

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

**М. В. Хомякова**

## **ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

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

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2022

УДК 664

Рецензент

кандидат технических наук, профессор кафедры инжиниринга  
технологического оборудования ФГБОУ ВО «Калининградский  
государственный технический университет»

А. Э. Суслов

Хомякова, М. В.

Процессы и аппараты пищевых производств: учеб.-методич. пособие по изучению дисциплины для студ. бакалавриата по напр. подгот. 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания / М. В. Хомякова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 24 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Процессы и аппараты пищевых производств» представлены учебно-методические материалы по освоению тем лекционного курса, включающие подробный план лекций по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля.

Табл. 2, список лит. – 19 наименований

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к опубликованию кафедрой инжиниринга технологического оборудования 23 апреля 2022 г., протокол № 3

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала для использования в учебном процессе методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 15 июня 2022 г., протокол № 7

УДК 664

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2022 г.  
© Хомякова М.В., 2022 г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	8
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	23

## ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях роль организации и расчета технологических процессов пищевых производства, а также проектирования технологической аппаратуры существенно возрастает. Для решения этих задач требуются квалифицированные специалисты в области пищевых производств.

Целями подготовки студентов являются рациональный выбор конструкций, расчет машин и аппаратов для определенных технологических процессов, а также метод целесообразной промышленной эксплуатации их, направленный на достижение максимальной производительности при минимальных затратах и высоком качестве готовой продукции.

Целью освоения дисциплины является формирование знаний, умений и навыков в области пищевых производств, осуществляемых с использованием различных процессов и аппаратов, входящих в состав технологических линий, обеспечивающих выпуск продуктов питания.

Задачи изучения дисциплины:

- освоение основных понятий, методов и средств переработки сырья и продуктов в рассматриваемой технологической линии;
- формирование навыков в проведении технологических, материальных и тепловых расчетов изучаемых процессов и аппаратов;
- формирование навыков определения оптимальных параметров процесса и способов их достижения;
- формирование навыков работы с различными источниками информации при выполнении курсового проекта.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- основные процессы и аппараты пищевой промышленности, принцип работы оборудования;
- методику расчета аппаратов при заданных технологических параметрах процесса;
- основные понятия о подобии физических явлений, о теории тепло- и массообмена;
- рациональные способы эксплуатации машин и технологического оборудования при производстве продукции питания.

Уметь:

- пользоваться методическими и нормативными материалами, техническими условиями и стандартами при расчете и выборе аппаратов в условиях курсового проектирования;
- выполнять экспериментальные исследования по определению реальных параметров аппаратов (в лабораторных установках);

- выполнять расчеты на прочность и жесткость; выполнять расчеты деталей машин и механизмов; рассчитывать режимы технологических процессов, используя справочную литературу.

Владеть:

- рациональными методами эксплуатации технологического и торгового оборудования.

При реализации дисциплины «Процессы и аппараты пищевых производств» организуется практическая подготовка путем проведения практических занятий (лабораторных работ), 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 «Процессы и аппараты пищевых производств» студент должен активно работать на лекционных занятиях, организовывать самостоятельную внеаудиторную деятельность.

Курсовой проект, выполняемый в шестом семестре, представляет собой решение комплексной инженерно-технической задачи, включающей в себя выбор и разработку технологического процесса, компоновку объекта проектирования, выбор основных элементов и узлов проектируемого объекта, расчет аппарата, основных его узлов и элементов, обоснование принятых методов расчета и технических решений

Промежуточной аттестацией по завершению курса является экзамен, к которому допускаются студенты, освоившие темы курса и выполнившие лабораторные работы и курсовой проект

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:

- задания и контрольные вопросы к лабораторным работам;
- задания к курсовому проекту.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме курсовой работы и экзамена, соответственно, относятся вопросы к экзамену.

К экзамену допускаются студенты:

- положительно аттестованные по результатам освоения дисциплины;
- получившие положительную оценку при защите курсового проекта.

