

Документ подписан простой
Информация о владельце:
ФИО: Соловьев Дмитрий Ал
Должность: ректор ФГБОУ В
Дата подписания:
Уникальный прогн
528682d78e671e5

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Саратовский государственный университет имени Н.И. Вавилова»
биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова

СОГЛАСОВАНО

Начальник ОИПК

/Гераскина А.А./

« 28 » января 2026 г.

Проректор по ИР

Денисов К.

« 28 »



ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

Дисциплина	ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ
Научная специальность	4.3.3. Пищевые системы
Нормативный срок обучения	3 года

Разработчик: профессор, Неповинных Н.В.

Саратов 2026

Введение

Программа кандидатского экзамена разработана в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951, паспортом научной специальности 4.3.3 Пищевые системы, и на основании Приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 марта 2014 г. №247 «Об утверждении порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня» (в ред. приказа Минобрнауки России от 05.08.2021 N 712).

Трудоемкость освоения программы кандидатского экзамена составляет 1 ЗЕТ (36 часов). Кандидатский экзамен «Пищевые системы» проводится в соответствии с рабочим учебным планом подготовки на третьем году обучения в пятом семестре.

1. Перечень планируемых результатов освоения программы кандидатского экзамена, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы аспирантуры

По итогам освоения программы кандидатского экзамена по дисциплине «Пищевые системы» аспирант должен:

Знать	Уметь	Владеть
1	2	3
методы организации и проведения научно-исследовательских работ, достижения науки, техники и передовые технологии, обеспечивающие увеличение производства пищевой продукции, способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования; принципы сбалансированности продуктов по содержанию основных нутриентов, стойкость при хранении, доступность для потребителя; указание направленности продукта, характеризующейся определенной пищевой и биологической ценностью	применять на практике новые методы планирования научно-исследовательских работ, применять знания о достижениях науки, техники и передовых технологий, обеспечивающих увеличение производства пищевой продукции и внедрять в эти процессы прогрессивные методы обработки пищевых продуктов, реализовывать основные технологические процессы и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования; применять основные принципы сбалансированности продуктов по содержанию основных нутриентов при проектировании продуктов функционального и специализированного назначения; оценивать нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах; проводить оценку биологической ценности белковой, липидной, углеводной составляющей многокомпонентного продукта функционального и специализированного назначения	методами планирования, организации и проведения научно-исследовательских работ в учебных и научных целях, навыками внедрения прогрессивных методов обработки пищевых продуктов, способами реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования; навыками проектирования пищевых продуктов функционального и специализированного назначения на основе принципов пищевой комбинаторики и нутрициологии

2. Содержание кандидатского экзамена

РАЗДЕЛ I

Предмет и основные концепции процессов и аппаратов пищевых производств.

Значение внедрения новых достижений науки, техники и передовой технологии для увеличения производства пищевой продукции, расширения ее ассортимента и повышения качества. Роль в народном хозяйстве создания энергоресурсосберегающих экологически чистых технологий и высокопроизводительного оборудования, способного обеспечить глубокую, при возможности безотходную переработку сырья. Прогрессивные физические методы обработки пищевых продуктов и нетрадиционные технологии их производства.

Основы гидравлики. Гидравлические машины Основные определения

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

Гидростатика

Давление в газах, жидких и пластичновязких 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.

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.

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.

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. Коэффициент быст-

роходности 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.

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. Вакуумнасосы. Степень сжатия вакуумнасосов:

Поршневые, ротационные и струйные вакуумнасосы. Насосы для создания глубокого вакуума. Их устройство и принцип действия.

Основные методы исследования процессов, аппаратов и машин 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.

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. Образование критериев и чисел подобия: Фру-

да, Эйлера, Рейнольдса, Галилея, Архимеда и Грасгофа из критерия Ньютона и уравнения Навье Стокса. Критерий гомохронности Прандтля. Методика получения критериев подобия из дифференциальных уравнений..

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.

Механические процессы

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 ситу. 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.

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.

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.

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. Электро диализные 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.

Приготовление и гомогенизация пищевых эмульсий

Классификация эмульсаторов пищевых производств. Эмульсаторы с мешалками, ударного и фрикционного действия, центробежнораспылительные эмульсаторы. Клапанные гомогенизаторы.

