

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

А. Э. Суслов

ОСНОВЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины для студентов,
обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 621.56

Рецензент

доктор технических наук, доцент, профессор, зав. кафедрой инжиниринга
технологического оборудования ФГБОУ ВО «КГТУ» Ю. А. Фатыхов

Суслов, А. Э.

Основы холодильной технологии: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 15.03.02 Технологические машины и оборудование /А. Э. Суслов. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 37 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Основы холодильной технологии» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекции по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, материалы по подготовке к практическим занятиям, отражены рекомендации для выполнения контрольной работы студентами заочной формы обучения.

Табл. 4, список лит. – 5 наименований

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала на заседании кафедры инжиниринга технологического оборудования ФГБОУ ВО «КГТУ» 21 апреля 2022 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 июня 2022 г., протокол № 8

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.....	7
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	11
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОН- ТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	31
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	32

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Основы холодильной технологии» - формирование знаний в области теплофизических свойств пищевых продуктов, способов консервирования пищевых продуктов, способов охлаждения, замораживания и хранения при низких температурах пищевых продуктов; применение холода на пищевых предприятиях, а также умений и навыков в вопросах использования способов охлаждения, замораживания и хранения при низких температурах пищевых продуктов, применения холода на пищевых предприятиях

Задачи изучения дисциплины:

- освоение студентами способов сохранения и переработки пищевых продуктов с использованием холодильных технологий;
- формирование навыков расчета процессов холодильных технологий;
- формирования навыков работы с различными источниками информации, анализа и обобщения необходимых сведений, связанных с выбором способа холодильной обработки продуктов.

Результатом освоения дисциплины «Основы холодильной технологии» является поэтапное формирование у обучающегося следующих владений, умений и знаний, соотнесенных с компетенциями/индикаторами достижения компетенции:

Знать:

- основные технологические процессы холодильных технологий;
- методику расчета процессов холодильных технологий.

Уметь:

- пользоваться методическими и нормативными материалами, техническими условиями и стандартами при расчете процессов холодильных технологий;
- представлять пути интенсификации процессов холодильных технологий и их совершенствовании.

Владеть:

- способами интенсификации процессов холодильных технологий и их совершенствования.

При реализации дисциплины «Основы холодильной технологии» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Знания, умения и навыки, полученные при освоении данной дисциплины, используются в дальнейшей профессиональной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Основы холодильной технологии», студент должен активно работать на лекционных и практических занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Для оценивания поэтапного формирования результатов освоения дисциплины (текущий контроль) предусмотрены практические занятия. Решение практических задач обучающимися проводится на практических занятиях после изучения соответствующих тем.

Промежуточная аттестация по завершению курса проводится в виде зачета, к которому допускаются студенты, освоившие темы курса, выполнившие практические работы.

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства поэтапного формирования результатов освоения;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам поэтапного формирования результатов освоения дисциплины относятся:

- выполнение контрольной работы (для заочной формы обучения);
- задания к практическим работам.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме зачета, соответственно относятся:

- контрольные вопросы по дисциплине.

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «зачтено», «не зачтено»; 2) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Критерий \ Система оценок	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2. Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые,

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0–40 %	41–60 %	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	янии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи		димую информацию в рамках поставленной задачи	дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые курсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

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

Для успешного освоения дисциплины «Основы холодильной технологии» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия, перечень вопросов для подготовки к практическим занятиям, организации самостоятельной работы студентов. Материал пособия содержит рекомендации по написанию контрольной работы для студентов заочной формы обучения.

1 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Основы холодильной технологии», студент должен научиться работать на лекциях, лабораторных и практических занятиях и 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 холодильной технологии, укладывать новую информацию в собственную, уже имеющуюся, систему знаний. По ходу лекции необходимо подчеркивать новые термины, определения, устанавливать их взаимосвязь с изученными ранее понятиями.

Основными видами учебной деятельности в ходе изучения курса являются лекции и практические занятия.

При разработке образовательной технологии организации учебного процесса основной упор сделан на соединение активной и интерактивной форм обучения. Интерактивная форма позволяет студентам проявить самостоятельность в освоении теоретического материала и овладении практическими навыками, формирует интерес и позитивную мотивацию к учебе.

При подготовке лекционного материала преподаватель обязан руководствоваться рабочей программой по дисциплине (модулю). При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

Лекции составляют основу теоретической подготовки и посвящены наиболее важным моментам по применению холодильных установок на предприятиях общественного питания. При проведении лекций необходимо использовать технические средства обучения, применять методы, способствующие активизации познавательной деятельности слушателей. На лекциях целесообразно теоретический материал иллюстрировать рассмотрением различных примеров и конкретных задач. Имеет смысл привлекать студентов к обсуждению, как рассматриваемого вопроса в целом, так и отдельных моментов рассуждений и доказательств. Необходимо также использовать возможности

проблемного изложения, дискуссии с целью активизации деятельности студентов.

Практические занятия проводятся для закрепления основных теоретических положений курса и реализации их в практических расчетах, формирования и развития у студентов мышления в рамках будущей профессии.

На практических занятиях следует добиваться точного и адекватного владения теоретическим материалом и его применения для решения задач.

Важным звеном во всей системе обучения является самостоятельная работа обучающихся. В широком смысле под ней следует понимать совокупность всей самостоятельной деятельности студентов, как в отсутствии преподавателя, так и в контакте с ним. Она является одним из основных методов поиска и приобретения новых знаний, работы с литературой, а также выполнения предложенных заданий. Преподаватель призван оказывать в этом методическую помощь студентам и осуществлять руководство их самостоятельной работой.

Необходимо контролировать степень усвоения студентами текущего материала, а также уровень остаточных знаний по уже изученным темам.

При изучении курса предусмотрены следующие формы текущего контроля:

- контроль на практических занятиях.

Промежуточный контроль осуществляется в форме сдачи зачета и имеет целью определить степень достижения учебных целей по дисциплине.

С целью формирования мотивации и повышения интереса к предмету особое внимание при чтении курса необходимо обратить на темы, которые можно проиллюстрировать примерами из практической сферы, связывая теоретические положения с будущей профессиональной деятельностью студентов.

Тематический план лекционных занятий представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура лекционных занятий

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов ЛЗ	
		очная форма	заочная форма
1	Влияние низких температур на пищевые продукты	4	1
2	Теплофизические свойства пищевых продуктов	2	-
3	Способы консервирования	2	1
4	Процессы холодильной обработки сырья и пищевых продуктов	4	2
Итого		12	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. Влияние низких температур на пищевые продукты

Ключевые вопросы темы: влияние температуры на микроорганизмы.

Ключевые понятия: температура, микроорганизмы, льдообразование

Литература: [1, с. 86–90; 5, с. 8–12]

Методические рекомендации

Первая тема курса дисциплины позволит обучающимся получить представление о базовых понятиях дисциплины, в ней также определяется место изучаемого материала в системе научного знания и его взаимосвязь с другими дисциплинами.

При изучении данной темы курса необходимо обратить особое внимание на правильную интерпретацию содержания вводимых понятий. Понять физическую сущность влияния температуры на микроорганизмы. Понять физическую сущность процессов, происходящих в продуктах при замораживании. Как происходит льдообразование в продукте. Понять, как влияет скорость замораживания на льдообразование в продукте и его повреждаемость.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое минимальная, максимальная и оптимальная температура?
2. На какие три типа разделяют микроорганизмы в зависимости от температурных условий?
3. От чего зависит устойчивость микрофлоры к действию отрицательных температур?
4. Как происходит льдообразование в продукте при низкой температуре?

Тема 2. Теплофизические свойства пищевых продуктов

Ключевые вопросы темы: теплофизические свойства.

Ключевые понятия: химический состав пищевых продуктов, теплоемкость, коэффициент теплопроводности, температуропроводность и энтальпия

Литература: [1, с. 81–84; 5, с. 15–21]

Методические рекомендации

При освоении данной темы курса необходимо рассмотреть химический состав пищевых продуктов, дать определение и физическую сущность основных теплофизических свойствах продуктов, таких как теплоемкость, коэффициент теплопроводности, температуропроводность и энтальпия.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите о химическом составе пищевых продуктов.
2. Что определяет энтальпия?
3. Что определяет коэффициент температуропроводности?
4. Что определяет коэффициент теплоемкости?
5. Что определяет коэффициент теплопроводности?

Тема 3. Способы консервирования

Ключевые вопросы темы: способы консервирования пищевых продуктов.