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную

(процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (таблица 1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0–40%	41–60%	61–80 %	81–100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	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
<b>2. Работа с информацией</b>	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	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 задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

<b>Система оценок</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>0–40%</b>	<b>41–60%</b>	<b>61–80 %</b>	<b>81–100 %</b>
	<b>«неудовлетворительно»</b>	<b>«удовлетворительно»</b>	<b>«хорошо»</b>	<b>«отлично»</b>
	<b>«не зачтено»</b>	<b>«зачтено»</b>		
<b>Критерий</b>	предложенный алгоритм, допускает ошибки		предложенного алгоритма	

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 «Процессы и аппараты пищевых производств» в учебно-методическом пособии по изучению дисциплины приводится краткое содержание каждой темы занятия и организации самостоятельной работы студентов.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Осваивая курс «Процессы и аппараты пищевых производств», студент должен научиться работать на лекциях, лабораторных 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, 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, лабораторные занятия, консультирование по выполнению курсового проекта.

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 основным процессам и аппаратам пищевой промышленности. При проведении лекций необходимо использовать технические средства обучения, ЭИОС, 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.

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:

- опросы по теоретическому материалу;
- контроль на лабораторных занятиях;
- контроль выполнения и защита курсового проекта.

Промежуточный контроль осуществляется в форме сдачи курсового проекта и экзамена в 6 семестре 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 таблице 2.

Таблица 2 – Объем (трудоемкость освоения) и структура ЛЗ

Номер темы	Содержание лекционного занятия	Кол-во часов ЛЗ	
		очная форма	заочная форма
1	Введение. Основные понятия и определения	1	0,5
2	Тепловые процессы	1	1
3	Нагревание и охлаждение	3	1
4	Выпаривание	4	1
5	Гидромеханические процессы. Осаждение частиц в поле сил тяжести	2	1
6	Осаждение частиц в поле центробежных сил	2	-
7	Фильтрация	3	-
8	Очистка газов	2	-
9	Перемешивание	1	-
10	Массообменные процессы. Сушка	3	1
11	Сорбция	1	0,5
12	Экстрагирование	2	-
13	Перегонка и ректификация	2	1
14	Механические процессы. Измельчение и сортирование	2	1
15	Прессование	1	-
Итого		30	8

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. Введение. Основные понятия и определения**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Классификация процессов пищевой промышленности. Движущая сила процесса.

2. Технологические свойства материалов.

2. Основы рационального построения аппаратов.

*Ключевые понятия:* процесс, движущая сила процесса, свойства материалов, требования к аппаратам

*Литература:* [3, с. 4–50; 4, с. 3–34]

### *Методические рекомендации*

Первая тема курса дисциплины «Процессы и аппараты пищевых производств» 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 классификацию основных процессов пищевой технологии, свойства сырья, продуктов и полуфабрикатов, структурно-механические, теплофизические и физико-химические свойства материалов, а также требования к аппаратам и материалам, идущим на изготовления аппаратов.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Каким основным законам подчиняются процессы пищевой технологии?  
2. В чем заключается оптимизация проведения процесса?  
3. Какими техническими свойствами характеризуются сырье, продукты и полуфабрикаты?

4. Какие требования предъявляются к конструкциям аппаратов?

5. Каким требованиям должны соответствовать материалы, идущие на изготовление аппаратов?

6. Какие конструкционные материалы используются в пищевой отрасли?

## **Тема 2. Тепловые процессы**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Классификация тепловых процессов.
2. Способы передачи теплоты.
3. Пути интенсификации теплопередачи.

*Ключевые понятия:* теплопередача, теплопроводность, конвекция, тепловое излучение

*Литература:* [19, с. 193–210; 3, с. 130–150]

### *Методические рекомендации*

Необходимо ознакомиться с процессами переноса теплоты, происходящими между телами, имеющими разную температуру. Обратить внимание на основные способы проведения тепловых процессов.

Рассмотреть способы передачи теплоты от одного тела к другому, в частности: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение.

Изучить пути интенсификации теплопередачи, так как они являются одним из основных направлений развития и усовершенствования тепловых аппаратов пищевых производств.

### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие технологические процессы относят к тепловым?
2. Какими способами может передаваться теплота от одного теплоносителя к другому?
3. Как определяется движущая сила теплообменных процессов?

## **Тема 3. Нагревание и охлаждение**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Нагревание.
2. Виды теплоносителей.
3. Охлаждение.
4. Теплообменные аппараты.
5. Основные типы конденсаторов.
6. Основы холодильной техники.

*Ключевые понятия:* нагревание, охлаждение, пастеризация, стерилизация, теплообменники, конденсатоотводчики, теплоносители, охлаждающие агент, хладагенты, хладоносители

*Литература:* [19, с. 211–234; 3, с. 151–174]

*Методические рекомендации*

Изучить суть процесса нагревания.

