

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**  
**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт Технологический  
Кафедра Процессы и аппараты перерабатывающих производств



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. проректора по науке

И.Ю. Свиначев

2022 г.

**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**  
**Процессы и аппараты пищевых производств**

Научная специальность: 4.3.3 Пищевые системы

Отрасль науки: Сельскохозяйственные науки

Москва, 2022

## Содержание

АННОТАЦИЯ .....	5
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА.....	6
2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СДАЧЕ КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА .....	6
3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	16
4. ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗНАНИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК .....	19
5. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.....	21
6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....	23

## АННОТАЦИЯ

Программа кандидатского экзамена имеет целью содействовать подготовке соискателей ученой степени кандидата наук к приобретению глубоких и упорядоченных знаний в области процессов и аппаратов пищевых производств. Прикладной задачей является подготовка к сдаче кандидатского экзамена по основным разделам науки *Сельскохозяйственные науки*. Соискатели ученой степени должны продемонстрировать высокий уровень знаний, умений и навыков в области процессов и аппаратов пищевых производств. В результате освоения настоящей программы должны:

- знать: последние достижения науки, техники и передовых технологий, обеспечивающие увеличение производства пищевой продукции и внедрение в эти процессы прогрессивных физических методов обработки пищевых продуктов;

- получить навыки самостоятельного научного анализа нормативных актов и научных текстов.

Оценка уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук проводится экзаменационными комиссиями в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы в письменном виде.

Продолжительность кандидатского экзамена не более 1 часа.

Структура кандидатского экзамена:

Экзаменационный билет включает в себя 3 вопроса из разделов программы и *двух дополнительных вопросов по теме диссертационного исследования экзаменуемого, оформленных в письменном виде по дополнительной программе.*



## 1. Цель и задачи кандидатского экзамена

Целью проведения кандидатского экзамена является оценка степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по научной специальности *4.3.3 Пищевые системы* и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация

Задачи: 1) ознакомление с последними достижениями науки, техники и передовых технологий, обеспечивающими увеличение производства пищевой продукции и внедрение в эти процессы прогрессивных физических методов обработки пищевых продуктов;

2) получение навыков самостоятельного научного анализа нормативных актов и научных текстов.

## 2. Содержание разделов для подготовки к сдаче кандидатского экзамена

### Раздел 1. Основные понятия и законы, принципы оптимизации процессов

#### *Тема 1 Основные понятия.*

Характеристика понятия «технологический процесс», его отличие от естественных процессов. Технология как наука. «Механическая» и «химическая» технология. Понятие о биотехнологии, теплотехнологии. Общность операций (процессов) различных производств — основа создания курса «Процессы и аппараты пищевых производств». Значение обобщения в свете задач развития технического прогресса. Состав, структура и свойства перерабатываемых продуктов. Классификация процессов пищевых производств.

#### *Тема 2 Основные законы технологических процессов и методы расчета аппаратов.*

Задачи технического прогресса и развития машиностроения, создание технологического потока. Технологические линии пищевых производств, создание автоматических линий и машин.

Машинно-аппаратурные схемы пищевых производств. Потoki основного сырья. Однолинейные, многолинейные, сходящиеся, расходящиеся, смешанные машинно-аппаратурные схемы. Структурная схема машин и агрегатов пищевых производств. Классификация машин пищевых производств. Основные признаки классификации, характер воздействия на обрабатываемый продукт, структура рабочего цикла, степень механизации и автоматизации, сочетание в производственном потоке по технологическому назначению.

Основные законы технологических процессов. Законы, определяющие количественные соотношения. Энергетические и материальные балансы аппаратов. Энергетический КПД и пути его повышения. Понятие об эксергетическом балансе аппаратов, потери на необратимость процессов. Законы, устанавливающие физико-химические равновесные соотношения: принцип Ле-Шателье, правило Гиббса. Движущая сила процесса. Равновесное соотношение систем. Стационарные и нестационарные процессы.



### *Тема 3 Принципы оптимизации процессов.*

Оптимальный режим процесса. Параметры оптимизации, периодические и непрерывные процессы, различные способы перемещения сред в аппаратах, принцип обновления поверхности контакта фаз. Использование теплоты сбросных потоков. Тепловые насосы, тепловые трубы, парокompрессоры. Законы, определяющие скорость гидромеханических, тепловых и массообменных процессов. Математическое описание законов. Единство кинетических уравнений гидромеханических, тепловых и массообменных процессов. Практическое значение кинетических соотношений для проектирования аппаратов. Статический и кинетический методы расчета процессов.

## **Раздел 2 Основы гидравлики. Гидравлические машины.**

### *Тема 1 Основные понятия*

Идеальные и реальные жидкости. Физические свойства жидкостей: плотность, удельный вес, сжимаемость, температурное расширение, вязкость, поверхностное натяжение. Силы, действующие на жидкость. Характеристика неньютоновских жидкостей: бингановских, псевдопластических, дилатантных, тиксотропных и реопектантных.

### *Тема 2 Гидростатика*

Давление в газах, жидких и пластично-вязких телах, его измерение. Основное уравнение гидростатики, эпюры гидростатического давления. Графический метод определения суммарной силы, действующей на стенки аппаратов. Практическое применение основного уравнения гидростатики в расчетах пищевой аппаратуры. Обобщенное дифференциальное уравнение Эйлера. Уравнение свободной поверхности жидкости при вращении и прямолинейном равноускоренном движении емкостей. Законы Паскаля и Архимеда, их использование в гидравлических расчетах. Устройство и область применения гидравлических машин: гидравлического пресса, гидравлического аккумулятора и мультипликатора.

### *Тема 3 Основы гидродинамики*

Элементарная струйка и поток жидкости. Живое сечение, расход и средняя скорость жидкости. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли для установившегося движения идеальной жидкости. Геометрический и электрический смысл уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Практические приложения уравнения Бернулли.

### *Тема 4 Истечение жидкости через отверстия и насадки*

Истечение жидкости при постоянной и переменном уровне в аппарате. Истечение жидкости через насадки. Основные характеристики струйки жидкости. Практическое применение в пищевой промышленности закономерностей истечения жидкости через отверстия и насадки.

