

По данным из таблицы определяются:

1. Удельная массовая холодопроизводительность определяется по формуле (4)

$$q_0 = i_1 - i_4, \text{кДж/кг.} \quad (4)$$

2. Удельная работа сжатия холодильного агента в компрессоре рассчитывается по формуле (5)

$$l = i_2' - i_1, \text{ кДж/кг} . \quad (5)$$

3. Удельная теплота, отводимая от холодильного агента в конденсаторе, определяется по формуле (6)

$$q_k = i_2' - i_3', \text{ кДж/кг} . \quad (6)$$

4. Уравнение теплового баланса по формуле (7)

$$q_k = q_0 + l, \text{ кДж/кг} . \quad (7)$$

5. Холодильный коэффициент теоретического цикла по формуле (8)

$$E = q_0 / l, \text{ кДж/кг} . \quad (8)$$

6. Массовая производительность компрессора, т. е. масса холодильного агента, циркуляцию которого обеспечивает компрессор за 1 с по формуле (9)

$$M_a = Q_0 / q_0, \text{ кг/с} . \quad (9)$$

7. Удельная объёмная холодопроизводительность компрессора по формуле (10)

$$q_v = q_0 / v_1, \text{ кДж/м}^3, \quad (10)$$

8. Действительная объёмная производительность компрессора, то есть объём паров, отбираемых компрессором из испарителя, определяется по формуле (11)

$$V_d = M_a \cdot v_1 = Q_0 / q_v, \text{ м}^3/\text{с} . \quad (11)$$

9. Объём, описанный поршнями компрессора по формуле (12)

$$V_h = V_d / \lambda, \text{ кг/с} , \quad (12)$$

где  $\lambda$  – коэффициент подачи компрессора (объёмные потери в компрессоре), зависит от режима работы, вида холодильного агента, конструкции компрессора и рассчитывается по формуле (13)

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_w, \quad (13)$$

где  $\lambda_i$  – объёмный индикаторный коэффициент, учитывающий объёмные потери в компрессоре из-за наличия мёртвого пространства и сопротивления в клапанах по формуле (14)

$$\lambda_i = 1 - c ( P_k / P_o - 1 ), \quad (14)$$

где  $c$  – относительное мёртвое пространство в компрессоре:

- для аммиачных  $c = 0,04–0,05$ ;

- для фреоновых  $c = 0,03–0,04$ ;

$\lambda_w$  – коэффициент подогрева, учитывающий объёмные потери от нагрева холодильного агента в цилиндре компрессора рассчитывается по формуле (15)

$$\lambda_w = T_o / T_k = (273 + t_o) / (273 + t_k). \quad (15)$$

10. Теоретическая мощность, затрачиваемая компрессором на адиабатическое сжатие холодильного агента определяется по формуле (16)

$$N_T = M_a \cdot l, \text{ кВт.} \quad (16)$$

11. Индикаторная мощность, затрачиваемая в действительном рабочем процессе на сжатие холодильного агента в цилиндре компрессора по формуле (17)

$$N_i = N_T / \eta_i, \text{ кВт,} \quad (17)$$

где  $\eta_i$  – индикаторный КПД, учитывающий энергетические потери от теплообмена в цилиндре и от сопротивления в клапанах при всасывании и нагнетании определяется по формуле (18)

$$\eta_i = \lambda_w + b \cdot t_o, \quad (18)$$

- для аммиака  $b = 0,001$ ;

- для фреона  $b = 0,0025$ .

12. Эффективная мощность – мощность на валу компрессора с учётом механических потерь (трение и т. д.) по формуле (19)

$$N_e = N_i / \eta_{\text{мех}}, \text{ кВт,} \quad (19)$$

где  $\eta_{\text{мех}} = 0,7...0,9$  – механический КПД.

13. Мощность на валу электродвигателя по формуле (20)

$$N_{\text{эл}} = N_e / \eta_{\text{эл}}, \text{ кВт,} \quad (20)$$

где  $\eta_{\text{эл}} = 0,8...0,9$  – коэффициент полезного действия (КПД) электродвигателя.