Ключевые понятия: физические, физико-химические, химические, биологические, комбинированные способы консервирования пищевых продуктов

Литература: [1, с. 84–86]

Методические рекомендации

В изучаемой теме необходимо рассмотреть основные способы консервирования пищевых продуктов. Необходимо понять особенности и сущность физических, физико-химических, химических, биологических, комбинированных способов консервирования.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое физические способы консервирования пищевых продуктов?
2. Что такое физико-химические способы консервирования пищевых продуктов?
3. Что такое химические способы консервирования пищевых продуктов?
4. Что такое биологические способы консервирования пищевых продуктов?
5. Что такое комбинированные способы консервирования пищевых продуктов?

Тема 4. Процессы холодильной обработки сырья и пищевых продуктов

Ключевые вопросы темы: Основные процессы холодильной технологии.

Ключевые понятия: хранение, замораживание, подмораживание, охлаждение, размораживание, отепление, подмораживание

Литература: [6, с. 32–58, 80–106]

Методические рекомендации

При изучении вопросов рассматриваемой темы обучающимся необходимо рассмотреть основные процессы холодильной технологии. Определиться с понятиями холодильное хранение, замораживание, охлаждение, размораживание, отепление, подмораживание. Рассмотреть конструкцию основного технологического оборудования.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение основным технологическим процессам холодильной технологии.

2. Что такое непрерывная холодильная цепь?

3. Какие типы морозильных аппаратов вы можете назвать.

4. От каких параметров зависит время замораживания?

5. Назовите способы размораживания продуктов?

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Практические занятия проводятся с целью формирования у студентов умений и навыков расчета и подбора машин и аппаратов для пищевых производств.

Практические занятия по дисциплине «Основы холодильной технологии» являются важной составной частью учебного процесса изучаемого курса, поскольку помогают лучшему усвоению курса дисциплины, закреплению знаний.

В ходе самостоятельной подготовки студентов к практическому занятию необходимо не только воспользоваться литературой, рекомендованной преподавателем, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, связанных с темой практического занятия.

Тематический план практических (ПЗ) занятий представлен в табл. 3.

Таблица 3 – Объем (трудоёмкость освоения) и структура ПЗ

Номер темы	Содержание практического (семинарского) занятия	Кол-во часов ПЗ	
		очная форма	заочная форма
4	Тепловой расчет процесса охлаждения	4	-
4	Тепловой расчет процесса переохлаждения	6	-
4	Тепловой расчет процесса замораживания	6	-
4	Тепловой расчет процесса размораживания и отепления	6	-
Итого		22	0

Студент должен выполнить расчеты оборудования и ответить на вопросы преподавателя.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 1. Тепловой расчет процесса охлаждения

Цель работы: получение практических умений и навыков проводить тепловой расчет процесса охлаждения продукта.

Теоретический материал:

Охлаждением называется процесс понижения температуры объекта до заданного значения, но не ниже криоскопической за счет отвода от него теплоты. Основной целью охлаждения является замедление или прекращение развития микрофлоры, замедление биохимических процессов, снижение активности ферментов. Охлаждение производят обычно до температуры продукта не ниже минус 2 °С. Если при охлаждении температура понижается ниже криоскопической, но без кристаллизации воды, то этот процесс называется **переохлаждением**.

На практике используются различные способы охлаждения, которые можно сгруппировать следующим образом:

- охлаждение воздухом (инертными газами);
- охлаждение жидкими средами;
- охлаждение льдом (снегом);
- охлаждение за счет контакта с твердыми поверхностями.

Все эти способы отличаются значением коэффициента теплоотдачи от охлаждаемого продукта к охлаждающей среде (поверхности).

При охлаждении пищевых продуктов чаще всего применяется воздух, хотя оно и характеризуется большой продолжительностью.

Так, мясо животных и мясопродукты из него охлаждаются исключительно воздухом, иногда с некоторой его модификацией (гидроаэрозольное охлаждение). При куттеровании колбасного фарша из парного мяса применяется охлаждение **жидким азотом, льдом или льдоводяной смесью**. Для охлаждения мясных полуфабрикатов и субпродуктов наиболее целесообразно использование снежного диоксида углерода.

Мясо птицы охлаждают воздухом (в том числе гидроаэрозольным способом), льдом, чистой ледяной водой или льдосоляной смесью (погружным, оросительным или комбинированным способом), а также снегообразным CO₂.

Рыбу и другие гидробионты охлаждают воздухом, жидкими средами (пресная или морская вода, льдоводяная смесь), льдом, азотом (впрыскиванием жидкого азота в морскую воду или его парами).

Охлаждение жидких продуктов (молока, соков, виноматериалов и др.) осуществляется при их контакте с твердыми поверхностями, охлаждаемыми с другой стороны, хладоагентами или различными теплоносителями (в теплообменных аппаратах различных конструкций).

Для охлаждения продукции растительного происхождения применяются: воздушная система, гидроохлаждение, ледяная вода (орошением или погружением), снегование, вакуумиспарительный и комбинированный способы.

Тепловой расчет процесса охлаждения

Задачей теплового расчета процесса охлаждения является определение количества теплоты, которую необходимо отвести от продукта в этом процессе и его продолжительности.

Количество теплоты кДж, отводимой при охлаждении продукта определяется из выражения

$$Q = Gc(t_n - t_k) = G(i_n - i_k),$$

где G – масса продукта, кг; c – удельная теплоемкость, кДж/(кг·К); t_n и t_k – начальная и конечная температуры продукта, соответственно, °С; i_n и i_k – соответственно, начальная и конечная энтальпия продукта.

Следует учитывать, что при воздушном охлаждении продуктов часть теплоты отводится вследствие испарения влаги с его поверхности, причем ее доля может доходить до 50 % общего количества отводимой теплоты в зависимости от свойств продукта, температуры, относительной влажности воздуха, наличия упаковки или другого защитного слоя.

Продолжительность охлаждения зависит от способа отвода тепла, параметров охлаждающей среды, формы, размеров и теплофизических свойств продукта.

Если продукты имеют правильную или близкую к ней геометрическую форму, то продолжительность охлаждения определяются по соответствующим номограммам в зависимости критериев Фурье (Fo), Био (Bi) и безразмерной температуры θ . Эти номограммы построены для середины безразмерной пластины, оси бесконечного цилиндра, центра шара и для их поверхностей.

Критерий Фурье, представляет собой безразмерное время

$$Fo = \frac{a\tau}{l^2},$$

где a – коэффициент температуропроводности продукта, м²/с; τ – продолжительность охлаждения, с; l – половина величины характерного размера продукта (толщины, диаметра), м.

Критерий Био характеризует эффективность теплообмена поверхности продукта с охлаждающей средой

$$Bi = \frac{\alpha l}{\lambda},$$

где α – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности к охлаждающей среде, Вт/м²К; λ – коэффициент теплопроводности продукта, Вт/(м·К), с; l – то же, что и в критерии Fo .

Безразмерная температура

$$\theta = \frac{t - t_c}{t_n - t_c},$$

где t и t_n – текущая и начальная температуры продукта, °С; t_c – температура охлаждающей среды, °С.

Безразмерные температуры для поверхности и центра продукта выражаются соответственно

$$\theta_n = \frac{t_n - t_c}{t_n - t_c};$$

$$\theta_y = \frac{t_y - t_c}{t_n - t_c},$$

где t_n и t_c – соответствуют температурам на поверхности и в центре продукта.

При расчетах значения величины безразмерной температуры θ определяются по номограммам, которые находятся в приложениях 2–4.

Изменения продуктов животного происхождения при охлаждении

Для живых организмов характерна высокая степень упорядоченности, значительно превосходящая любые неживые объекты. В них происходят непрерывные реакции. Они протекают с расщеплением и ресинтезом и нарушаются после отмирания организма. При этом активизируются процессы, являющиеся источником выделения тепла.

В мышечной ткани тепло- и холоднокровных животных после смерти начинаются интенсивные процессы распада входящих в ее состав веществ. Освобождающаяся при биохимических процессах энергия превращается в тепловую, которая приводит к повышению температуры объекта. Если своевременно не удалять это тепло начнутся денатурационные и ферментативные процессы распада тканевых белков, приводящие к появлению специфического неприятного запаха мышечной ткани и изменению ее цвета.

Изменения продуктов растительного происхождения при охлаждении

Свежие плоды и овощи являются живыми организмами для сохранения жизнедеятельности, которых после уборки требуется создание необходимых условий окружающей их среды. Особенно важное значение имеет выбор температуры, до которой производится охлаждение и хранение, так как ее отклонение от оптимальной всего на несколько градусов в любую сторону вызывает преждевременную порчу плодовоовощной продукции.

Соблюдение оптимальных условий охлаждения и хранения позволяет максимально сохранить питательную ценность растительных продуктов, значительно увеличить срок хранения, предохранить их от повреждения микроорганизмами.