Обозначить основные виды теплоносителей, так как их выбор зависит от требуемой температуры и необходимости ее регулирования. Ознакомиться с видами тепловой обработки продуктов – стерилизацией и пастеризацией.

Рассмотреть процесс понижения температуры материалов путем отвода от них теплоты, а также виды охлаждающих агентов.

Изучить устройство и принцип действия теплообменных аппаратов.

Познакомиться со специальными устройствами для организации беспрепятственного удаления из теплообменника парового конденсата без выпуска пара – конденсатоотводчиками.

Получить общие сведения о применении холода в пищевых производствах. Рассмотреть холодильные агенты, хладоносители и их свойства. Изучить классификацию холодильных машин.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие методы нагревания применяются в пищевых производствах? Дайте им краткую характеристику.

2. Какие виды теплоносителей и охлаждающих агентов вы знаете?

3. Как устроены кожухотрубный, пластинчатый, змеевиковый, спиральный теплообменники? Какие достоинства и недостатки присущи этим теплообменникам?

4. В чем различия стерилизации и пастеризации?

5. Приведите виды конденсатоотводчиков.

6. Какие хладагенты используются для охлаждения газов, паров и жидкостей?

7. Перечислите основные конструктивные элементы паровых компрессионных холодильных установок.

8. Назовите принципиальное отличие между паровыми компрессионными, абсорбционными и пароэжекторными холодильными машинами.

## **Тема 4. Выпаривание**

*Ключевые вопросы темы*

1. Методы выпаривания и выпарные установки.

2. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки.

3. Конденсация.

*Ключевые понятия:* выпаривание, выпарные установки, конденсация

*Литература:* [19, с. 235–288; 3, с. 175–200]

*Методические рекомендации*

Ознакомиться с методами выпаривания и выпарными установками.

Изучить устройство и принцип действия выпарных установок, научиться обосновывать выбор оптимального количества корпусов.

Рассмотреть физическую сущность процесса конденсации, а также виды, устройства и принцип действия конденсаторов.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какими способами осуществляется процесс выпаривания и какие конструкции выпарных аппаратов применяются в пищевой отрасли?

2. Назовите принцип работы одно- и многокорпусной установки и выпарных аппаратов.

3. От каких параметров зависит выбор выпарной установки и определение оптимального числа корпусов в ней?

4. При каких условиях происходит процесс конденсации паров и газов?

5. Как устроены поверхностный конденсатор и конденсатор смешения?

6. Чем различаются конденсаторы смешения «мокрого» и «сухого» типов?

7. В чем заключается расчет барометрического конденсатора смешения?

## **Тема 5. Гидромеханические процессы. Осаждение частиц в поле сил тяжести**

*Ключевые вопросы темы*

1. Разделение компонентов жидких систем.

2. Классификация процессов разделения неоднородных систем.

3. Осаждение.

4. Пути интенсификации отстаивания.

5. Устройство отстойников.

6. Осаждение под действием центробежной силы.

*Ключевые понятия:* неоднородные жидкие системы, осаждение, отстойники

*Литература:* [19, с. 115–132; 3, с. 38–48]

*Методические рекомендации*

При освоении данной темы курса необходимо познакомиться с определением гидромеханических процессов в пищевой промышленности.

Обратить внимание на классификацию неоднородных систем и процессов их разделения по движущей силе.

Подробно рассмотреть процесс осаждения в гравитационном поле и пути его интенсификации, а также особое внимание уделить устройству отстойников.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что называется жидкостью и какими основными свойствами она характеризуется?
2. От каких параметров зависит величина гидростатического давления?
3. Приведите примеры практического применения уравнения Бернулли.
4. Перечислите основные характеристики насосов, компрессоров, вентиляторов.
5. Что влияет на производительность одноярусного отстойника непрерывного действия?

### **Тема 6. Осаждение частиц в поле центробежных сил**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Способы создания поля действия центробежной силы.
2. Устройства для центробежного осаждения.