## 2.3 Расчёт температуры в термическом центре охлаждаемого продукта

Исходные данные и варианты приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Варианты заданий

Цифра шифра	Ц И Ф Р А Ш И Ф Р А						
	предпоследняя				последняя		
	продукт			продолжительность охлаждения, мин	температура продукта начальная, $t_n, ^\circ\text{C}$	температура среды, $t_s, ^\circ\text{C}$	вид охлаждающей среды
	вид	физическая модель	характерный размер, $2l, \text{м}^*$				
0	Рыба	Пластина	0,08	60	23	1	Воздух
1	Говядина	Цилиндр	0,06	90	14	0	Воздух
2	Яблоко	Сфера	0,05	85	17	2	Воздух
3	Свинина	Пластина	0,03	40	11	0	Вода
4	Помидор	Цилиндр	0,02	55	21	1	Раствор $\text{CaCl}_2$
5	Морковь	Сфера	0,04	110	26	2	Воздух
6	Клубника	Цилиндр	0,08	120	28	5	Воздух
7	Свинина	Цилиндр	0,09	60	19	0	Раствор $\text{CaCl}_2$
8	Картофель	Сфера	0,01	150	29	1	Вода
9	Птица	Пластина	0,07	190	33	4	Раствор $\text{CaCl}_2$

Примечание: \* - величина характерного размера ( $2l$ ) соответствует для пластины полной ее толщине, для цилиндра и сферы – диаметру. Допускается, что продукт не имеет упаковку независимо от свойств (вида) охлаждающей среды.

Теплофизические характеристики продуктов приведены в приложении Б. Расчёты следует выполнять в следующей последовательности.

1. Определяют температуропроводность продукта по формуле (21)

$$a_{\text{ox}} = \lambda_{\text{ox}} / (c_{\text{ox}} \cdot \rho), \text{ м}^2/\text{с}, \quad (21)$$

где  $\lambda_{\text{ox}}$  – коэффициент теплопроводности продукта, Вт / (м·К);  
 $c_{\text{ox}}$  – теплоёмкость продукта, кДж / (кг · К);  $\rho$  – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>.

2. Рассчитывается критерий Био по формуле (22)

$$\text{Bi} = (\alpha \cdot R) / \lambda_{\text{ox}}, \quad (22)$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи между продуктом и охлаждающей средой, Вт/(м<sup>2</sup>·К), выбирается в зависимости от условий теплообмена;  $R$  – половина величины характерного размера (толщины, диаметра) продукта, м.

3. Рассчитывается критерий Фурье по формуле (23)

$$F_o = (a_{ox} \cdot \tau) / R^2. \quad (23)$$

4. По номограмме (приложение В) находят значение величины безразмерной температуры  $\Theta$  с учётом конкретной физической модели.

Подставив в выражение по формуле (24) известные значения  $t_s$ ,  $t_n$ ,  $\Theta$  определяют  $t_k$

$$\Theta = (t_k - t_s) / (t_n - t_s). \quad (24)$$

## 2.4 Структура контрольной работы

Работа должна быть выполнена на листах формата А4 с одной стороны листа, в печатном варианте. Шрифт текстовой части размер – 12 (для заголовков – 14), вид шрифта – Times New Roman, интервал 1,5. Поля страницы: левое 3 см, правое 1,5 см, верхнее и нижнее 2 см. Нумерация страниц внизу справа.

Контрольная работа содержит:

- титульный лист (приложение В)
- содержание
- текстовая часть (решение каждой задачи начинать с нового листа)
- список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018.

В текстовой части не допускается сокращение слов. Объем выполненной работы не должен превышать 10 листов А4.

Контрольная работа должна быть оформлена в соответствии с общими требованиями, предъявляемыми к контрольным работам:

- текст должен быть отпечатан на компьютере;
- основной текст подразделяется на озаглавленные части в соответствии с содержанием работы. Заглавия не подчеркиваются, в конце заголовка точка не ставится, переносы допускаются;
- страницы текста пронумерованы арабскими цифрами в правом верхнем углу без точек. Титульный лист считается первым и не нумеруется;
- на каждой странице оставлены поля для замечаний рецензента;
- список использованных источников оформляются по соответствующим требованиям.