### *Тема 5 Перемещение жидкостей*

Основные параметры насосов: производительность, напор, мощность, КПД и частота вращения электродвигателя. Принцип действия центробежных насосов. Расчет максимальной высоты всасывания насоса. Явление кавитации. Основные уравнения центробежного насоса. Законы пропорциональности. Коэффи-



циент быстроходности лопастных машин. Пересчет характеристик центробежных насосов при изменении вязкости. Экспериментальные характеристики центробежных насосов. Работа насосов на сеть.

Общие понятия о работе и устройстве паровых турбин. Поршневые насосы. Принцип действия и типы поршневых насосов: простого, двойного и тройного действия; плунжерные насосы. Специальные типы объемных и центробежных насосов. Диафрагмовые (мембранные) насосы. Шестеренчатые и пластинчатые насосы, роторные насосы с эллиптическим поршнем, перистальтические и струйные насосы. Винтовые насосы.

#### *Тема 6 Перемещение газов*

Центробежные вентиляторы низкого, среднего и высокого давления. Устройство центробежных вентиляторов. Осевые вентиляторы. Устройство одно- и двухступенчатых вентиляторов. Компрессорные машины. Изотермический, адиабатный и политропический процессы сжатия газов. Устройство турбогазодувок и турбокомпрессоров. Способы охлаждения газа в турбокомпрессорах. Устройство осевых, поршневых многоступенчатых и роторных компрессоров. Вакуум-насосы. Степень сжатия вакуум-насосов. Поршневые, ротационные и струйные вакуум-насосы. Насосы для создания глубокого вакуума. Их устройство и принцип действия.

### **Раздел 3 Основные методы исследования процессов, аппаратов и машин**

#### *Тема 1 Экспериментальный, аналитический и синтетический методы исследования*

Экспериментальный метод. Основные этапы экспериментального исследования и их характеристика. Лабораторные, полупроизводственные и производственные установки. Понятие о моделировании процессов и аппаратов. Необходимость обобщения результатов локальных экспериментов. Современные математические методы планирования многофакторных экспериментов. Полный факторный эксперимент. Достоинства и недостатки экспериментального метода исследования.

Аналитический метод, его значение, основные этапы: математическое описание физического процесса, формулировка условий однозначности. Граничные условия. Достоинства и недостатки аналитического метода. Системный анализ технологических процессов.

Синтетический метод исследования. Научная база метода — теория подобия. Новейшие представления о подобии, как методе мышления в обобщенных переменных. Преимущества теории подобия по сравнению с экспериментальным и аналитическим методами исследования процессов и аппаратов.

#### *Тема 2 Теория подобия*

Геометрическое подобие. Константы и инварианты подобия. Подобие физических величин. Одноименные величины, сходственные точки и моменты времени. Формулировка подобия физических явлений.

Первая теорема подобия, вывод, формулировка и применение. Анализ синтетического характера третьего метода исследования.

Вторая теорема подобия, ее формулировка и применение. Определение необходимого и достаточного числа критериев подобия в критериальном уравнении,



описывающем конкретный процесс. Пи-теорема. Образование критериев и чисел подобия: Фруда, Эйлера, Рейнольдса, Галилея, Архимеда и Грасгофа из критерия Ньютона и уравнения Навье – Стокса. Критерий гомохронности Прандтля. Методика получения критериев подобия из дифференциальных уравнений. Число Био. Физический смысл и области применения названных критериев и чисел.

Образование критериев методом анализа размерностей. Методы математической обработки результатов измерений. Определение коэффициентов, входящих в критериальные уравнения, и показателей степеней в них.

Третья теорема подобия - ее формулировка и применение.

Этапы исследования процессов, аппаратов и машин методом теории подобия.

## **Раздел 4 Механические процессы**

### *Тема 1 Измельчение пищевых продуктов*

Способы измельчения. Классификация методов измельчения. Работа дробилок в открытом и замкнутом циклах. Физико-механические основы измельчения — работы Ребиндера, Реттингера, Бонда и др. Характеристика работы дробилок: производительность, степень измельчения, расход энергии, КПД. Принцип действия и классификация измельчающих машин. Машины для резания пластичных и хрупких материалов. Пилы. Ножи. Волчки. Куттера. Коллоидные измельчители. Дисковые мельницы. Вальцовые машины. Машины ударного и ударно-фрикционного действия. Молотковые дробилки. Определение гранулометрического состава, степени измельчения продукта, удельного расхода энергии, режущей способности. Основы теории и расчета машин.

### *Тема 2 Шелушение и шлифование сыпучих пищевых продуктов*

Классификация шелушительных и шлифовальных машин. Физические основы различных способов шелушения и шлифования. Шелушительные машины с рабочими органами, воздействующими на продукт сжатием и трением. Шелушительные машины с рабочими органами, воздействующими на продукт сдвигом. Аэрошелушительные машины. Шелушительные машины с рабочими органами, воздействующими на продукт трением. Оценка эффективности машин.

### *Тема 3 Прессование, формование и гранулирование пищевых продуктов*

Общие понятия о прессовании, формовании и гранулировании. Классификация машин для прессования, формования и гранулирования. Отделение жидкости при прессовании. Брикетирование. Основные кинетические закономерности. Винтовые, шнековые, вальцовые, штанговые прессы, карусельные прессы, экспандеры и экструдеры. Основы теории прессования при отжиме жидкостей и в выпрессовывание пластичных пищевых продуктов через матрицы. Гранулирование сыпучих продуктов. Основы теории машин для производства гранулированных комбикормов.

### *Тема 4 Дозирование компонентов пищевых продуктов*

Объемные дозаторы для пищевых продуктов: барабанные, тарельчатые, шнековые, ленточные, вибрационные. Весовые дозаторы, многокомпонентные весовые дозаторы порционного действия, непрерывные весовые дозаторы. Оценка погрешности дозирования. Дозаторы для жидких пастообразных пищевых продуктов. Определение расхода продукта и потребной мощности привода.