*Ключевые понятия:* циклонный процесс, центрифугирование

*Литература:* [19, с. 132–148; 3, с. 49–51]

#### *Методические рекомендации*

При изучении данной темы необходимо уделить внимание способам создания центробежной силы. Детально изучить устройства для центробежного осаждения. Особое внимание уделить принципам работы гидроциклонов, центрифуг и сепараторов.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Для разделения каких неоднородных систем используется осаждение под действием центробежной силы?
2. Какими способами создается поле действия центробежной силы при осаждении?
2. Какие существуют устройства для центробежного осаждения?

### **Тема 7. Фильтрация**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Типы фильтрования.
2. Виды фильтрующих перегородок.
3. Характеристика осадков.
4. Классификация аппаратов для фильтрования.

*Ключевые понятия:* фильтрование, фильтрующие перегородки, осадки, фильтры, центрифуги

*Литература:* [19, с. 149–169; 3, с. 62–77]

### *Методические рекомендации*

При изучении вопросов рассматриваемой темы обучающимся необходимо уделить внимание трансформации национальных инновационных систем, касающихся пищевой и перерабатывающей промышленности, призванной обеспечивать население различными продуктами питания в объемах и ассортименте, достаточных для формирования правильного, сбалансированного рациона питания, а также с учетом специфических особенностей состояния здоровья отдельных категорий граждан, обеспечения их функциональными продуктами питания в России. Рассмотреть научные аспекты использования инновационных подходов в производстве детского, диетического, лечебно-профилактического, геродиетического и функционального питания.

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие силы являются движущими силами процесса фильтрования?
2. В какой зависимости находятся производительность фильтра и движущая сила процесса фильтрования с несжимаемым и сжимаемым осадками?
3. Чем обуславливается выбор вида фильтрующей перегородки?
4. По каким принципам в пищевой промышленности производится подразделение фильтров и центрифуг?

## **Тема 8. Очистка газов**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Цели и способы очистки воздуха и промышленных газов.
2. Аппараты для очистки воздуха и промышленных газов.

*Ключевые понятия:* осаждение пыли, циклоны, фильтрование газов, мокрая очистка газов, электрофильтры.

*Литература:* [19, с. 170–177; 3, с. 79–91]

### *Методические рекомендации*

При изучении данной темы необходимо изучить способы и цели очистки воздуха и промышленных газов.

Во втором вопросе изучаемой темы необходимо рассмотреть основные аппараты для очистки воздуха и промышленных газов. Изучить факторы, влияющие на степень очистки в каждом конкретном аппарате.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какие методы очистки воздуха и промышленного газа используются в пищевой технологии и какие из них более эффективны?
2. От каких факторов зависит степень очистки газов в циклонах, скрубберах, фильтрах, пенном пылеуловителе, электроfiltре?

### **Тема 9. Перемешивание**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Способы перемешивания.
2. Перемешивание в жидкой среде.
3. Смешивание сыпучих материалов.
4. Перемешивание пластических материалов.

*Ключевые понятия:* перемешивание, смешивание

*Литература:* [19, с. 102–115; 3, с. 102–117]

#### *Методические рекомендации*

При изучении темы следует изучить способы перемешивания, цель и подразделение по состоянию перемешиваемой среды.

Необходимо обратить внимание на процесс перемешивания в жидкой среде, классифицирующийся на механическое, циркуляционное, поточное и пневматическое перемешивания.

Рассмотреть процесс смешивания сыпучих материалов и различные виды смесителей.

Изучить перемешивание пластических материалов, а также виды элементов перемешивающих устройств.

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Для каких целей используются процессы перемешивания и смешивания?
2. Какие конструкции мешалок применяются в пищевой технологии и от чего зависит их выбор?
3. На какие виды делятся смесители?

### **Тема 10. Массообменные процессы. Сушка**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Общие признаки массообменных процессов.

2. Кинетика массопередачи.
3. Материальный баланс массообменных процессов.
4. Основные законы массопередачи.
5. Массопередача с твердой фазой.
6. Движущая сила массообменных процессов.
7. Формы связи влаги с материалом.
8. Кинетика сушки.
9. Способы сушки и их характеристики.
10. Устройство и принцип действия сушилок.

*Ключевые понятия:* массообмен, массопередача, законы Фика, закон массоотдачи, сушка, свободная влага, связанная влага, кинетика сушки

*Литература:* [19, с. 289–360; 3, с. 201–226, 339–374]

#### *Методические рекомендации*

Изучить общие признаки массообменных процессов и их классификацию.