Стиль и язык изложения материала контрольной работы должны быть четкими, ясными и грамотными. Грамматические и синтаксические ошибки недопустимы. Выполненная контрольная работа представляется для регистрации на кафедру, затем поступает на рецензирование преподавателю.

Положительная оценка («зачтено») выставляется в зависимости от правильно решенных задач в контрольной работе, а также степени его усвоения, которая выявляется при ее защите (умение использовать при ответе на вопросы научную терминологию, лингвистически и логически правильно отвечать на вопросы по проработанному материалу). Студент, получивший контрольную работу с оценкой «зачтено», знакомится с рецензией и с учетом замечаний преподавателя дорабатывает отдельные вопросы с целью углубления своих знаний.

Контрольная работа с оценкой «не зачтено» возвращается студенту с рецензией, выполняется студентом вновь и сдается вместе с не зачтенной работой на проверку преподавателю. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, возвращается без проверки и зачета.

При необходимости для обучающихся инвалидов или обучающихся с ОВЗ предоставляется дополнительное время для подготовки ответа с учетом его индивидуальных психофизических особенностей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воробьева, Н. Н. Холодильная техника и технология: учеб. пособие / Н. Н. Воробьева. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2006. – 164 с. – Режим до-ступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141466> (дата обращения: 19.12.2020). – Текст: электронный.
2. Воробьева, Н. Н. Теплофизические процессы в холодильной технологии: учеб. пособие / Н. Н. Воробьева; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2007. – 150 с.
3. Головкин, Н. А. Холодильная технология пищевых продуктов: учеб-ник / Н. А. Головкин. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 240 с.
4. Суслов, А. Э. Холодильная техника и технология: учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подгот. специальности 260501.65 – Технология продуктов общест. питания / А. Э. Суслов, А. С. Бестужев; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2010. – 122 с.
5. Титлов, А. С. Холодильная техника в пищевой промышленности: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр.: 151000 – Технол. машины и оборудование (специализации: "Машины и аппараты пищ. пр-в"; "Пищ. инженерия малых предприятий"), 240700 – Биотехнология, 260200 – Продукты питания живот. происхождения, 260800 – Технология продукции и орг. обществ. питания / А. С. Титлов, А. С. Бестужев, С. Ф. Горькин; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2012. – 250 с.
6. Холодильная технология пищевых продуктов: учебник: в 2 ч. / В. И. Филиппов, М. И. Кременовская, В. Е. Куцакова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2008. – Ч. 2: Технологические основы. – 572 с.
7. Холодильная техника и технология: учебник / под ред. А. В. Руцкого. – Москва: ВУАФ.200. – 286 с.
8. Эрлихман, В. Н. Холодильная технология. Современные морозильные аппараты: учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению подгот. специальности 260600 – Пищевая инженерия / В. Н. Эрлихман, А. Э. Суслов; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2008. – 88 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Приложение А

#### Термины и определения

**Холод** – термин, обозначающий удаленную или подлежащую удалению теплоту.

**Холодильная техника** – отрасль науки и техники, занимающаяся вопросами производства и реализации искусственного холода.

**Холодильная машина** – совокупность узлов и деталей, обеспечивающая отвод тепла от тела (среды) с низкой температурой и передачу его к телу (среде) с более высокой температурой.

**Холодопроизводительность** – количество выработанного холода за определенный промежуток времени.

**Холодильный агент (рабочее тело)** – вещество (обычно жидкость), обеспечивающее в холодильном цикле передачу теплоты от тел (среды) с низкой температурой телу (среде) с более высокой температурой.

**Холодильный цикл** – термодинамический цикл, осуществляемый системой, которая передает тепло от тела (среды) с низкой температурой к телу (среде) с более высокой температурой.

**Компрессор** – устройство (механизм), обеспечивающее перемещение холодильного агента по холодильной цепи.

**Конденсатор** – теплообменный аппарат, в котором хладагент переходит из газообразного состояния в жидкость, отдавая при этом тепло к теплоотводящей среде.

**Испаритель** – теплообменный аппарат, в котором хладагент переходит из жидкого состояния в газообразное под действием теплоты, отбираемой от охлаждаемой среды.

**Холодильная технология** – отрасль науки и техники, обеспечивающая холодильную обработку и хранение влагосодержащих материалов.