Вибрационные эмульсаторы и гомогенизаторы. Определение эффективности работы. Расчет производительности и потребной мощности.

Поштучное разделение пластических пищевых продуктов

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

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.

Измельчение пищевых продуктов

Способы дробления и измельчения. Классификация методов измельчения. Работа дробилок в открытом и замкнутом циклах. Физикомеханические 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.

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.

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.

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.

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.

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.

Прессование и гранулирование пищевых продуктов

Классификация машин для прессования. Отделение жидкости при прессовании. Брикетирование. Основные зависимости процессов брикетирования дисперсных пищевых продуктов. Винтовые, шнековые, вальцовые, штанговые прессы, карусельные прессы, эспандеры и экструдеры. Основы теории прессования при отжиме жидкостей и в выпрессовывании пластичных пищевых продуктов через матрицы. Гранулирование сыпучих продуктов. Основы теории машин для производства гранулированных комбикормов.

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. Разливочноукупорочные автоматы.

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 расфасовочноупаковочных автоматов для сыпучих пищевых продуктов. Расфасовочноупаковочные автоматы для пластических пищевых продуктов. Заверточные автоматы для пластических продуктов и штучных изделий. Автоматы для индивидуального завертывания штучных изделий.

Тепловые процессы и аппараты. 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, электроконтактный метод, термопластическая обработка.

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. Методы интенсификации теплообмена и повышение технико-экономических показателей.

Получение и применение холода

Термодинамические основы охлаждения. Реальные газы и конденсированное состояние. Эффект Джоуля Томсона. TS диаграмма состояния веществ. Холодильные циклы. Компрессионные, каскадные, парозжекторные 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 замораживания. Особенности тепло и массообмена при осуществлении холодильной технологии. Процессы глубокого оживления. Оживление газов методом их дросселирования.

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 физикохимическую, 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, роторнопленочного, с тепловым насосом и с принудительной циркуляцией.

Сгущение растворов методом криоконцентрирования. Сравнительный анализ сгущения методом выпаривания и криоконцентрирования.

Конденсация и конденсаторы

Области практического применения конденсации. Типы конденсаторов поперностные и смешения, основные схемы и их анализ. Температурные кривые теплоносителей в конденсаторах.

Расчет поперностного конденсатора и его устройство. Расчет барометрического конденсатора смешения. Определение удельного расхода охлаждающей воды, мощности вакуумнасоса, 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.

Массообменные процессы

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.

Абсорбция

Общие понятия и определения. Применение в пищевых производствах. Зависимость скорости абсорбции от давления и температуры в аппарате. Устройство и принцип действия абсорберов: поперностных, 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.

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.

Сушка

Цели и способы сушки в пищевой промышленности. Физические свойства влажного воздуха. JX диаграмма Рамзина. Взаимодействие влажного материала с воздухом. Изотермы сорбции и десорбции. Формы и энергия связи влаги с материалом. Химически связанная влага. Адсорбционносвязанная 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.

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.

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 смесительноотстойный. Материальный баланс. Расчет количества экстрагента.

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.

Процессы и машины для механизации перегрузочных операций Машины непрерывного транспорта

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

Конвейеры непрерывного транспорта с тяговым элементом: ленточные, цепные (пластинчатые, скребковые, ковшевые) элеваторы. Типы, устройство, область применения, методика расчета.

Конвейеры непрерывного транспорта без тягового элемента: винтовые, качающиеся, роликовые. Типы, устройство, область применения, методика расчета.

Транспортирующее оборудование поточных линий.

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.

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.

Грузоподъемные машины

Классификация. Основные механизмы и элементы. Основы расчета.

РАЗДЕЛ II

Основы рационального питания. Принципы создания продуктов функционального и специализированного назначения.

Обогащенные и функциональные пищевые продукты: сходство и различия.

Концептуальные основы проектирования пищевых продуктов функционального и специализированного назначения.

Методология проектирования продуктов комплексной переработки сырья.

Методология проектирования пищевых продуктов функционального и специализированного назначения.

Формирование стратегии проектирования продукта питания.

Формирование и структурирование ключевых технических характеристик продукции при проектировании продуктов питания.