Ознакомиться с процессом перехода вещества (или нескольких веществ) из одной фазы в другую в направлении достижения равновесия.

Рассмотреть схему элементарного массообменного аппарата, в котором происходит массообмен между двумя движущимися потоками фаз.

Освоить основные законы массопередачи: закон молекулярной диффузии (первый закон Фика), закон массоотдачи (закон Ньютона-Шукарева) и закон массопроводности, а также ознакомиться с критериальными уравнениями конвективной диффузии.

Рассмотреть массопередачу с твердой фазой и движущую силу массообменных процессов.

Изучить процесс сушки в пищевой промышленности. Рассмотреть виды связи влаги с материалом. Ознакомиться с диаграммой состояния влажного воздуха. Освоить кинетику сушки и кривые скорости сушки.

Обратить внимание на способы сушки и их характеристики. Познакомиться с устройством и принципом работы контактных, конвективных, радиационных, сублимационных сушилок и сушилок с применением токов высокой частоты.

#### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие признаки объединяют все массообменные процессы?
2. В каком направлении протекают массообменные процессы? Как выражается движущая сила процесса?
3. Каков физический смысл коэффициентов массопередачи и массоотдачи? Какая существует между ними связь?
4. Что характеризуют рабочая и равновесная линии процесса?
5. Как изобразить процесс массопередачи графически?

6. Какими законами описывается перенос вещества из ядра потока к поверхности раздела фаз?

7. Какой закон описывает диффузию вещества в твердом теле?

8. Как можно определить, когда процесс протекает во внутридиффузионной области, а когда во внешнедиффузионной?

9. Почему в расчетной практике пользуются не дифференциальными уравнениями массопереноса, а критериальными?

10. Какой процесс называется сушкой? Назовите ее виды?

11. Перечислите свойства влажного воздуха?

12. В чем отличие конвективных и контактных сушилок?

13. Назовите специальные виды сушки.

## **Тема 11. Сорбция**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Абсорбция.

2. Адсорбция.

3. Десорбция.

4. Схемы абсорбционных и адсорбционных аппаратов.

5. Ионообменные процессы.

*Ключевые понятия:* абсорбция, адсорбция, десорбция, ионообменные процессы

*Литература:* [19, с. 361–388; 3, с. 227–249, 312–338]

### *Методические рекомендации*

Рассмотреть поглощение твердым телом либо жидкостью различных веществ из окружающей среды. Получить общие сведения об абсорбции, адсорбции и десорбции (обратном процессе абсорбции). Изучить аппараты, применяемые при абсорбции и адсорбции. Обратить внимание на характеристики наиболее распространенных адсорбентов. Освоить процесс ионного обмена и рассмотреть принцип работы ионообменной установки периодического действия.

### *Вопросы для самоконтроля:*

1. В чем сущность абсорбции и адсорбции?

2. Что является движущей силой абсорбции?

3. Какие конструкции абсорберов применяют в промышленности?

4. Какие насадки применяются в абсорберах?

5. При каких режимах работают насадочные и барботажные абсорберы?

6. Какие адсорбенты применяются в пищевой промышленности? Какими свойствами они должны обладать?

7. Какие конструкции абсорберов применяются для очистки растворов и газовых веществ?

## **Тема 12. Экстрагирование**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Физическая сущность процесса экстрагирования.
2. Схемы установок для экстрагирования из твердой фазы.
3. Кристаллизация, применение процесса в пищевой промышленности.

*Ключевые понятия:* экстрагирование, кристаллизация

Литература: [19, с. 427–494; 3, с. 274–311, 375–389]

### *Методические рекомендации*

Рассмотреть общие сведения процесса экстрагирования. Изучить устройство и схемы установок для экстрагирования из твердой фазы.

Освоить общие сведения и условия кристаллизации, ее методы и устройства кристаллизаторов.

### *Вопросы для самоконтроля:*

1. В чем сущность процесса экстрагирования?
2. Назовите аппараты для экстрагирования из твердой фазы.
3. Что называется процессом кристаллизации?
4. Какие факторы оказывают влияние на скорость кристаллизации?
5. Перечислите способы кристаллизации.
6. Перечислите виды кристаллизаторов.