**Холодильная обработка** – обработка пищевых продуктов охлаждением, замораживанием, подмораживанием, отеплением, домораживанием, размораживанием или их комбинацией.

**Охлаждение** – отвод теплоты от пищевых продуктов с понижением их температуры не ниже криоскопической.

**Предварительное охлаждение** – охлаждение продуктов, предшествующее любому последующему этапу технологического цикла обработки холодом.

**Переохлаждение** – понижение температуры продуктов ниже криоскопической без кристаллизации содержащейся в них воды

**Замораживание** – отвод теплоты от продуктов с понижением температуры ниже криоскопической при кристаллизации определенной части воды, содержащейся в продукте.

**Подмораживание** – отвод теплоты от материала с понижением его температуры ниже криоскопической, сопровождающейся частичной кристаллизацией влаги в поверхностном слое.

**Домораживание** – понижение температуры до заданного уровня при отводе теплоты от частично размороженного продукта.

**Отепление** – подвод теплоты к охлажденным продуктам с повышением их температуры до температуры окружающей среды или несколько ниже.

**Размораживание** – подвод теплоты к продуктам с целью декристаллизации содержащегося в них льда.

**Холодильное хранение** – хранение продуктов, обработанных холодом при заданной температуре среды в камере.

**Хранение в контролируемой среде** – хранение продуктов в условиях, обеспечивающих контролирование заданного уровня температуры, давления и состава среды.

**Допустимый срок холодильного хранения** – срок хранения продуктов, в течение которого они соответствуют заданным тестам качества.

**Режим холодильного хранения** – совокупность условий холодильного хранения продуктов, влияющих на их качество (температура, относительная влажность, интенсивность циркуляции воздуха и состав среды).

**Термический центр** – точка внутри продукта, температура которой при холодильной обработке экстремальна.

**Скорость охлаждения** – отношение разности начальной и конечной температур к интервалу времени между моментами замера.

**Скорость замораживания** – отношение расстояния от поверхности продукта до его термического центра к промежутку времени от момента достижения поверхностью 0 °С до охлаждения термического центра на 10 °С ниже криоскопической температуры.

**Линейная скорость замораживания (локальная или средняя)** – скорость продвижения границы раздела фаз (твердой и жидкой) внутри продукта при его замораживании.

**Продолжительность замораживания** – время, необходимое для понижения температуры термического центра продукта от начальной до заданной конечной температуры.

**Криоскопическая температура** – температура начала льдообразования в материале при отсутствии переохлаждения.

**Среднеобъемная температура** – условное понятие, характеризующее равновесную температуру образца, помещенного в адиабатные условия после обработки холодом.

**Криогидратная температура (эвтектическая)** – температура продукта, соответствующая окончанию льдообразования в нем свободной (слабо связанной) воды.

**Эвтектическая температурная зона** – интервал температур, в пределах которого из продукта в определенной последовательности выделяются твердые составные компоненты, находящиеся в равновесном состоянии с водой.