### *Тема 5 Расфасовка жидких пищевых продуктов*

Классификация разливочных машин. Разливочные устройства расфасовочных машин: крановые, крановые для изобарического разлива газированных жидкостей, клапанные, с золотниковыми перекрывающимися элементами, с мерными сосудами и золотниковыми затворами. Основы расчета. Карусельные автоматы для расфасовки жидких пищевых продуктов. Автоматы для расфасовки вязких пищевых продуктов. Разливочные изобарические автоматы. Разливочно-укупорочные автоматы.

### *Тема 6 Расфасовка и упаковка сыпучих и пластических пищевых продуктов*

Расфасовочно-упаковочные автоматы для сыпучих пищевых продуктов. Карусельные автоматы для расфасовки и упаковки сыпучих пищевых продуктов в мягкие пакеты. Карусельно-линейные автоматы для расфасовки и упаковки сыпучих пищевых продуктов в жесткие пакеты. Методы увеличения производительности расфасовочно-упаковочных автоматов для сыпучих пищевых продуктов. Расфасовочно-упаковочные автоматы для пластических пищевых продуктов. Заверточные автоматы для пластических продуктов и штучных изделий. Автоматы для индивидуального завертывания штучных изделий.

## **Раздел 5. Гидромеханические процессы**

### *Тема 1 Основные понятия.*

Сущность и назначение гидромеханических процессов. Классификация гидромеханических процессов. Фактор разделения.

### *Тема 2 Разделение жидких пищевых продуктов*

Классификация жидкостных сепараторов. Способы подачи исходного продукта и вывода полученных жидких фракций. Сепараторы — разделители тарельчатые. Сепараторы — осветлители тарельчатые. Основы теории сепарирования. Предельные размеры отсепарированных частиц, оптимальное расстояние между тарелками. Определение объема шламового пространства. Основы гидродинамической теории сепарирования. Энергетический расчет сепараторов. *Тема 3*

### *Тема 3 Разделение грубодисперсных пищевых суспензий*

Принцип разделения суспензий в центробежном поле. Фактор разделения. Физические основы процессов центрифугирования. Классификация центрифуг. Подвесные центрифуги. Центрифуги с выгрузкой осадка скребками или ножами, со шнековой, центробежной и пульсирующей выгрузкой осадка. Методы расчета центрифуг периодического и непрерывного действия.

### *Тема 4 Разделение сыпучих пищевых продуктов*

Ситовые сепараторы. Сепараторы с возвратно-поступательным и круговым поступательным движением плоских сит. Теория послойного движения продукта на ситах с круговым поступательным движением. Приводные механизмы сепараторов. Элементы теории движения продукта по ситам. Аэродинамические свойства продуктов. Воздушные и воздушно-ситовые сепараторы. Триеры. Основы теории триеров. Предельный угол подъема зерен, находящихся на гладкой поверхности цилиндра и в ячейках цилиндра триера.



### *Тема 5 Поштучное разделение пластических пищевых продуктов*

Машины со шнековыми, поршневыми, валковыми и лопастными нагнетательными устройствами. Расчетные системы уравнений для различных продуктов.

### *Тема 10 Перемешивание.*

Основные понятия и закономерности процесса перемешивания Машины для смешивания сыпучих пищевых продуктов. Классификация смесителей для пищевых продуктов. Смешивание сыпучих продуктов в смесителях периодического и непрерывного действия. Смесители для ввода жидких компонентов в сыпучие продукты. Основы теории смешивания пищевых продуктов. Определение производительности и потребной мощности.

*Тема 11 Машины с вращающимися оболочками для механической, тепловой и химической обработки пищевых продуктов*

Классификация машин с вращающимися оболочками. Критическая скорость вращения. Основы теории и конструкции машин с вращающимися оболочками. Типы барабанов и приводов.

*Тема 12 Перемешивание пластичных (тестообразных) пищевых продуктов*

Особенности процесса перемешивания пластичных пищевых продуктов. Методы перемешивания пластичных пищевых продуктов и машинное оформление. Мешалки с вертикальными сосудами, лопастные, шнековые и винтовые. Основы теории перемешивания пластичных (тестообразных) пищевых продуктов. Определение необходимой мощности для привода рабочих органов различных типов.

### *Тема 13 Перемешивание жидких пищевых продуктов*

Основные методы перемешивания жидких пищевых продуктов, их машинное оформление. Механические мешалки, лопастные, рамные, якорные, турбинные, пропеллерные. Основы теории перемешивания жидких пищевых продуктов. Принципы расчета пусковой и рабочей мощности. Распределение скоростей продуктов при перемешивании.

### *Тема 14 Приготовление и гомогенизация пищевых эмульсий*

Классификация эмульсаторов пищевых производств. Эмульсаторы с мешалками, ударного и фрикционного действия, центробежно-распылительные эмульсаторы. Клапанные гомогенизаторы. Вибрационные эмульсаторы и гомогенизаторы. Определение эффективности работы. Расчет производительности и потребной мощности.

### *Тема 15. Фильтрация*

Сущность, назначение и виды фильтрации. Виды фильтрации. Кинетика фильтрации. Аппараты для фильтрации

### *Тема 16 Мембранная технология в пищевой промышленности*

Обратный осмос и ультрафильтрация. Свойства и структура полупроницаемых мембран. Диафильтрация. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации. Концентрационная поляризация. Испарение через мембрану. Диализ. Электродиализные аппараты и установки. Мембраны для электродиализа, обратного осмоса, микро- и ультрафильтрации. Мембранная обработка молока и молочных продуктов. Очистка полупродуктов сахарного производства. Очистка



и концентрирование соков, пива, безалкогольных напитков и вин. Очистка сточных вод производств пищевой промышленности.

## **Раздел 6 Тепловые процессы и аппараты**

### *Тема 1 Тепловые процессы*

Цели нагревания и охлаждения. Классификация тепловых процессов. Способы передачи теплоты: теплопроводностью, конвекцией и излучением. Уравнения, описывающие перенос теплоты: Фурье, Ньютона, Фурье-Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Планка, Эйнштейна. Теплопередача через стенку. Вывод основного уравнения теплопередачи. Электрофизические и нетрадиционные методы обработки пищевых материалов: инфракрасный нагрев, воздействие электромагнитных и ультрафиолетовых полей, ультразвука. Импульсные и пульсационные методы обработки пищевых продуктов, обработка магнитными полями, электродный метод, термопластическая обработка.