## **Тема 13. Перегонка и ректификация**

### *Ключевые вопросы темы*

1. Простая перегонка.
2. Теоретические основы процессов.
3. Ректификация.
4. Ректификационные аппараты
5. Схемы ректификационных аппаратов

*Ключевые понятия:* перегонка, ректификация, ректификационные колонны, многокомпонентные смеси

*Литература:* [19, с. 389–427; 3, с. 250–273]

#### *Методические рекомендации*

В данной теме необходимо изучить простую и многократную перегонку как способ разделения однородных систем. Рассмотреть процесс ректификации. Понять различие между этими процессами.

Ознакомиться с подразделением по конструкции колонн ректификационных аппаратов, принципами их работы.

Рассмотреть схемы ректификационных аппаратов для разделения многокомпонентных смесей.

#### *Вопросы для самоконтроля:*

1. Что такое простая перегонка и ректификация?
2. Какие конструкции ректификационных аппаратов применяются в пищевой промышленности?
3. Какие пути интенсификации перегонки и ректификации вы можете привести?

### **Тема 14. Механические процессы. Измельчение и сортирование**

#### *Ключевые вопросы темы*

1. Основные теоретические положения процесса измельчения.
2. Устройство и принцип действия аппаратов для измельчения.
3. Основные положения процесса сортирования.
4. Устройство и принцип действия аппаратов просеивания.

*Ключевые понятия:* измельчение, сортирование, просеивание, классификация

*Литература:* [19, с. 58–82; 3, с. 390–409]

#### *Методические рекомендации*

При изучении данной темы курса необходимо усвоить основные теоретические положения процесса измельчения. Особое внимание уделить процессам, на которые подразделяется измельчение при уменьшении размеров кусков материала. Изучить зависимость класса измельчения от размера кусков, понятие степени измельчения и его способы.

Необходимо ознакомиться с устройством и работой измельчающих аппаратов.

Рассмотреть процесс и цели механического сортирования частиц зернистых материалов. Уделить внимание основным характеристикам сит.

Изучить устройство и принцип действия грохотов, бурата, рассева, триера и других аппаратов для сортирования. Обратить внимание на виды сортирования.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Какие процессы относятся к механическим?
2. Для какой цели производят измельчение материалов?
3. Чем характеризуется эффективность измельчения?
4. По каким показателям различают классы измельчения?
5. Какими способами измельчают материалы?
6. Перечислите общие требования, предъявляемые к измельчающим машинам.
7. На чем основан принцип действия вальцовой, молотковой, дисковой дробилок, резальных машин, центробежной резки, шаровых мельниц?
8. Для какой цели осуществляется процесс разделения сыпучей смеси на фракции?
9. От чего зависят виды сортирования?
10. По каким признакам характеризуются сита?
11. Каков принцип действия грохотов, буратов, триеров?
12. В чем существенное отличие пневматического и гидравлического сортирования материала?
13. На чем основана магнитная сепарация сыпучей смеси?

## **Тема 15. Прессование**

*Ключевые вопросы темы*

1. Основные теоретические положения процесса прессования.
2. Прессы для отжатия жидкости из твердого материала.
3. Формование пластического материала.
4. Формовочные прессы.
5. Уплотнение сыпучего материала.

*Ключевые понятия:* прессование, прессы, формование, брикетирование, гранулирование

*Литература:* [19, с. 83–101; 3, с. 410–421]

*Методические рекомендации*

В данной теме необходимо ознакомиться с обработкой материалов прессованием. Рассмотреть элементы теории процесса отжатия жидкости из твердого материала давлением.

Изучить принципы работы и устройства отжимающих прессов непрерывного и периодического действия.

Ознакомиться с процессом формования пластического материала и формовочными прессами.

Рассмотреть процесс уплотнения сыпучего материала, в частности: брикетирование и гранулирование.