В плодах и овощах при охлаждении и хранении испаряется влага. Интенсивность этого процесса определяется интенсивностью их дыхания. При дыхании свежих плодов и овощей кислородом воздуха окисляются органические со-

единения, в основном моносахариды (аэробное дыхание). Распад этих соединений на более простые вещества без участия кислорода называется анаэробным дыханием.

При аэробном дыхании плодовоовощная продукция выделяет в окружающую среду тепло, водяные пары, углекислый газ и другие продукты обмена, которые необходимо удалять.

При анаэробном дыхании в результате расщепления сложных веществ на более простые выделяется тепловая энергия. Анаэробное дыхание образует конечные продукты аналогично спиртовому брожению.

Выделяющееся при окислении и распаде органических веществ тепло лишь частично представляет собой свободное тепло, а остальная его часть расходуется самими плодами и овощами на образование промежуточные продуктов.

Тепловыделение плодов и овощей зависит от интенсивности их дыхания, которая согласно исследованиям Гора, в интервале от исходной температуры объекта до температуры хранения (1–2 °С) меняется по экспоненте.

$$P = P_0 e^{kt},$$

где P_0 – интенсивность дыхания при 0°С; k – температурный коэффициент интенсивности дыхания (величина постоянная для каждого вида плодов и овощей); t – температура, °С.

Интенсивность дыхания определяется количеством выделяемого клетками продукта углекислого газа (отношение массы CO_2 к массе продукта в единицу времени – обычно сутки). В соответствии с правилом Вант-Гоффа в интервале температур 0–40 °С с повышением температуры на 10°С интенсивность дыхания увеличивается в 2–3 раза. Следует отметить, что количество выделяемой теплоты зависит не только от температуры, но также от состояния и возраста тканей, степени участия ферментов и других факторов. Интенсивность испарения влаги из плодовоовощной продукции при охлаждении и хранении зависит от размеров клеток и межклеточных пространств, толщины верхнего слоя клеток, водоудерживающей способности протоплазмы и величины удельной поверхности. Различают три периода испарения влаги плодами и овощами, соответствующими изменению интенсивности дыхания. Так наиболее интенсивное испарение влаги имеет место в начале охлаждения, затем количество испаряемой влаги снижается и наступает период минимального испарения. В дальнейшем при хранении в связи с перезреванием интенсивность испарения вновь увеличивается. Из-за потерь влаги продуктами растительного происхождения во время охлаждения и хранения происходит их увядание и снижение устойчивости к заболеваниям, усиливаются гидролитические процессы. Механические повреждения при сборе урожая, упаковке, транспортировке и хранении приводят к увеличению интен-

сивности дыхания и снижению сопротивляемости микроорганизмам. При повреждении плодов и овощей на их поверхности выступает сок, способствующий появлению плесени, а поражение их микроорганизмами повышает активность ферментов. Это приводит к повышению температуры и стимулирует биохимические процессы, качественно отличающиеся от процессов в неповрежденном сырье. Физиологические заболевания могут приводить к значительным изменениям качества плодовоовощной продукции. Протекание биохимических процессов зависит от стойкости плодов. Так, в стойких сортах плодов гидролитические и окислительные процессы сочетаются между собой: более высокая окислительная способность тканей способствует полному окислению продуктов гидролиза. В неустойчивых сортах происходит нарушение обмена: ослабляются окислительные процессы и усиливаются гидролитические. Это приводит к увеличению количества продуктов не полностью окислившихся.

Таким образом, эффективность охлаждения и холодильного хранения влияет на качество плодовоовощной продукции в зависимости как от внешних, так и от внутренних факторов, которые определяют характер и интенсивность биохимических и микробиологических процессов.

Продукты растительного происхождения следует охлаждать сразу же после сбора для предупреждения нежелательных качественных изменений.

Задание

Рассчитать количество отведенной теплоты от мяса свинины массой 25 кг и продолжительность охлаждения начальная температура 25 °С, конечная 0 °С. При расчете безразмерной температуры форму принять пластина толщиной 0,1 м.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определение понятию охлаждение.
2. Какие изменения происходят в продуктах при охлаждении?
3. Какие способы охлаждения существуют?
4. Перечислите способы охлаждения, наиболее часто используемые в рыбной промышленности.
5. При каких условиях хранятся охлажденные продукты?
6. Как рассчитать расход холода на охлаждение и продолжительность процесса?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 2. Тепловой расчет процесса переохлаждения

Цель работы: получение практических умений и навыков проводить тепловой расчет процесса переохлаждения продукта.

Теоретический материал:

Охлаждением называется процесс понижения температуры объекта до заданного значения, но не ниже криоскопической за счет отвода от него теплоты. Основной целью охлаждения является замедление или прекращение развития микрофлоры, замедление биохимических процессов, снижение активности ферментов. Охлаждение производят обычно до температуры продукта не ниже минус 2 °С. Если при охлаждении температура понижается ниже криоскопической, но без кристаллизации воды, то этот процесс называется **переохлаждением**.

Тепловой расчет процесса переохлаждения

Задачей теплового расчета процесса переохлаждения является определение количества теплоты, которую необходимо отвести от продукта в этом процессе и его продолжительности.

Количество теплоты кДж, отводимой при переохлаждении продукта определяется из выражения

$$Q = Gc(t_n - t_k) = G(i_n - i_k),$$

где G – масса продукта, кг; c – удельная теплоемкость, кДж/(кг·К); t_n и t_k – начальная и конечная температуры продукта, соответственно, °С; i_n и i_k – соответственно, начальная и конечная энтальпия продукта (приложение 6).

Следует учитывать, что при воздушном охлаждении продуктов часть теплоты отводится вследствие испарения влаги с его поверхности, причем ее доля может достигать до 50 % общего количества отводимой теплоты в зависимости от свойств продукта, температуры, относительной влажности воздуха, наличия упаковки или другого защитного слоя.

Продолжительность охлаждения зависит от способа отвода тепла, параметров охлаждающей среды, формы, размеров и теплофизических свойств продукта.

Если продукты имеют правильную или близкую к ней геометрическую форму, то продолжительность охлаждения определяются по соответствующим номограммам в зависимости критериев Фурье (Fo), Био (Bi) и безразмерной температуры θ . Эти номограммы построены для середины безразмерной пластины, оси бесконечного цилиндра, центра шара и для их поверхностей.

Критерий Фурье, представляет собой безразмерное время

$$Fo = \frac{a\tau}{l^2},$$

где a – коэффициент температуропроводности продукта, м²/с; τ – продолжительность охлаждения, с; l – половина величины характерного размера продукта (толщины, диаметра), м.

Критерий Био характеризует эффективность теплообмена поверхности продукта с охлаждающей средой

$$Bi = \frac{\alpha l}{\lambda},$$

где α – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности к охлаждающей среде, Вт/м²К; λ – коэффициент теплопроводности продукта, Вт/(м·К), с; l – то же, что и в критерии Fo.

Безразмерная температура

$$\theta = \frac{t - t_c}{t_n - t_c},$$

где t и t_n – текущая и начальная температуры продукта, °С; t_c – температура охлаждающей среды, °С.

Безразмерные температуры для поверхности и центра продукта выражаются соответственно

$$\theta_{\pi} = \frac{t_{\pi} - t_c}{t_n - t_c};$$

$$\theta_y = \frac{t_y - t_c}{t_n - t_c},$$

где t_{π} и t_y – соответствуют температурам на поверхности и в центре продукта.

При расчетах значения величины безразмерной температуры θ определяются по номограммам, которые находятся в приложениях 2–4.

Задание

Рассчитать количество отведенной теплоты от мяса говядины массой 5 кг и продолжительность переохлаждения начальная температура 25 °С, конечная минус 4 °С. При расчете безразмерной температуры форму принять цилиндр диаметр 0,2 м.

Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите принцип работы парокомпрессионной хладоновой одноступенчатой холодильной машины.
2. Дать определение процесса переохлаждения.
3. Какие способы применяют для процесса переохлаждения продуктов?
4. Что является задачей расчета процесса переохлаждения?
5. От чего зависит продолжительность процесса переохлаждения ?
6. Что представляет критерий Фурье?
7. Что характеризует критерий Био?
8. Порядок определения безразмерной температуры.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 3. Тепловой расчет процесса замораживания

Цель работы: получение практических умений и навыков проводить тепловой расчет процесса замораживания продукта.

Теоретический материал:

Замораживанием называют процесс отвода от продукта теплоты с понижением его температуры на 10–50 °С ниже криоскопической и кристаллизацией большей части воды, содержащейся в продукте.