### *Тема 2 Теплообменные аппараты*

Основные принципы классификации теплообменных аппаратов. Рекуперативные, регенеративные и контактные теплообменники. Характеристика основных типов теплообменных аппаратов. Теплофизические характеристики теплоносителей: нагретых газов, пара, воды, высококипящих теплоносителей, электричества. Коэффициент теплоотдачи при взаимодействии потоков с поверхностями. Водяной пар, как теплоноситель, его энтальпия. Использование пара высокого давления в аппаратах и печах пищевой промышленности. Вода. Сравнение воды и пара как теплоносителей. Высококипящие теплоносители: минеральные и органические (ВОТ). Теплофизические характеристики ВОТ, сравнение их с водяным паром. Электрические теплообменники. План и методика расчета теплообменных аппаратов. Расчет полезного теплового потока. Определение коэффициентов теплопередачи и теплоотдачи при различных режимах движения потоков. Определение средней разности температур при прямотоке, противотоке, смешанном токе. Основы конструктивного расчета теплообменников. Основы расчета гидравлических потерь в теплообменнике. Механический расчет теплообменного аппарата. Энергетический и эксергетический КПД теплообменного аппарата. Методы интенсификации теплообмена и повышение технико-экономических показателей.

### *Тема 3 Получение и применение холода*

Термодинамические основы охлаждения. Реальные газы и конденсированное состояние. Эффект Джоуля-Томсона. T-S диаграмма состояния веществ. Холодильные циклы. Компрессионные, каскадные, парожеторные и адсорбционные холодильные машины. Охлаждение и замораживание пищевых продуктов. Транспортировка замороженных продуктов. Подготовительные операции. Технология обработки холодом пищевых продуктов и сырья. Промышленное производство быстрозамороженных продуктов. Технология быстрого замораживания. Потери массы при замораживании, способы замораживания, морозильное оборудование. Использование замораживания при сублимационной сушке пищевых продуктов. Хранение замороженных пищевых продуктов. Технологическое кондиционирование воздуха. Теплофизические основы замораживания, кривые замораживания, продолжительность и скорость заморажи-



вания. Особенности тепло- и массообмена при осуществлении холодильной технологии. Процессы глубокого ожижения. Ожижение газов методом их дросселирования.

#### *Тема 4 Выпаривание и выпарные установки*

Цели выпаривания. Применение выпаривания в пищевой промышленности, способы выпаривания: под вакуумом, под давлением и при атмосферном давлении. Однокорпусная вакуумная выпарная установка. Основы расчета. Общая и полезная разности температур при выпаривании. Потери разности температур на физико-химическую, гидростатическую и гидравлическую депрессии. Теплопередача в выпарных аппаратах, выбор оптимального уровня раствора в трубках. Материальный и тепловой балансы. Основы расчета однокорпусной выпарной установки: количества выпаренной воды, расхода греющего пара, теплопередающей поверхности, коэффициентов испарения и самоиспарения.

Многокорпусное выпаривание. Схемы многокорпусных выпарных установок: прямоточная, противоточная и др. Сравнительный анализ работы установок. Основы расчета многокорпусной выпарной установки: общего количества выпаренной воды и распределение выпаренной воды по корпусам, концентрации раствора по корпусам, температуры кипения в каждом корпусе. Правила Бабо и Дюринга для определения температуры кипения растворов. Расчеты расхода греющего пара первого корпуса и коэффициентов теплопередачи в корпусах. Распределение суммарной полезной разности температур по корпусам из условий равенства поверхностей нагрева корпусов и при минимальной суммарной поверхности нагрева всех корпусов. Выбор оптимального числа корпусов установки. Конструкции выпарных аппаратов: с центральной циркуляционной трубой, пленочного, роторно-пленочного, с тепловым насосом и с принудительной циркуляцией. Сгущение растворов методом криоконцентрирования. Сравнительный анализ сгущения методом выпаривания и криоконцентрирования.

#### *Тема 5 Конденсация и конденсаторы*

Области практического применения конденсации. Типы конденсаторов - поверхностные и смешения, основные схемы и их анализ. Температурные кривые теплоносителей в конденсаторах. Расчет поверхностного конденсатора и его устройство. Расчет барометрического конденсатора смешения. Определение удельного расхода охлаждающей воды, мощности вакуум-насоса, высоты барометрической трубы, диаметра патрубков, расстояний между полками, числа полок и площади сектора для прохода пара. Определение габаритных размеров конденсатора. Особенности конденсации пара в вакууме ниже тройной точки. Промышленное применение конденсации пара в твердое агрегатное состояние.

### **Раздел 7 Массообменные процессы**

#### *Тема 1 Основы теории межфазного переноса массы*

Общие понятия и определения. Виды процессов массопередачи. Аналогия тепло- и массопереноса. Фазовое равновесие. Материальные балансы массообменных процессов. Линия равновесия и рабочая линия массообменных процессов. Дифференциальные уравнения и критерии, подобия массопереноса. Движущая сила массообменных процессов. Механизм массопередачи. Массопередача между жидкостью и газом, между двумя жидкостями. Молекулярная и



турбулентная диффузия. Первый и второй законы Фика. Массопередача в системах с твердой фазой. Массопроводность. Уравнения массопередачи и массоотдачи. Типы контактных устройств массообменных аппаратов. Принципы образования поверхности фазового контакта. Распылительные аппараты, насадочные и тарельчатые колонны.

### *Тема 2 Абсорбция*

Общие понятия и определения. Применение в пищевых производствах. Зависимость скорости абсорбции от давления и температуры в аппарате. Устройство и принцип действия абсорберов: поверхностных, барабанных и распылительных. Материальные балансы абсорберов и расход абсорбентов. Уравнение рабочей линии. Тепловые балансы абсорберов, расчет насадочных абсорберов: предельной и фиктивной скорости газа, высоты слоя насадки, диаметра колонны, плотности орошения, высоты и числа единиц переноса. Графическое определение числа единиц переноса.