*Вопросы для самоконтроля:*

1. С какой целью проводят прессование?
2. Каков принцип действия прессов для отжатия жидкости из твердого материала?
3. С какой целью и в каких производствах производят формование пластических материалов и уплотнение сыпучих материалов?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машины и аппараты пищевых производств: в 2 кн. / С. Т. Антипов [и др.]; под ред. В. А. Панфилова. – Москва: Высшая школа, 2001 – Кн. 1. – 703 с.
2. Бредихин, С. А. Технологическое оборудование рыбоперерабатывающих производств: учеб. пособие / С. А. Бредихин, И. Н. Ким, Т. И. Ткаченко. – Москва: МОРКНИГА, 2013. – 749 с.
3. Кавецкий, Г. Д. Процессы и аппараты пищевых производств / Г. Д. Кавецкий, А. В. Королев. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 432 с.
4. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учеб. для вузов / А. Г. Касаткин. – 12-е изд., стер., дораб. – Москва: Альянс, 2005. – 750 с.
5. Машины и аппараты пищевых производств: в 2 кн.: учеб. / С. Т. Антипов [и др.]; под ред. В. А. Панфилова. – Москва: Высшая школа, 2001. – Кн. 2. – 705 с.
6. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского. – Москва: Химия, 1983. – 272 с.
7. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. – изд. 13-е, стер., перепеч. с изд. 1987 г. – Москва: Альянс, 2006. – 575 с.
8. Плаксин, Ю. М. Процессы и аппараты пищевых производств: учеб. / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, В. А. Ларин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: КолосС, 2007. – 759 с.
9. Попов, В. В. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств: учеб. пособие для студ. вузов спец. 260601.65 - Машины и аппараты пищ. пр-в, 260602.65 - Пищ. инженерия мал. предприятий, 220100.62 - Технология продуктов питания, 240902.65 - Пищ. биотехнология, 220301.65 - Автоматизация технологич. процессов и пр-в / В. В. Попов, Н. В. Захаркив; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2005. – 92 с.
10. Попов, В. В. Массообменные процессы в пищевой промышленности: учеб. пособия для студ. спец. 170600 - Машины и аппараты пищ. пр-в и напр. 550200 - Автизация и упр.: в 5 ч. / В. В. Попов; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 1999. – Ч. 2. Абсорбция. – 31 с.
11. Попов, В. В. Массообменные процессы в пищевой промышленности: учеб. пособие для студ. спец. 170600 - Машины и аппараты пищ. пр-в и напр. 550200 - Автоматизация и упр.: в 5 ч. / В. В. Попов; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2001. – Ч. 3. Адсорбция. – 27 с.
12. Попов, В. В. Массообменные процессы в пищевой промышленности: учеб. пособие для студентов вузов специальностей 260601.65 - Машины и

аппараты пищевых пр-в и 260602.65 – Пищевая инженерия малых пред-тий: в 5 ч. / В. В. Попов; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2010. – Ч. 4. Экстрагирование. – 31 с.

13. Попов, В. В. Массообменные процессы в пищевой промышленности: учеб. пособие для студентов специальности 260601.65 - Машины и аппараты пищевых пр-в и 260602.65 – Пищевая инженерия малых предприятий: в 5 ч. / В. В. Попов; Калинингр. гос. техн. ун-т. – Калининград: КГТУ, 2011. – Ч. 5. Кристаллизация. – 22 с.

14. Попов, В. В. Массообменные процессы в пищевой промышленности: учеб. пособ. для студ. спец. 170600 и напр. 550200: в 2 ч. / В. В. Попов. – Калининград: КГТУ, 1997. – Ч. 1. Перегонка и ректификация. – 54 с.

15. Попов, В. В. Процессы и аппараты пищевых производств. Курсовое проектирование: учеб. пособие для студентов вузов специальностей 260601.65 - Машины и аппараты пищ. пр-в и 260602.65 - Пищ. инженерия малых предприятий / В. В. Попов, Н. В. Захаркив. – Калининград: КГТУ, 2009. – 50 с.

16. Попов, В. В. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: справ. пособие по курс. и дип. проект. для студ. вузов спец. 170600 - Машины и аппараты пищ. пр-в, 271300 - Пищ. инженерия мал. предприятий, 271100 - Технология продуктов питания, 210200 - Автоматизация техн. процессов и пр-в, 330500 - Безопасность техн. процессов и пр-в / В. В. Попов, Ю. А. Фатыхов, Н. В. Захаркив. – Калининград: КГТУ, 2004. – 73 с.

17. Процессы и аппараты пищевых производств / под ред. А. Н. Острикова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2012. – 613 с.

18. Процессы и аппараты рыбообрабатывающих производств: учеб. пособие / Н. В. Стефановская [и др.]. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 236 с.

19. Стабников, В. Н. Процессы и аппараты пищевых производств / В. Н. Стабников, В. М. Лысянский, В. Д. Попов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 503 с.

Локальный электронный методический материал

Мария Вячеславовна Хомякова

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 1,9. Печ. л. 1,6

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