Замораживание пищевых продуктов применяется:

- при необходимости значительно увеличить сроки их хранения по сравнению с охлаждением и подмораживанием;
- для отделения влаги при концентрировании жидких продуктов, например, соков;
- для придания продуктам специфических вкусовых и товарных качеств, например, при производстве мороженого (фризерование, закаливание), а также пельменей и другой быстрозамороженной продукции;
- как подготовительная операция для других способов консервирования, например, консервирование продуктов животного и растительного происхождения методом сублимационной сушки, при которой сначала продукт замораживается, а затем из него удаляется основная масса влаги путем сублимации льда в условия вакуума.

В замороженном продукте прекращается диффузия воды и растворенных в ней веществ, резко замедляются или прекращаются жизнедеятельность микроорганизмов и протекание биохимических реакций. Процесс кристаллизации воды аналогичен процессу обезвоживания сушкой. Однако, в отличие от сушки при замораживании вода из продукта не удаляется, а превращается в лед. Замороженный продукт отличается от свежего и охлажденного внешними признаками и физическими свойствами, такими как твердость (следствие превращения воды в лед), яркость окраски (результат оптических эффектов, вызванных кристаллами льда), уменьшением плотности (результат увеличения объема при кристаллизации воды) и др.

Кристаллообразование при замораживании приводит к необратимым физико-химическим изменениям в продукте, снижающим его качество. Замороженные продукты по своим вкусовым и питательным свойствам уступают охлажденным. Степень необратимости процесса зависит от вида и свойств продукта, технологии замораживания.

При замораживании имеют место частичные перемещения влаги по объему продукта и денатурация белка, кристаллами льда травмируются ткани продукта, нарушается гистологическая структура.

Технология процесса замораживания должна обеспечивать максимальную обратимость его, с целью возможно лучшего сохранения вкусовых и питательных свойств продукта.

Тепловой расчет процесса замораживания

Для выполнения тепловых расчетов процессов замораживания должны быть заданы начальная и конечная температуры. Конечная температура замораживания различна к окончанию процесса в разных точках по объему продукта. Поэтому при расчетах принимаются значения теплофизических свойств продуктов при его средней температуре за процесс. Учитывая, что процесс замораживания начинается от криоскопической температуры $t_{кр}$ до заданной конечной температуры $t_{кон}$, а при домораживании от температуры $t_1 < t_{кр}$ до температуры $t_2 < t_1$, средняя температура продукта $t_{ср}$ в обоих случаях определяется из выражений:

$$t_{ср} = \frac{t_{кон} - t_{кр}}{2,3} \lg \left(\frac{t_{кон}}{t_{кр}} \right),$$

и

$$t_{ср} = \frac{t_2 - t_1}{2,3} \lg \left(\frac{t_2}{t_1} \right).$$

Температурное поле в продукте остается неравномерным в течение всего процесса замораживания, поэтому вводят понятие средней конечной температуры замораживания.

Средней конечной температурой замораживания называют температуру замороженного продукта, помещенного в камеру хранения, если температура на поверхности близка к температуре воздуха в камере (наружный теплообмен практически отсутствует), а внутренний теплообмен можно считать адиабатическим, при котором происходит выравнивание температур по всему объему продукта. Средняя конечная температура $t_{ск}$ зависит от его формы, размеров и теплофизических свойств. И. Г. Алямовским предложены формулы для расчета средней конечной температуры тел правильной геометрической формы:

для пластины $t_{ск} = \frac{2t_{ц} + t_{н}}{2};$

для цилиндра $t_{ск} = \frac{t_{ц} + t_{н}}{2};$

для шара $t_{ск} = \frac{2t_{ц} + 3t_{н}}{5},$

где $t_{ц}$ и $t_{н}$ – температуры в центре и на поверхности продукта, соответственно, °С.

Учитывая, что при замораживании большинства продуктов ниже температуры в центре минус 6 °С, распределение температуры по толщине продукта близко к линейному, среднюю конечную температуру замораживания приближенно можно принять как среднюю арифметическую между конечными температурами в центре и на поверхности.

Продолжительность замораживания зависит от толщины и теплофизических свойств продукта, начальной и конечной температур замораживания, температуры и свойств охлаждающей среды. Для определения продолжительности замораживания тел правильной геометрической формы в приближенных расчетах чаще всего используют формулу Р. Планка.

$$\tau = \frac{q\rho R}{t_{кр} - t_{хл}} \Phi \left(\frac{R}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right),$$

где q , кДж/кг – удельная теплота, отводимая от продукта при замораживании от криоскопической температуры $t_{кр}$, °С до заданной средней конечной температуры замораживания $t_{ск}$, °С.

$$q = i_{кр} - i_{ск},$$

где $i_{кр}$ и $i_{ск}$ – энтальпии продукта при криоскопической и средней конечной температурах, соответственно, кДж/кг (приложение 5); ρ – плотность замороженного продукта, кг/м³; R – половина толщины плоскопараллельной пластины, или радиусы цилиндра и шара, м; $t_{хл}$ – температуры теплоотводящей среды (хладагента или теплоносителя), °С; λ – коэффициент теплопроводности продукта при средней его температуре в процессе замораживания ($t_{кр}$ и $t_{ск}$), Вт/(м·К); α – коэффициент теплоотдачи к теплоотводящей среде, Вт/(м²·К); Φ – коэффициент формы, равный:

- для плоскопараллельной пластины $\Phi = 1$;
- для цилиндра $\Phi = 1/2$;
- для шара $\Phi = 1/3$.

Так как формула Р. Планка для рассмотренных выше тел простой геометрической формы имеет одинаковый вид, отличаясь только коэффициентом формы Φ , то ее можно применять для тел произвольной формы. Коэффициент формы для них также, как и для рассмотренных тел, находится из выражения

$$\Phi = \frac{V}{SR},$$

где V – объем тела, м³; S – площадь ее поверхности, м²; R – характерный размер тела (расстояние от поверхности тела до максимально удаленной от нее точки в глубине тела), м.

Из приведенных значений Φ видно, что продолжительность замораживания тела цилиндрической формы в 2 раза, а шарообразной в 3 раза меньше, чем пластины.

При расчете продолжительности замораживания упакованных продуктов формула Р. Планка имеет вид:

$$\tau = \frac{q\rho R}{t_{кр} - t_{хл}} \Phi \left[\frac{R}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sigma_i}{\lambda_i} \right) \right],$$

где $\sum_{i=1}^n \left(\frac{\sigma_i}{\lambda_i} \right)$ – дополнительное термическое сопротивление слоев упа-

ковки: δ_i – толщина слоя, м; λ_i – коэффициент теплопроводности слоя, Вт/(м·К).

Формула Р. Планка не учитывает теплоемкости замороженной части продукта (она считается равной нулю), а также его специфические свойства и особенности строения, поэтому она дает лишь приблизительные результаты. Кроме того, она определяет продолжительность замораживания от криоскопической температуры продукта до средней конечной. Как правило, начальная температура продукта, t_n °С выше криоскопической, поэтому к полученной по формуле Р.Планка продолжительности замораживания следует добавить продолжительность охлаждения от начальной температуры продукта до криоскопической.

Количество теплоты, которое необходимо отвести от продукта при замораживании, определяется формулой:

$$Q_M = G \left[c_0 (t_n - t_{кр}) + rW\omega + c_M (t_{кр} - t_{ск}) \right],$$

или

$$Q_M = G(i_n - i_k),$$

где G – масса замораживаемого продукта, кг; c_0 – средняя удельная теплоемкость продукта в интервале температур t_n и $t_{кр}$, кДж/(кг·К); t_n – начальная температура продукта (выше $t_{кр}$), °С; $t_{кр}$ – начальная криоскопическая температура, °С; r – скрытая теплота замерзания воды, кДж/(кг·К); W – относительное содержание воды в продукте; ω – количество вымороженной воды в продукте при средней конечной температуре замораживания; c_M – средняя удельная теплоемкость мороженого продукта в интервале температур между криоскопической и средней конечной, кДж/(кг·К); $t_{ск}$ – средняя конечная температура замороженного продукта, °С; i_n, i_k – начальная и конечная энтальпия продукта, кДж/кг (приложение 5).

Количество теплоты, которое необходимо отвести от продукта при его домораживании от начальной температуры ниже криоскопической до конечной, определяется из выражения:

$$Q_{DM} = G \left[rW(\omega_2 - \omega_1) + c_M (t_{кр} - t_{ск}) \right],$$

где ω_2 и ω_1 – количество вымороженной влаги при температурах $t_{ск}$ и $t_{кр}$, соответственно; $t_{кр}$ – начальная температура продукта, поступающего на домораживание (среднеобъемная), °С; $t_{ск}$ – средняя конечная температура продукта, °С; c_M – средняя удельная теплоемкость продукта в интервале температур $t_{кр}$ и $t_{ск}$, кДж/(кг·К).