### *Тема 3 Адсорбция*

Основные понятия и определения. Промышленные адсорбенты и их основные характеристики. Разделение газовых смесей и растворов. Десорбция. Устройство и принцип действия адсорбционных аппаратов периодического и непрерывного действия. Материальный баланс и движущая сила процесса. Процессы ионообмена.

### *Тема 4 Сушка*

Цели и способы сушки в пищевой промышленности. Физические свойства влажного воздуха. I-X диаграмма Рамзина. Взаимодействие влажного материала с воздухом. Изотермы сорбции и десорбции. Формы и энергия связи влаги с материалом. Химически связанная влага. Адсорбционно-связанная влага. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Капиллярная влага в макро- и микрокапиллярах. Осмотически-связанная влага. Понятие об активности воды. Изменение состояния влажного материала при сушке. Равновесная и гигроскопическая влажность. Удельная, свободная и связанная влага. Области сушки и десорбции. Кривые сушки. Основы кинетики конвективной сушки. Расчет плотности потоков влаги за счет влаго- и термовлагопроводности. Особенности внешнего и внутреннего переноса тепла и массы. Коэффициенты переноса тепла и влаги. Устройство и принцип действия сушилок с различными способами подвода тепла: конвективным, кондуктивным, терморadiационным. Сушка в поле токов высокой частоты, сублимационные сушилки. Конструктивные особенности сушилок: туннельных, камерных, ленточных, шахтных, барабанных, вибрационных, распылительных, спиральных, с кипящим и аэрофонтанным слоем. Особенности тепло- и массообмена при различных методах сушки: инфракрасном, в поле токов ВЧ и СВЧ. Основы расчета сушилок: количества испаренной влаги, полного и удельного расхода воздуха, полного и удельного расхода теплоты. Уравнения материального и теплового балансов сушильных установок. Графоаналитический расчет сушилок с использованием J-X диаграммы. Переход от адиабатной сушилки к реальной. Изображение на диаграмме J-X различных вариантов процесса сушки: основного, с частичным подогревом воздуха в сушильной камере, с частичной рециркуляцией и с промежуточным подогревом воздуха по зонам. Техничко-экономические характери-



стики различных сушильных установок. Понятие об энергетическом и эксергетическом КПД сушильных установок. Принципы расчета скорости сушки в первом и во втором периодах. Осциллирующие режимы энергоподвода. Оптические и терморрадиационные характеристики пищевых продуктов.

*Тема 5 Разделение жидких однородных систем. Дистилляция и ректификация*

Процессы разделения однородных смесей в пищевой промышленности. Классификация бинарных смесей. Законы Рауля и Дальтона. Теоретические основы дистилляции. Диаграммы равновесия и рабочая линия процесса. Температурная диаграмма. Однократная простая дистилляция. Простая дистилляция с дефлегмацией. Молекулярная дистилляция. Флегмовое число.

Сущность и принципы ректификации. Периодическая и непрерывная ректификации. Назначение и конструкции тарелок. Материальный и тепловой балансы ректификационной колонны. Расчет ректификационных колонн на основе числа теоретических тарелок и на основе единиц переноса. Расчет расхода греющего пара. Расчет расхода воды в дефлегматоре и холодильнике. Основные размеры и гидравлическое сопротивление ректификационных аппаратов. Основные типы аппаратов для перегонки и ректификации в пищевой промышленности. Методы экономии энергии в ректификационных установках.

*Тема 6 Экстрагирование*

Экстрагирование в системе твердое тело–жидкость. Физическая сущность процесса. Факторы, определяющие диффузионное сопротивление переносу вещества внутри частицы, влияние на величину внешнего диффузионного сопротивления. Влияние на процесс относительного движения фаз и соотношения их расходов. Расчет экстрагирования. Методы интенсификации экстрагирования. Аппаратура для проведения экстрагирования из твердых тел: атмосферная, вакуумная и работающая под давлением. Колонные, ротационные, ленточные, ковшовые, двухшнековые наклонные и секционные экстракторы. Экстракция в среде сжиженных газов. Экстракция в системе жидкость–жидкость. Физическая сущность процесса. Треугольная диаграмма, равновесие фаз на треугольной диаграмме. Методы экстракции: одноступенчатая, многоступенчатая из двухкомпонентных растворов. Выбор и регенерация экстрагентов. Аппараты для проведения жидкостной экстракции: распылительный и смешительно-отстойный. Материальный баланс. Расчет количества экстрагента.

*Тема 7 Кристаллизация и растворение*

Сущность кристаллизации и растворения. Условия кристаллизации и растворения. Способы кристаллизации. Зоны состояния растворов. Зарождение и рост кристаллов. Основные понятия теории кристаллизации. Соотношение скоростей образования и роста кристаллов. Основы расчета аппаратуры для кристаллизации. Массовые графики и материальный баланс кристаллизации. Тепловой баланс кристаллизации. Аппараты для кристаллизации и охлаждения растворов.

## **Раздел 8 Процессы и машины для механизации перегрузочных операций**

*Тема 1 Машины непрерывного транспорта*

Основы теории машин непрерывного транспорта: определение сопротивлений, мощность двигателя, расположение привода, натяжное устройство.



*Тема 2 Конвейеры непрерывного транспорта с тяговым элементом*  
Ленточные, цепные (пластинчатые, скребковые, ковшевые) элеваторы. Типы, устройство, область применения, методика расчета.

*Тема 3 Конвейеры непрерывного транспорта без тягового элемента*  
Винтовые, качающиеся, роликовые. Типы, устройство, область применения, методика расчета. Транспортирующее оборудование поточных линий.

*Тема 4 Установки пневматического и гидравлического транспорта*  
Пневмотранспорт в «разреженной» фазе, аэрозольтранспорт, аэрожелоба, контейнерный пневмотранспорт, гидравлический транспорт. Принцип действия, схемы, рабочие элементы, область применения. Основы теории и расчета установок пневматического и гидравлического транспорта.