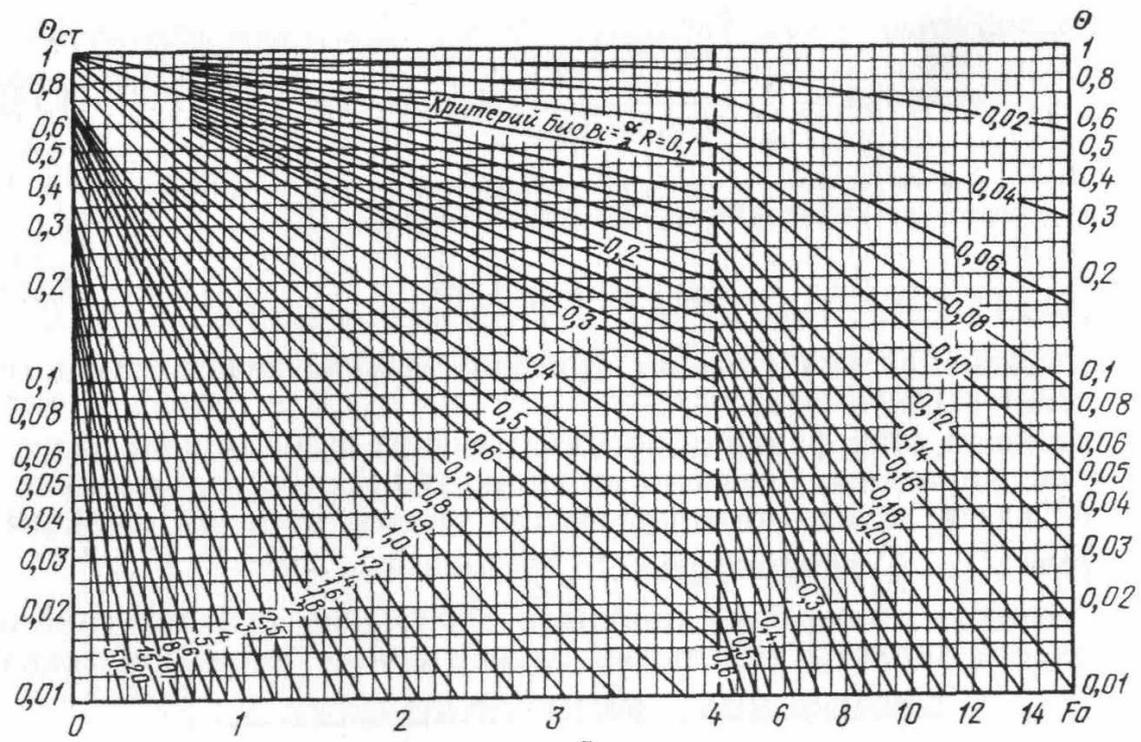
**Выморозенная вода** – часть жидкой фазы (воды), перешедшая в твердое состояние.

**Криогенный диапазон температур** – интервал температур в пределах  $\text{минус } 273 \text{ }^{\circ}\text{C} \leq t \leq \text{минус } 153 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