Задание

Рассчитать количество отведенной теплоты от блока жирной рыбы массой 10 кг и продолжительность замораживания начальная температура 18 °С, конечная минус 20 °С. При расчете безразмерной температуры форму принять пластина толщиной 0,1 м.

Вопросы для самоконтроля

1. Дать определение процесса замораживания.
2. Какие способы применяют для процесса замораживания продуктов?
3. Что является задачей расчета процесса замораживания?
4. От чего зависит продолжительность процесса замораживания?
5. Что такое средняя конечная температура?
6. Для чего используется в расчетах коэффициент формы?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 4. Тепловой расчет процесса размораживания и отепления

Цель занятия: получение практических умений и навыков проводить тепловой расчет процесса размораживания и отепления продукта.

Теоретический материал:

Отепление и размораживание являются заключительными операциями в непрерывной холодильной цепи. Эти процессы производятся либо перед выпуском пищевых продуктов в розничную торговлю, либо перед промышленной или кулинарной обработкой. Целью является приведение продукта в удобное для дальнейшего использования состояние, которое должно быть максимально близким к состоянию продукта до холодильной обработки и хранения. Так как отепление является процессом, обратным охлаждению, а размораживание – обратным замораживанию, стремятся достичь обратимости этих процессов.

Отеплением охлажденных продуктов называют процесс повышения их температуры до температуры окружающей среды. Он осуществляется путем постепенного повышения температуры окружающего воздуха с учетом его относительной влажности. Температура поверхности продукта должна быть выше точки росы, чтобы исключить конденсацию влаги на его поверхности, и, соответственно, обсеменения поверхности микрофлорой из воздуха. То есть при отеплении необходимо постоянно регулировать температуру и влажность воздуха.

Отепление проводится в камерах, обеспечивающих поддержание необходимого температурно-влажностного режима и скорости воздуха. Воздух из отеплительной камеры вентилятором подается в кондиционер, где проходя воздухоохладитель, охлаждается и подсушивается до необходимых параметров. Затем, проходя калорифер, подогревается при постоянном влагосодержании и вновь

направляется в камеру отопления. В камере воздух отдает теплоту продукту, который нагревается и из него происходит испарение влаги. Поэтому воздух охлаждается и увлажняется.

Для уменьшения усушки продуктов в процессе отопления относительную влажность теплого воздуха повышают до возможных пределов. Принимается ряд мер для обеспечения равномерного отопления продуктов в камере. Для торможения микробиологических процессов используются различные способы обеззараживания воздуха (озонирование, ультрафиолетовое облучение и др.).

Продолжительность отопления зависит от размеров и формы продукта, температуры и скорости движения воздуха, вида тары, упаковки и их теплофизических свойств, начальной и конечной температур продукта.

Продолжительность отопления продуктов обычно составляет от одних до двух суток. Отопление переохлажденной плодовоовощной продукции может длиться от нескольких суток до нескольких недель. Техническое исполнение процесса отопления различных продуктов в основном одинаково. При размещении продуктов в камерах важно обеспечить свободную циркуляцию воздуха. Отопление продуктов, обладающих резкими специфическими запахами совместно с другими продуктами недопустимо.

Размораживанием пищевых продуктов называют процесс перехода содержащейся в них воды из твердого (кристаллического) состояния в жидкое. При этом следует стремиться к максимально возможному восстановлению исходных свойств продукта, с минимальными количественными и качественными потерями.

При одинаковых перепадах температур размораживание протекает медленнее замораживания. Это связано с тем, что теплопроводность льда в 4 раза больше теплопроводности воды. При замораживании вначале замерзают поверхностные слои, что увеличивает их теплопроводность, интенсифицируется процесс отвода тепла и ускоряется процесс замораживания. При размораживании переход воды из твердого в жидкое состояние, в первую очередь, также происходит в поверхностных слоях, но при этом коэффициент теплопроводности резко снижается, соответственно уменьшается интенсивность подвода тепла и замедляется процесс размораживания. Например, при продолжительности замораживания продукта 28 мин, его размораживание длится около 52 мин. Снижение скорости процесса размораживания приходится главным образом на критический диапазон температур (около температуры плавления льда). Это связано с перекристаллизацией и возможно дополнительное повреждение тканей, особенно для продуктов, имеющих большие объемы.

Технологическая обратимость процесса замораживания, т. е. восстановление исходных свойств и, соответственно, качества продукта зависит не только от режима размораживания, но и в еще большей степени от режима замораживания.

Обратимость процесса замораживания определяется особенностями структуры продукта, его индивидуальными свойствами, распределением влаги в тканях (клетках и межклеточном пространстве), ее энергией связи, проницаемостью клеточных мембран для влаги и растворенных веществ и т. д.

Такое перемещение влаги в тканях продукта приводит к частичному нарушению клеточной структуры и гидратации белков.

При замораживании и дальнейшем холодильном хранении влага перемещается из клеток в межклеточное и межволоконное пространства. Для повышения обратимости процесса замораживания режим размораживания должен обеспечить создание условий для восстановления исходного баланса влаги в продукте. Образующаяся при таянии вода должна перемещаться в клетки и волокна продукта. В противном случае происходит вытекание из продукта сока, потеря им питательных и вкусовых качеств, изменение консистенции и цвета.

Причинами потери продуктом сока при размораживании являются: повреждение волокон и оболочек клеток кристаллами льда, вследствие чего снижается их влагоудерживающая способность; некоторая потеря способности клеточных белков к набуханию; протекание биохимических процессов в тканях приводит к изменению реакции среды; структуры ткани; происходит частичный распад сложных веществ на более простые с меньшей влагопоглощающей способностью. Недостатки любых способов замораживания и хранения делают невозможным полную обратимость процесса (полное восстановление исходных свойств обрабатываемого продукта). Задачей холодильной технологии является организация технологического процесса производства мороженой продукции и ее размораживания, обеспечивающего максимальную его обратимость. Наиболее показательным влиянием скорости замораживания. Например, медленное замораживание при температурах минус 6 – минус 8 °С приводит к образованию крупных кристаллов льда, повреждающих ткани, и потери тканевого сока до 11–12 %, а при неблагоприятных условиях продолжительного хранения они при размораживании могут достигать 12–16 % исходной массы продукта. Скорость замораживания увеличивается с понижением температуры охлаждающей среды. При быстром замораживании с температурами минус 25 – минус 30 °С и ниже уменьшается диффузия влаги из клеток, так как процесс отвода теплоты от продукта происходит быстрее, чем диффузия влаги. Поэтому в тканях продукта образуются равномерно распределенные мелкие кристаллы льда, что способствует значительно меньшим потерям сока при размораживании и последующей тепловой обработке. Максимальное количество влаги кристаллизуется в диапазоне температур минус 1 – минус 5 °С. Чем выше скорость происхождения этого температурного диапазона, тем меньше размеры образующихся кристаллов льда. При размораживании в тканях продуктов, как животного, так и растительного происхождения биохимические процессы усиливаются в сторону гидролитических реакций, ухудшающих гидрофильные свойства тканей и увеличивающих потерю

сока. Его потери будут тем меньше, чем интенсивнее теплообмен в интервале температур минус 5 – минус 1 °С.

Пищевые продукты можно размораживать различными способами, которые используются как на предприятиях пищевой промышленности, так и в сети розничной торговли и общественного питания. В зависимости от способа подвода тепла их можно разделить на следующие группы:

1. Подвод теплоты к поверхности продукта конвекцией. Теплопередающей средой может быть воздух, жидкость (орошение или погружение), конденсирующиеся под вакуумом пары, паровоздушная смесь, инфракрасное излучение и др.

2. Объемный подвод теплоты – одновременное нагревание продукта во всем объеме. Такой нагрев производится токами различной частоты: сверхвысокой (СВЧ), высокой (ВЧ), промышленной (ПЧ).

3. Комбинированные способы: одновременно конвективный (поверхностный) и объемный подвод теплоты, например, микроволновый.

Поверхностный нагрев осуществляется легче всего, поэтому на практике он осуществляется наиболее часто, комбинированные способы нагрева используются меньше, а объемный нагрев еще реже.

Размораживание путем конвективного теплообмена с теплоподводящей средой может быть:

- медленным (в воздухе при температурах 0–8 °С);
- быстрым (в воздухе при температурах 15–20 °С);
- в паровоздушной смеси при температурах 25–40 °С;
- в вакууме при температурах не выше 15–20 °С;
- орошением или погружением в воду при температурах 4–20 °;
- в мелкодробленом льду при температурах 0–1 °С;
- при кристаллизации воды при температурах 0,5–1 °;
- на горячей металлической поверхности при температурах 180–200 °С.