*Тема 5 Устройство самотечного транспорта для сыпучих и штучных грузов*  
Общие понятия о системах комплексной механизации и автоматизации (по отрасли). Поточно-транспортные системы. Выбор типа транспортного оборудования. Основы технико-экономических расчетов применения транспортного оборудования. Экономическая эффективность системы механизации.

*Тема 6 Грузоподъемные машины*  
Классификация. Основные механизмы и элементы. Основы расчета.

## **Раздел 9 Технологические линии пищевых производств**

*Тема 1 Организация технологической линии*  
Линия как объект технического обеспечения современных технологий. Классификация линий. Интегрирующие свойства оборудования. Пространственно-временная структура линий. Обеспечение функциональной эффективности линии.

*Тема 2 Строение технологических линий*  
Функциональная структура линии. Комплексы оборудования, составляющие линию. Транспортирующие устройства и технологические комплексы в линиях.

*Тема 3 Создание технологической линии*  
Организация создания линии. Предпроектные изыскания линии. Проектирование линии. Конструирование оборудования линии. Изготовление, монтаж и модернизация линии.

*Тема 4 Функционирование технологической линии*  
Эксплуатационные свойства линии. Проверка качества функционирования линии. Доводка линии. Освоение линии. Обслуживание и восстановление работоспособности линии.

*Тема 5 Развитие технологической линии*  
Циклы развития линий. Показатели технического уровня линий. Основные направления развития линий.

## **3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

### **3.1. Виды самостоятельной работы**

В процессе подготовки к кандидатскому экзамену соискатель ученой степени кандидата наук осуществляет следующую самостоятельную работу:

- исследует научную литературу по проблемам процессов и аппаратов пищевых производств;
- работает с учебниками и учебно-методическим материалом, самостоятельно изучает отдельные разделы программы кандидатского экзамена;



### 3.2. Перечень вопросов к кандидатскому экзамену Процессы и аппараты пищевых производств

1. Классификация основных процессов. Установившиеся и неуставившиеся процессы. Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Составление материального и энергетического балансов. Общие кинетические закономерности процессов пищевой технологии.
2. Классификация неоднородных систем. Методы разделения неоднородных систем. Материальный баланс процессов разделения.
3. Отстаивание. Силы, действующие на осаждающуюся частицу. Вывод формулы для определения скорости осаждения частицы.
4. Способы расчета скорости осаждения частицы под действием силы тяжести. Формула Стокса для скорости осаждения при ламинарном режиме.
5. Устройство и принцип действия отстойников периодического и непрерывного действия.
6. Осаждение под действием центробежной силы. Фактор разделения. Определение продолжительности осаждения частицы.
7. Устройство и принцип действия циклонов, гидроциклонов.
8. Сепараторы. Устройство и принцип действия.
9. Фильтрация. Классификация осадков и фильтровальных перегородок. Двиущая сила процесса фильтрации.
10. Основное дифференциальное уравнение фильтрации. Фильтрация при постоянной скорости.
11. Фильтрация при постоянном давлении. Константы процесса фильтрации.
12. Периодический процесс фильтрации. Конструкции фильтров периодического действия.
13. Конструкции фильтров непрерывного действия. Барабанный вакуум-фильтр.
14. Фильтрация под действием центробежной силы. Расчет фильтрующих центрифуг.
15. Мембранные методы разделения жидкостных систем. Сущность процесса баромембранного разделения.
16. Мембранные методы разделения жидкостных систем. Сущность процесса электродиализа.
17. Перемешивание. Способы перемешивания. Типы мешалок. Расчет мощности перемешивания.
18. Псевдооживление. Сущность процесса. Число псевдооживления. Понятие критической скорости.
19. Прессование. Назначение. Сущность и виды прессования.
20. Классификация теплообменных процессов. Дифференциальное уравнение теплопроводности (закон Фурье). Основной закон теплоотдачи (закон Ньютона). Температурное поле и температурный градиент.
21. Основной закон теплопередачи. Определение тепловых нагрузок.
22. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку. Коэффициент теплопередачи.
23. Тепловое подобие. Расчет коэффициентов теплоотдачи.
24. Коэффициент теплопередачи, определение и физический смысл
25. Нагревание и охлаждение. Расход острого и "глухого" пара на нагревание жидкости. Расход воды на охлаждение жидкости.



26. Регенерация теплоты. Физический смысл коэффициента регенерации.
27. Классификация основных процессов. Установившиеся и неустойчивые процессы. Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Составление материального и энергетического балансов. Общие кинетические закономерности процессов пищевой технологии.
28. Классификация неоднородных систем. Методы разделения неоднородных систем. Материальный баланс процессов разделения.
29. Отстаивание. Силы, действующие на осаждающуюся частицу. Вывод формулы для определения скорости осаждения частицы.
30. Способы расчета скорости осаждения частицы под действием силы тяжести. Формула Стокса для скорости осаждения при ламинарном режиме.
31. Устройство и принцип действия отстойников периодического и непрерывного действия.
32. Осаждение под действием центробежной силы. Фактор разделения. Определение продолжительности осаждения частицы.
33. Устройство и принцип действия циклонов, гидроциклонов.
34. Сепараторы. Устройство и принцип действия.
35. Фильтрование. Классификация осадков и фильтровальных перегородок. Движущая сила процесса фильтрования.
36. Основное дифференциальное уравнение фильтрования. Фильтрование при постоянной скорости.
37. Фильтрование при постоянном давлении. Константы процесса фильтрования.
38. Периодический процесс фильтрования. Конструкции фильтров периодического действия.
39. Конструкции фильтров непрерывного действия. Барабанный вакуум-фильтр.
40. Фильтрование под действием центробежной силы. Расчет фильтрующих центрифуг.
41. Мембранные методы разделения жидкостных систем. Сущность процесса баромембранного разделения.
42. Мембранные методы разделения жидкостных систем. Сущность процесса электродиализа.
43. Перемешивание. Способы перемешивания. Типы мешалок. Расчет мощности перемешивания.
44. Псевдооживление. Сущность процесса. Число псевдооживления. Понятие критической скорости.
45. Прессование. Назначение. Сущность и виды прессования.
46. Классификация теплообменных процессов. Дифференциальное уравнение теплопроводности (закон Фурье). Основной закон теплоотдачи (закон Ньютона). Температурное поле и температурный градиент.
47. Основной закон теплопередачи. Определение тепловых нагрузок.
48. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку. Коэффициент теплопередачи.
49. Тепловое подобие. Расчет коэффициентов теплоотдачи.
50. Коэффициент теплопередачи, определение и физический смысл
51. Нагревание и охлаждение. Расход острого и "глухого" пара на нагревание жидкости. Расход воды на охлаждение жидкости.
52. Регенерация теплоты. Физический смысл коэффициента регенерации.
53. Классификация теплообменных аппаратов. Конструкции и принцип действия теплообменных аппаратов.