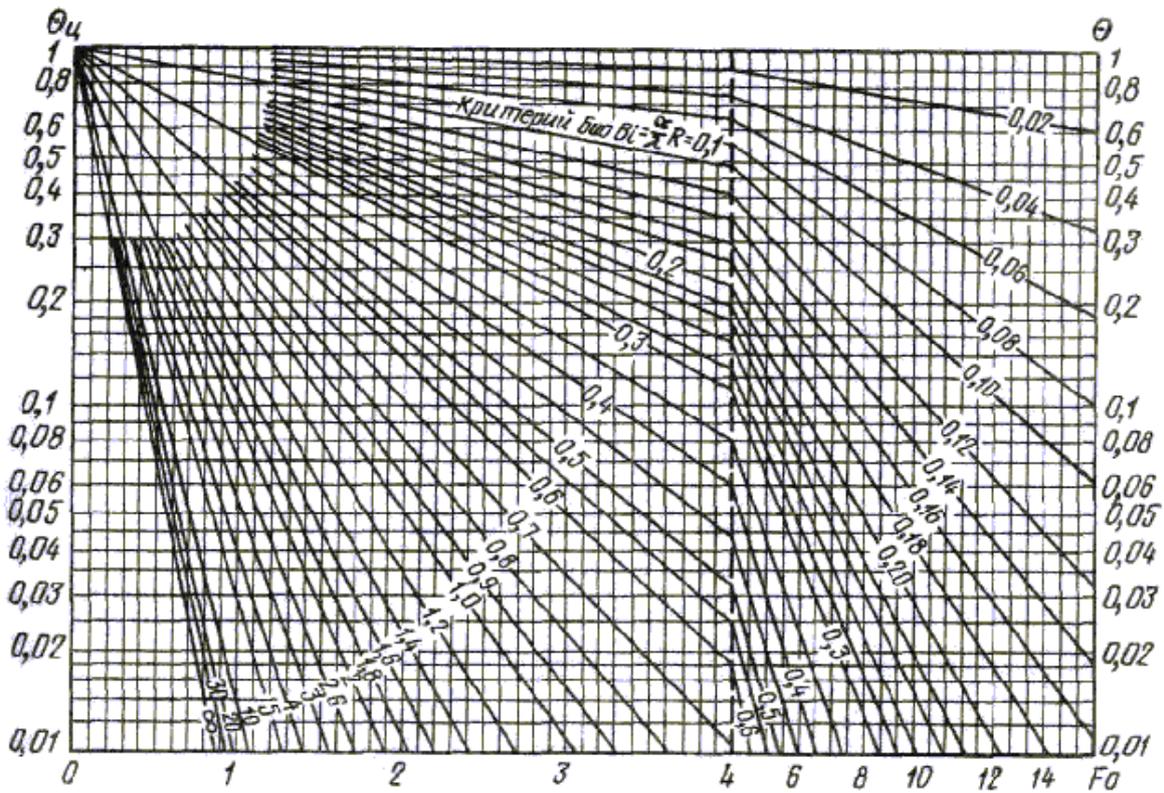
## Приложение Б

Таблица П.Б.1 – Теплофизические характеристики пищевых продуктов

Наименование продукта	Влажесодержание, W, %	Криоскопическая температура, T <sub>кр</sub> , °C	Плотность, ρ, кг/м <sup>3</sup>	Теплоёмкость С <sub>ох</sub> , кДж / (кг · К)	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/(м·К)
Говядина	62–80	-1,7	960–1070	0,94–3,52	0,48–0,5
Свинина	48–55	-1,7	900–1030	2,01–2,26	0,46–0,49
Птица	69–74	-1,8	980–1070	3,1–3,3	0,41–0,51
Рыба	62–82	-2,2	950–1070	2,76–3,6	0,35–0,56
Картофель	78	-1,2	920–1020	3,43–3,68	0,58
Томаты	94–95	-0,9	940–1064	3,98–4,05	0,51–0,57
Яблоки	84–1	-1,5	804–889	3,64–3,85	0,49–0,6
Клубника	89,9	-0,9	840–900	3,85	0,48
Морковь	78–89	-1,6	970–1035	3,77	0,46



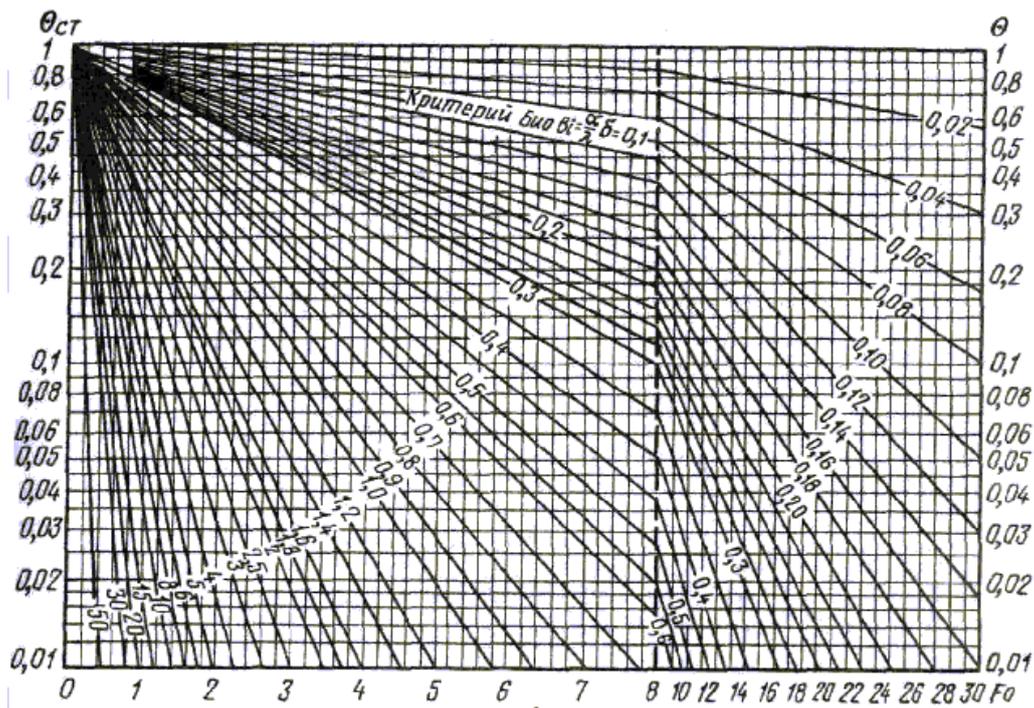
а)