Перспективными для размораживания мясных полутуш является использование переменных режимов воздушной среды (двух- и трехстадийное размораживание при различных температурах и влажностях), позволяющих сократить продолжительность процесса не меньше, чем на 30...40% и потери массы продукта в 1,5 и более раза.

Воздушная среда получила наиболее широкое применение для размораживания любых продуктов (мяса, рыбы, птицы, плодов и овощей, мелкоизмельченных продуктов и т.д.). Вода используется для размораживания рыбы, птицы, плодов. Токи СВЧ и ВЧ – в основном для кулинарных изделий, а также блоков мяса при неполном размораживании до температур: минус 2 – минус 3 °С; токи промыш-

ленной частоты – для продуктов, имеющих форму блоков и брикетов. Паровоздушная смесь – для мяса; вакуум – для рыбы, мяса и мясных блоков; горячая металлическая поверхность – для полуфабрикатов.

При выборе способа размораживания основными факторами являются: высокое качество получаемого продукта, минимальные потери его массы, экономичность и техническая простота.

При воздушном размораживании продукты размещаются в камерах и туннелях. Для нагревания воздуха используются воздухонагреватели (паровые и водяные). Так как паровые воздухонагреватели не могут обеспечить необходимой точности поддержания температур, то с целью более точного регулирования температурного режима размораживания на различных стадиях предпочтение отдают водяным воздухонагревателям, состоящим не менее, чем из двух-трех теплообменных секций. Для регулирования влажности воздуха используются форсунки тонкого распыления воды, которые устанавливаются в камерах размораживания, или паровые увлажнители.

Для размораживания в паровоздушной среде необходима установка дополнительных паропроводов.

При размораживании жидкими средами (водой, рассолом) погружным способом к емкостям, в которые подаются продукты конвейерами или корзинами подводятся и отводятся соответствующие трубопроводы. При оросительном способе используются душевые устройства. Циркуляция воды обеспечивается насосом. В целях экономии расхода воды необходима ее постоянная очистка с помощью фильтров и обеззараживание различными способами. Отработанная вода периодически сменяется по мере ее загрязнения.

В кулинарной практике часто размораживание проводится одновременно с тепловой обработкой продуктов: варкой (в воде или паре), с жаркой (на сковороде или в кипящем масле). Для этого используются полностью подготовленные замороженные блюда из мяса, птицы, рыбы и др., мясные и рыбные полуфабрикаты, овощные смеси для гарниров и супов. При этом продолжительность размораживания минимальная. Продолжительность размораживания зависит от многих факторов:

– при конвективном отводе тепла от разности температур продукта и теплоносителя, интенсивности теплоотдачи от него к продукту, его теплофизических свойств, формы и размеров. Расчет продолжительности размораживания производится на основе эмпирических зависимостей, которые основаны на ряде допущений при выводе этих зависимостей для процесса тепловой обработки продукта при размораживании.

Задание

Рассчитать количество подведенной теплоты к мясу говядины массой 25 кг начальная температура минус 25 °С, конечная 1 °С.

Вопросы для самоконтроля

1. Дать определение процесса размораживания.
2. Какие способы применяют для процесса размораживания продуктов?
3. Что является задачей расчета процесса размораживания?
4. От чего зависит продолжительность процесса размораживания?
5. Дать определение процесса отепления.
6. Какие способы применяют для процесса отепления продуктов?
7. Что является задачей расчета процесса отепления?
8. От чего зависит продолжительность процесса отепления?

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Согласно учебному плану дисциплины «Основы холодильной технологии» направления подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, студенты заочной формы обучения закрепляют изучаемый материал, самостоятельно в виде выполнения контрольной работы.

При выполнении контрольной работы студенты отвечают на два вопроса. Первый вопрос контрольной работы выбирается по последней цифре номера зачетной книжки. Второй вопрос по предпоследней. Например: номер 9031 – первый вопрос 1, второй 30. Номер 0100 первый вопрос 0, второй 10.

Ответы на рассматриваемые вопросы должны излагаться по существу, быть четкими, полными и ясными.

При ответе на вопросы студент должен использовать не только учебную литературу, но и статьи, публикуемые в периодической печати, указывая в работе источники информации. Текстовая часть работы может быть иллюстрирована рисунками, схемами, таблицами. В конце приводится список использованных источников.

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.

Структура контрольной работы:

- титульный лист (приложение 1)
- содержание
- текстовая часть (каждый вопрос начинать с нового листа)
- список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018, ГОСТ 7.82-2001.

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 полноты раскрытия вопроса и объема предоставленного материала 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).

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.

ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Состав пищевых продуктов.
2. Теплофизические свойства пищевых продуктов.
3. Действия низких температур на микрофлору пищевых продуктов
4. Действия низких температур на качество пищевых продуктов
5. Процесс охлаждения пищевых продуктов.
6. Расчет продолжительности процесса охлаждения.
7. Процесс подмораживания пищевых продуктов.
8. Расчет продолжительности процесса подмораживания .
9. Процесс замораживания пищевых продуктов.
0. Расчет продолжительности процесса замораживания .
10. Процесс размораживания пищевых продуктов.
20. Процесс отепления пищевых продуктов.
30. Действие низких температур на продукты растительного происхождения.
40. Действие низких температур на продукты животного происхождения.
50. Расчет продолжительности процесса размораживания.
60. Холодильное хранение.
70. Режимы хранения охлажденных продуктов. Особенности хранения охлажденных продуктов растительного происхождения.
80. Криоконцентрирование.
90. Режимы хранения мороженных продуктов. Особенности хранения мороженных продуктов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 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.
2. Буянов, О. Н. Холодильное технологическое оборудование: учеб. пособие / О. Н. Буянов, Н. Н. Воробьёва, А. В. Усов; под ред. Н. В. Шишкина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2009. – 200 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141510> (дата обращения: 0.11.2020). – ISBN 978-5-89289-542-2. – Текст: электронный.
3. Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник / А. М. Ершов [и др.]. – Москва: КОЛОС, 2010. – 1063 с.
4. Эрлихман, В. Н. Консервирование и переработка пищевых продуктов при отрицательных температурах / В. Н. Эрлихман, Ю. А. Фатыхов; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2004. – 248 с.
5. Эрлихман, В. Н. Холодильная технология. Современные морозильные аппараты / В. Н. Эрлихман, А. Э. Суслов. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2008. – 88 с.
6. Абдульманов, Х. А. Холодильные машины и установки, их эксплуатация: учеб. пособие / Х. А. Абдульманов, Л. И. Балыкова, И. П. Сарайкина. – Москва: Колос, 2006. – 327 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

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

Институт агроинженерии и пищевых систем
Кафедра инжиниринга технологического оборудования

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.

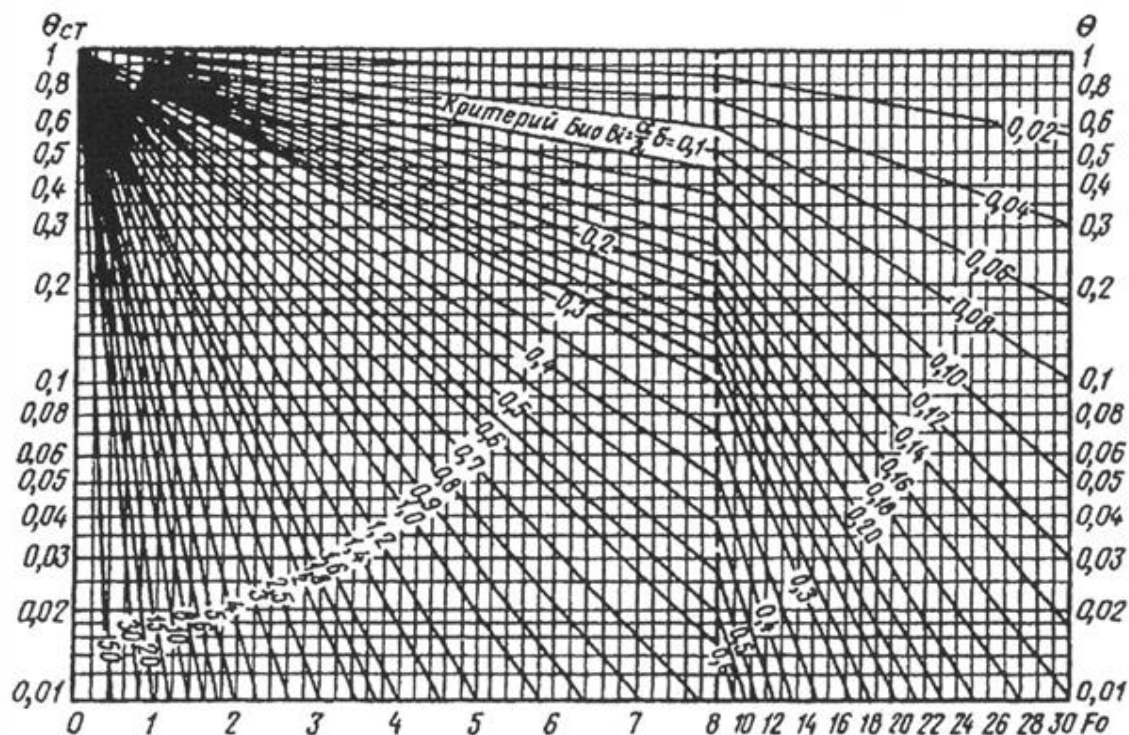
Контрольная работа
по дисциплине
«ОСНОВЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ»