54. Классификация массообменных процессов.
55. Понятие о движущей силе массообменных процессов.
56. Закон массоотдачи А.Н. Щукарева.
57. Понятие о термодиффузии, коэффициент термодиффузии.
58. Молекулярная диффузия. Первый закон Фика.
59. Массопередача, массоотдача, массопроводность. Основное уравнение массопередачи.
60. Пастеризация. Назначение и сущность процесса. Критерий Пастера.
61. Стерилизация. Назначение и сущность процесса. Коэффициент стерилизующего действия.

### **3.4. Содержание и требования к дополнительной программе для сдачи кандидатского экзамена**

Целью дополнительной программы является раскрытие аспирантом или соискателем ученой степени кандидата наук теоретической части своего диссертационного исследования.

В дополнительной программе должны быть отражены последние научные достижения в области науки и разделы, в рамках которых проведено научное исследование аспиранта/соискателя. Вопросы, включенные в дополнительную программу по научной специальности, должны в полном объеме соответствовать научному направлению осуществляемого диссертационного исследования. Вопросы дополнительной программы не должны дублировать основные разделы программы. Количество вопросов определяется составителем дополнительной программы (не более 15 вопросов) и включается в перечень вопросов для сдачи кандидатского экзамена. В дополнительной программе должен быть указан перечень новейшей научной отечественной и зарубежной литературы интернет-издания, а также справочно-информационные издания (за последние 5 лет), которые аспиранту/соискателю ученой степени кандидата наук рекомендовано использовать для подготовки к сдаче кандидатского экзамена.

Дополнительная программа аспиранта/соискателя оформляется, обсуждается и одобряется на заседании кафедры и утверждается проректором по науке.

## **4. Оценка уровня знаний соискателя ученой степени кандидата наук**

### **4.1. Требования к экзаменуемым на кандидатском экзамене**

На кандидатском экзамене экзаменуемый должен продемонстрировать способность:

- критически оценивать современные научные достижения отечественных и зарубежных ученых;
- критически анализировать теоретический материал по проблемам научной специальности;
- анализировать содержание основных научных трудов по процессам и аппаратам пищевых производств;



- использовать технику и технологии, разработанные отечественными и зарубежными учёными;
- использовать методологию теоретических и экспериментальных исследований в области процессов и аппаратов пищевых производств;
- генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач;
- корректно цитировать научные источники.

При оценке устного ответа, экзаменуемого учитывается как глубина владения теоретическим материалом, так и доказательная самостоятельность мышления и суждений, подкреплённая конкретными примерами с опорой на личностный практический опыт научных исследований.

#### 4.2. Критерии оценки ответов экзаменуемого на кандидатском экзамене

При оценке ответа в ходе кандидатского экзамена комиссия оценивает, как экзаменуемый понимает те или иные термины и методы и умеет ими оперировать, анализирует реальные процессы, как умеет мыслить, аргументировать, отстаивать определенную позицию. Таким образом, необходимо разумное сочетание запоминания и понимания, простого воспроизводства учебной информации и работы мысли. Установлены следующие критерии оценок, которыми необходимо руководствоваться при приеме кандидатского экзамена:

- содержательность ответов на вопросы (верное, четкое и достаточно глубокое изложение идей, понятий, фактов и т.д.);
- полнота и одновременно разумная лаконичность ответа;
- новизна учебной информации, степень использования и понимания научных и нормативных источников;
- умение связывать теорию с практикой, творчески применять знания;
- логика и аргументированность изложения;
- грамотное комментирование, приведение примеров, аналогий;
- культура речи.

Для оценки знаний, умений, навыков экзаменуемых лиц применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости и критерии выставления оценок по четырех балльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

#### Критерии оценивания результатов обучения

Оценка		Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично)	уро-	Экзаменуемый <b>отлично знает</b> классификацию процессов и аппаратов, устройства соответствующих аппаратов; <b>свободно умеет</b> применять основные законы переноса теплоты, массы и количества движения для расчета основных процессов и аппаратов; <b>свободно владеет</b> теоретическими основами и способами осуществления процессов пищевых производств, расчетными методами управления процессами и оптимизации их режимов



Средний уровень «4» (хорошо)	Экзаменуемый <b>хорошо знает</b> классификацию процессов и аппаратов, устройства соответствующих аппаратов; <b>умеет</b> применять основные законы переноса теплоты, массы и количества движения для расчета основных процессов и аппаратов; <b>владеет</b> теоретическими основами и способами осуществления процессов пищевых производств, расчетными методами управления процессами и оптимизации их режимов
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	Экзаменуемый <b>слабо знает</b> классификацию процессов и аппаратов, устройства соответствующих аппаратов; <b>недостаточно хорошо умеет</b> применять основные законы переноса теплоты, массы и количества движения для расчета основных процессов и аппаратов; <b>недостаточно владеет</b> теоретическими основами и способами осуществления процессов пищевых производств, расчетными методами управления процессами и оптимизации их режимов
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	Экзаменуемый <b>не знает</b> классификацию процессов и аппаратов, устройства соответствующих аппаратов; <b>не умеет</b> применять основные законы переноса теплоты, массы и количества движения для расчета основных процессов и аппаратов; <b>не владеет</b> теоретическими основами и способами осуществления процессов пищевых производств, расчетными методами управления процессами и оптимизации их режимов