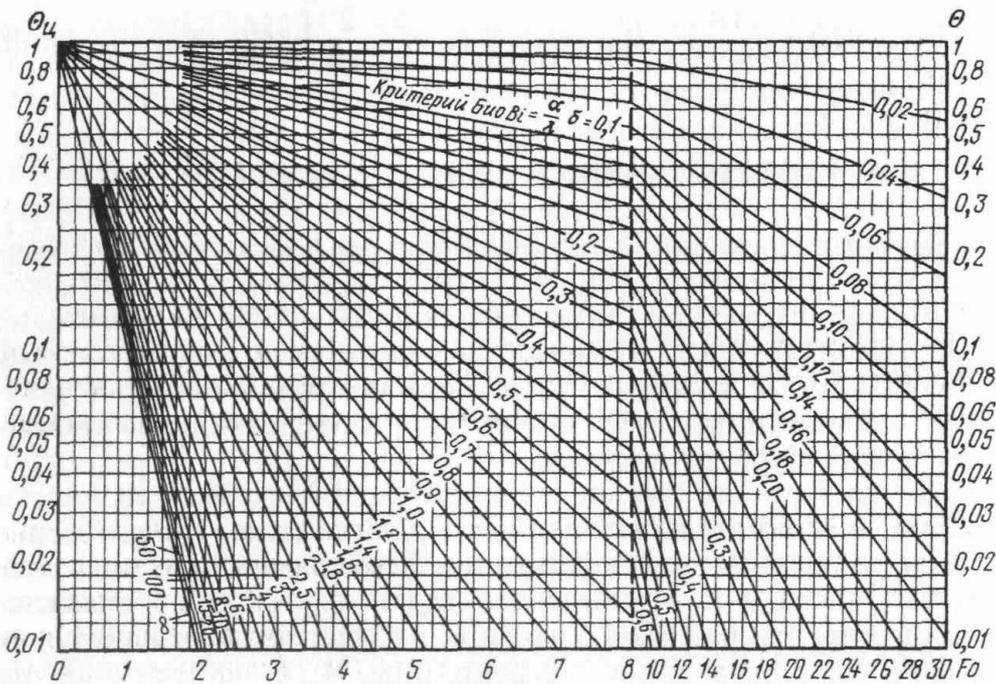
б)

Рисунок П.Б.1 – Номограммы для определения продолжительности охлаждения:

а – на поверхности цилиндра; б – на оси цилиндра



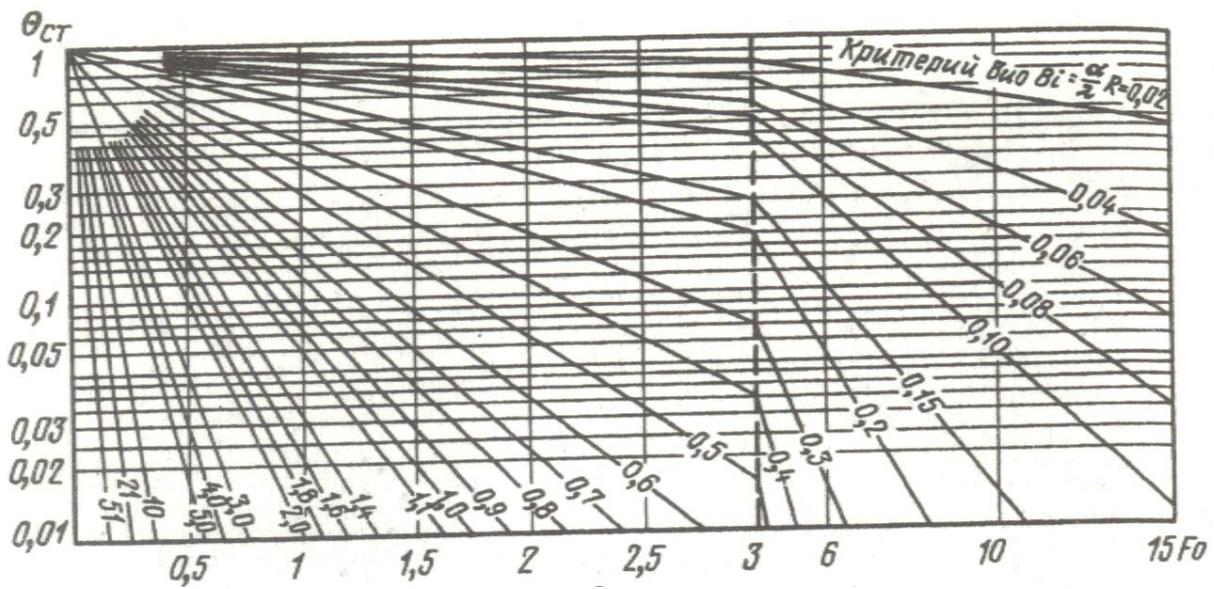
а)