Шифр студента _____
Вариант № _____

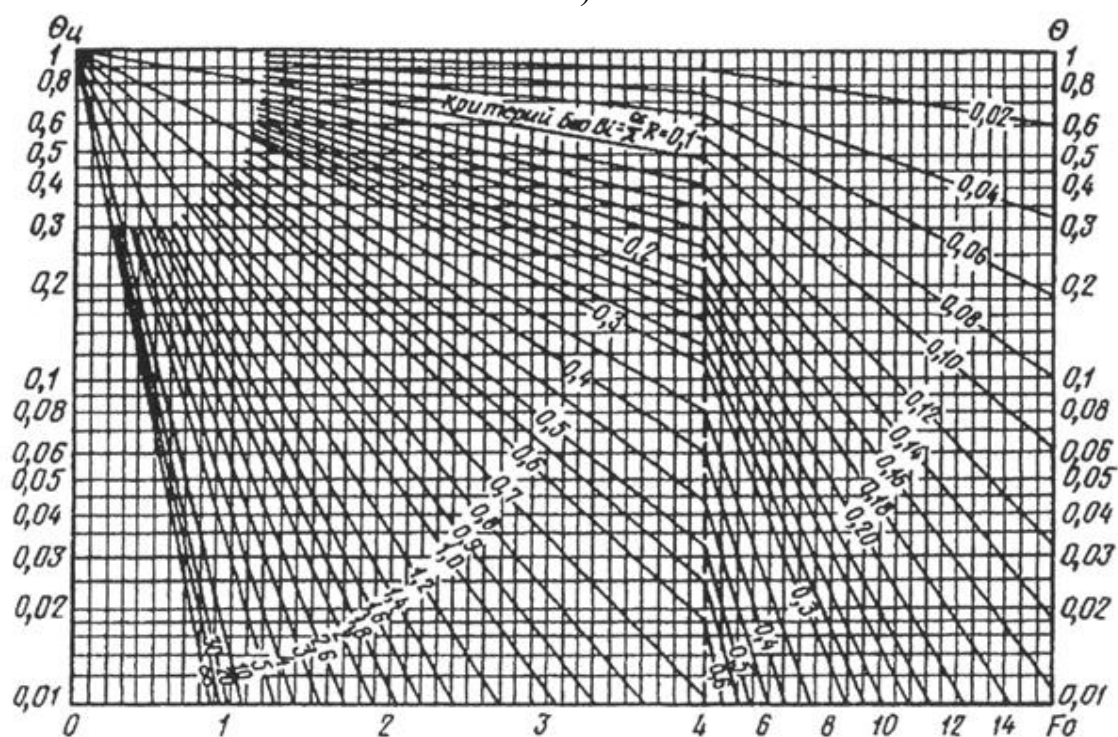
Работу выполнил:
студент гр. _____
_____ Фамилия И.О.
«__» _____ 202__ г.

Калининград - 20__

Безразмерная температура: а) на поверхности шара; б) в центре шара

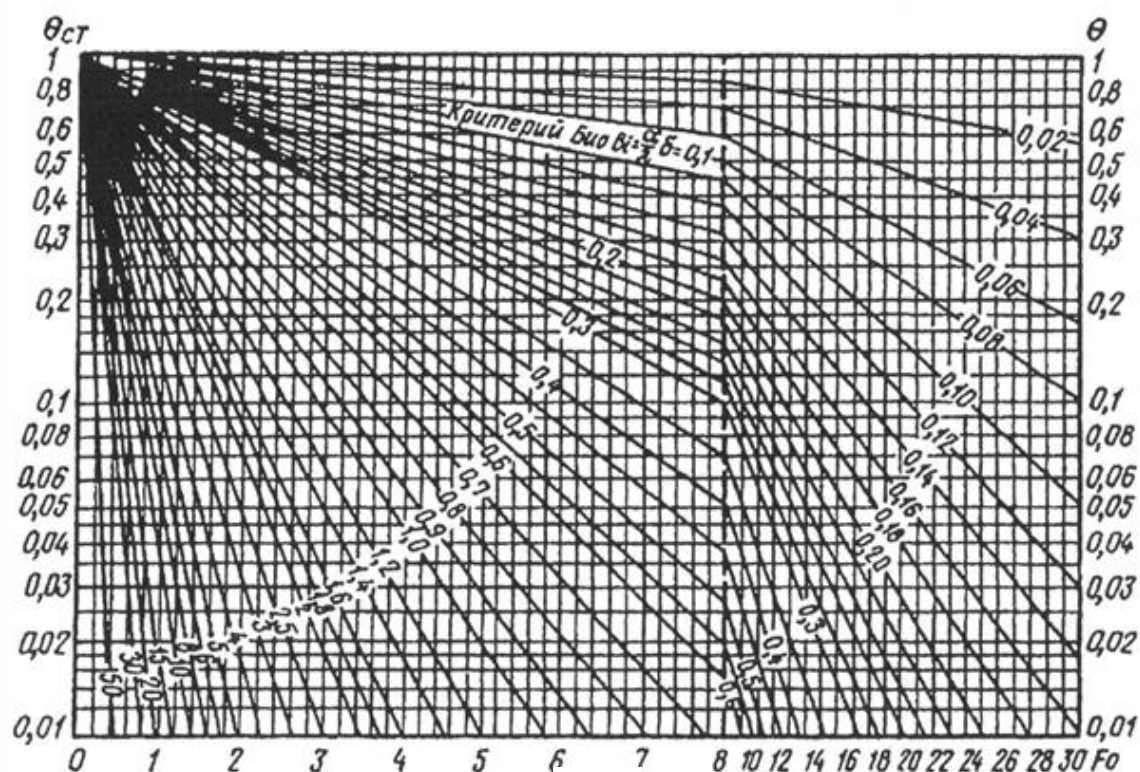


а)

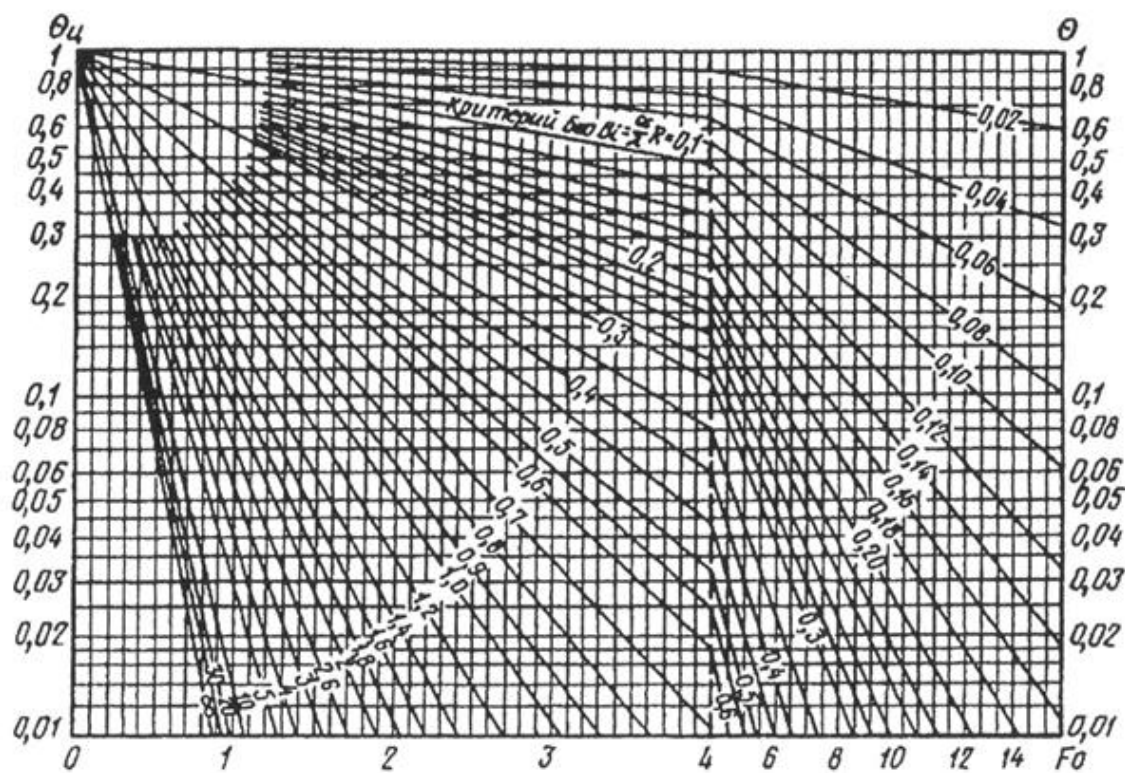


б)