## 5. Ресурсное обеспечение:

### 5.1 Перечень основной литературы

1. Процессы и аппараты пищевой технологии: учебное пособие / С. А. Бредихин, А. С. Бредихин, В. Г. Жуков, Ю. В. Космодемьянский. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 544 с. – ISBN 978-5-8114-1635-6. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/168675>
2. Процессы и аппараты пищевых производств и биотехнологии: учебное пособие / Д. М. Бородулин, М. Т. Шулбаева, Е. А. Сафонова, Е. А. Вагайцева. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 292 с. – ISBN 978-5-8114-5136-4. – Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/132259>
3. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: учебник для вузов / А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, А. В. Терехина. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 440 с. – ISBN 978-5-8114-7644-2. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/163402>
4. Процессы и аппараты пищевой технологии: учебное пособие / С.А. Бредихин, А.С. Бредихин, В.Г. Жуков, Ю.В. Космодемьянский; под редакцией С.А. Бредихина. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 544 с. — ISBN 978-5-8114-1635-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/50164>
5. Вобликова, Т. В. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / Т. В. Вобликова, С. Н. Шлыков, А. В. Пермяков. — 4-е изд., стер. — Санкт-



Петербург : Лань, 2022. — 204 с. — ISBN 978-5-8114-4163-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206393>

## 5.2 Перечень дополнительной литературы

1. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие / Д. М. Бородин, С. А. Ратников, Е. А. Вагайцева, М. Т. Шульбаева. — Кемерово: КемГУ, 2018. — 263 с. — ISBN 978-5-8353-2277-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/134322>
2. Гнездилова, А. И. Процессы и аппараты пищевых производств: учебное пособие / А. И. Гнездилова. — Вологда: ВГМХА им. Н.В. Верещагина, 2011. — 195 с. — ISBN 978-5-98076-126-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130721>
3. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов: учебное пособие / А.Н. Остриков, В.Н. Василенко, Л.Н. Фролова, А.В. Терехина. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-3143-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109507>
4. Индустриальные технологические комплексы продуктов питания: учебник / С.Т. Антипов, С.А. Бредихин, В.Ю. Овсянников, В.А. Панфилов; под редакцией В. А. Панфилова. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-4201-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131008>
5. Алексеев, Г.В. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств»: учебное пособие / Г.В. Алексеев, И.И. Бриденко, Н.И. Лукин. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 144 с. — ISBN 978-5-8114-1135-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4121>

## 5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронно-библиотечные системы (ЭБС), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. <http://elibrary.ru/> – научная электронная библиотека. В библиотеке представлены полнотекстовые источники по всем разделам дисциплины.
2. <http://www.biblioclub.ru/> - Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн. ОТКРЫТЫЙ ДОСТУП
3. <http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система (ЭБС) на платформе издательства «Лань». ОТКРЫТЫЙ ДОСТУП
4. <http://newgreenfield.ru/> - Статьи по технологическим процессам и аппаратам переработки пищевого сырья
5. <http://ru.wikipedia.org/>



#### **5.4 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы:**

1. Microsoft Office (Word, Excel)
2. Компас-3d (2d)
3. T-FLEX CAD
4. AutoCAD
5. SOLIDWORKS
6. Mathcad

#### **6. Методические рекомендации**

Для освоения дисциплины «Процессы и аппараты пищевых производств» аспирантам необходима систематическая самостоятельная работа с учебной литературой, конспектами лекций, Интернет-ресурсами и консультации преподавателя. Для успешного выполнения практических занятий, входящих в практикум, аспирант должен самостоятельно готовиться к каждому занятию, а также строго выполнять правила техники безопасности работы в лаборатории кафедры.

Подготовка к практическому занятию включает в себя полное и детальное ознакомление с теоретическим материалом по изучаемой теме. Теоретический материал следует изучать по учебнику, учебному пособию (Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Процессы и аппараты пищевых производств» /Г.В. Алексеев, И.И. Бриденко, Н.И. Лунин – СПб.: Издательство Лань, 2011, 144 с.), конспекту лекций и методическим указаниям.

Аспирант должен иметь тетрадь, в которой при самостоятельной подготовке к занятиям составляет краткий конспект (1 - 1,5 с.) проработанного теоретического материала, чертит схемы, таблицы и проводит предварительные расчеты. Во время занятий все записи следует вести только в тетради и только ручкой.


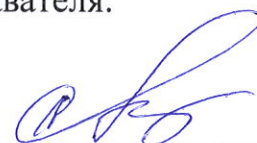
Качество выполнения каждого занятия оценивает и фиксирует преподаватель. На первом занятии все аспиранты знакомятся с правилами техники безопасности и обязаны строго выполнять их при нахождении в лаборатории кафедры. Пропуск занятий без уважительной причины не допускается. Задолженности (пропущенные занятия, невыполненные задания) должны быть ликвидированы.

Аспирант, пропустивший занятия обязан их отработать. Отработка практических занятий осуществляется в присутствии преподавателя.

#### **Авторы рабочей программы:**

д.т.н., проф. Бредихин С.А.

к.т.н., доцент Андреев В.Н.







**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**  
**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

**УТВЕРЖДАЮ:**

Советник при ректорате – заместитель  
проректора по науке

\_\_\_\_\_ И.Ю. Свиначев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Дополнительная программа**  
для сдачи кандидатского экзамена  
по специальной дисциплине

\_\_\_\_\_  
наименование специальности

соискатель ученой степени кандидата наук

\_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

Тема диссертации:

\_\_\_\_\_  
Научная специальность:

\_\_\_\_\_  
Место выполнения:

Научный руководитель:

\_\_\_\_\_  
ученая степень, ученое звание,

\_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

Москва, 20\_\_



## ВОПРОСЫ ПО ПРОГРАММЕ

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. ...
9. ...
10. ...

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. ...
9. ...

Заведующий кафедрой

---

(ФИО, подпись)

Научный руководитель

---

(ФИО, подпись)

Соискатель ученой степени кандидата наук

---

(ФИО, подпись)