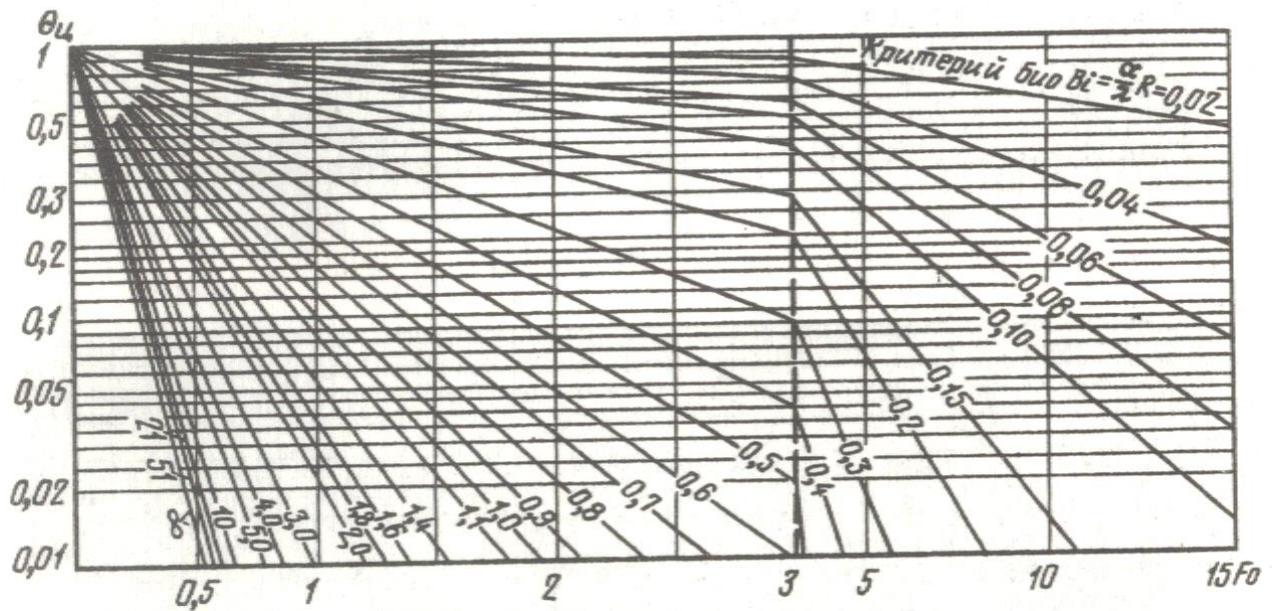
б)

Рисунок П.Б.2 – Номограммы для определения продолжительности охлаждения:

а – на поверхности пластины; б – в центре пластины



а)



б)

Рисунок П.Б.3 – Номограммы для определения продолжительности охлаждения:

а – на поверхности шара; б – в центре шара

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт агроинженерии и пищевых систем  
Кафедра технологии продуктов питания

Контрольная работа  
допущена к защите:  
должность (звание), ученая степень  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Контрольная работа  
защищена  
должность (звание), ученая степень  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Контрольная работа № \_\_\_\_\_

по дисциплине  
«ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПИЩЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ»

Шифр студента \_\_\_\_\_  
Вариант № \_\_\_\_\_

Работу выполнил:  
студент гр. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ Фамилия И.О.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г.

Калининград - 20\_\_

Локальный электронный методический материал

Оксана Вячеславовна Анистратова

**ХОЛОДИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО  
ПИТАНИЯ**

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 2,3. Печ. л. 2,0

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1