Безразмерная температура а) на поверхности пластины; б) в центре пластины



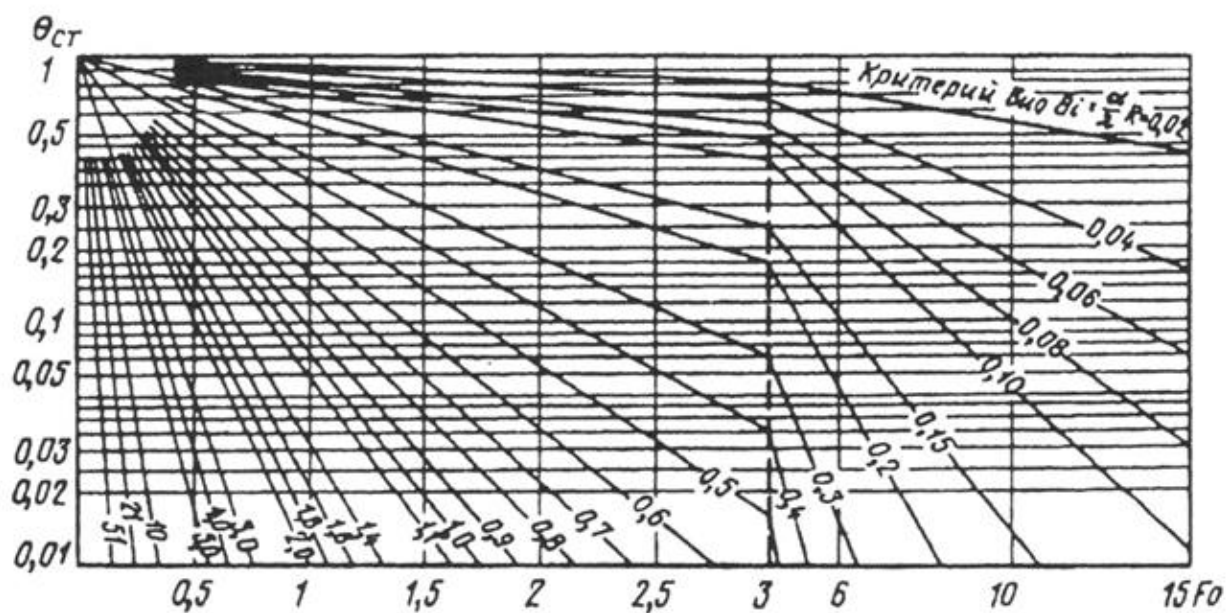
а)



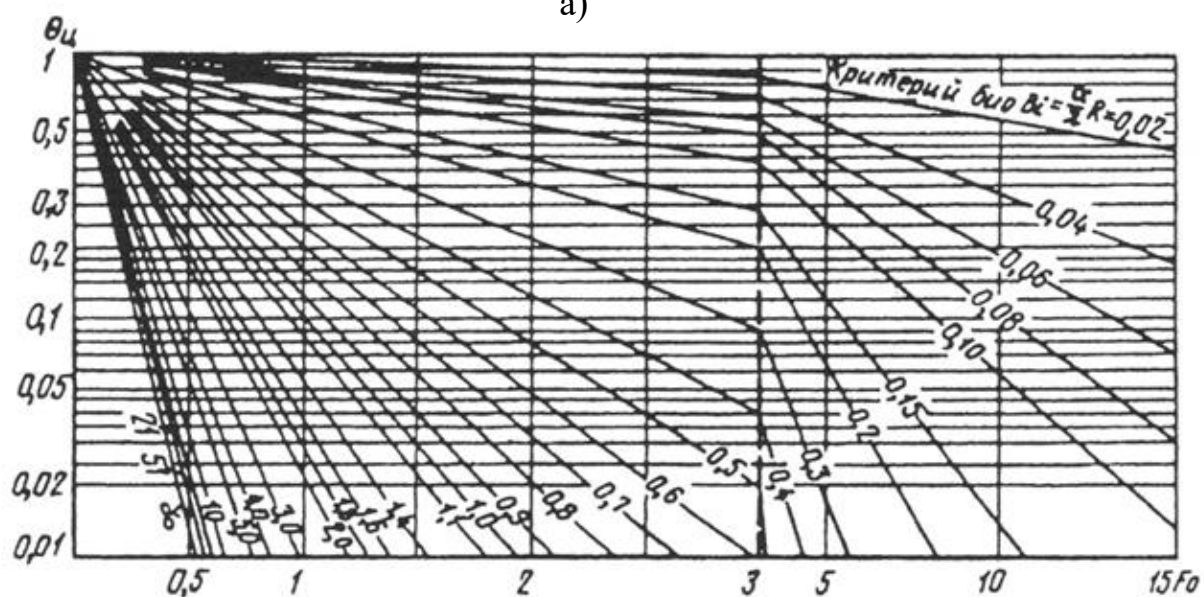
б)

Приложение 4

Безразмерная температура: а) на поверхности цилиндра; б) в центре цилиндра



а)



б)

Энтальпии пищевых продуктов

Продукты	Удельные энтальпии продуктов (в кДж/кг) при температуре продукта, °С					
	-20	-15	-10	-5	-2	0
Мясо говяжье, птица	0	13,0	30,2	57,3	98,8	232,2
Баранина	0	12,6	29,8	55,6	95,8	224,0
Свинина	0	12,2	28,9	54,4	91,6	211,8
Субпродукты мясные	0	13,8	33,2	62,8	109,6	261,0
Рыба						
тощая	0	14,3	33,6	64,0	111,6	265,8
жирная	0	14,3	32,7	62,5	106,2	249,0
Яйца в скорлупе	-	-	-	-	230,2	237,0
Масло сливочное	0	10,1	23,5	40,6	60,4	95,0
Молоко цельное	0	14,3	32,7	62,8	111,2	317,8
Простокваша, кефир	-	-	-	-	-	0
Сметана	-	-	-	-	-	0
Творог	0	26,8	53,2	85,9	-	299,1
Сыр	-	-	-	5,5	14,3	19,7
Мороженое сливочное	0	19,7	46,9	105,3	221,0	227,4
Виноград, абрикосы, вишня	0	20,6	49,8	116,0	229,0	235,8
Продукты	Удельные энтальпии продуктов (в кДж/кг) при температуре продукта, °С					
	2	8	12	20	30	40
Мясо говяжье, птица	238,2	248,2	270,8	296,8	329,0	361,0
Баранина	230,0	249,0	261,4	286,7	314,0	349,8
Свинина	217,8	235,8	248,2	272,5	301,8	332,2
Субпродукты мясные	268,3	289,2	302,2	330,6	366,0	401,0
Рыба						
тощая	272,9	293,9	308,0	336,0	371,0	406,0
жирная	256,0	277,0	290,0	317,4	351,5	385,0
Яйца в скорлупе	243,3	262,4	274,3	300,0	331,5	362,7
Масло сливочное	101,4	121,4	138,6	182,8	221,4	253,6
Молоко цельное	326,8	350,7	366,0	398,0	437,0	477,0
Простокваша, кефир	8,0	31,4	47,3	78,6	118,0	-
Сметана	5,9	29,3	44,4	73,7	110,6	-
Творог	205,5	326,9	344,3	369,4	404,7	-
Сыр	25,2	42,3	53,2	75,7	103,8	-
Мороженое сливочное	234,9	254,4	267,9	294,8	328,0	361,4
Виноград, абрикосы, вишня	242,9	264,5	278,6	307,0	343,0	378,0

Локальный электронный методический материал

Александр Эдуардович Суслов

ОСНОВЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 2,7. Печ. л. 2,3

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