Проектирование продуктов питания: создание полномасштабного прототипа, выпуск опытно-промышленной партии, запуск серийного производства.

Классификация и принципы создания диетических продуктов питания.

Принципы создания сбалансированных продуктов питания. Питание пациентов с сердечнососудистыми заболеваниями.

Оценка норм физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения РФ.

Принципы коррекции микронутриентного дефицита.

Пример разработки методологии проектирования функционального продукта питания.

Функциональные свойства растворимых молочно-белковых концентратов и их использование в производстве функциональных продуктов питания.

Разработка методологии проектирования низкокалорийного продукта на молочной основе и определение его энергетической ценности.

Проектирование продуктов детского питания.

Изучение функционально-технологических свойств белков при проектировании продуктов питания.

Проектирование продуктов для питания спортсменов.

РАЗДЕЛ III

Принципы пищевой комбинаторики при разработке инновационной продукции. Формирование доказательной базы безопасности и функциональности инновационного продукта в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.

Изучение принципов пищевой комбинаторики при разработке новых видов продуктов. Понятие безопасность и доброкачественность. Возможность трансформации пищевых добавок и других компонентов в токсичные в ходе технологического процесса производства продукции. Понятие необходимости использования. Понятие совместимости. Совместимость по биологическим эффектам. Понятие предпочтительности использования. Исследования на токсичность и мутагенность. Понятие конечного контроля и достоверности декларирования: декларирование у продуктов каких-либо функциональных, лечебных, профилактических свойств. Понятие исключения. Проектирование продуктов с модифицированным белковым, углеводным, липидным составом. Проектирование продуктов, обогащенных пищевыми волокнами. Продукты с измененным электролитным составом. Проектирование продуктов с измененной рецептурой. Проектирование продуктов сбалансированного питания для различных групп населения в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.

Технологические линии пищевых производств. Организация технологической линии. Линия как объект технического обеспечения современных технологий. Классификация линий. Интегрирующие свойства оборудования. Пространственно-

временная структура линий. Обеспечение функциональной эффективности линии. Строеие технологических линий в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.

Функциональная структура линии. Комплексы оборудования, составляющие линию. Транспортирующие устройства и технологические комплексы в линиях.

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

Функционирование технологической линии. Эксплуатационные свойства линии. Проверка качества функционирования линии. Доводка линии. Освоение линии. Обслуживание и восстановление работоспособности линии. Развитие технологической линии. Циклы развития линий. Показатели технического уровня линий. Основные направления развития линий.

Сущность процесса диспергирования, его виды, характеристические параметры, аппаратурное оформление. Процесс взбивания и пенообразование. Характеристики пены. Изменение физических параметров среды с течением процесса. Аппараты, реализующие процесс. Сущность процесса псевдооживления. Режимы и параметры процесса в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.

3. Структура кандидатского экзамена

Экзамен проводится в устной форме и включает три вопроса:

1 вопрос – из раздела процессы и аппараты пищевых производств,

2 вопрос – из раздела технологии пищевых продуктов с заданными потребительскими свойствами,

3 вопрос – из области научного знания, которая соответствует теме диссертации аспиранта (на соискание ученой степени кандидата наук).

Необходимость в пересдачи кандидатского экзамена по пищевым системам науки возникает только при смене отрасли науки, по которой планируется диссертационное исследование аспиранта.

Критерий оценки промежуточного контроля

Оценка 5 «отлично» ставится, если аспирант:

- демонстрирует глубокие знания программного материала;
- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно излагает программный материал, не затрудняясь с ответом при видоизменении задания;
- свободно справляется с решением ситуационных и практических задач;
- грамотно обосновывает принятые решения;
- самостоятельно обобщает и излагает материал, не допуская ошибок;
- свободно оперирует основными теоретическими положениями по проблематике излагаемого материала.

Оценка 4 «хорошо» ставится, если аспирант:

- демонстрирует достаточные знания программного материала;
- грамотно и по существу излагает программный материал, не допускает существенных неточностей при ответе на вопрос;
- правильно применяет теоретические положения при решении ситуационных и практических задач;

- самостоятельно обобщает и излагает материал, не допуская существенных ошибок.

Оценка 3 «удовлетворительно» ставится, если аспирант:

- излагает основной программный материал, но не знает отдельных деталей;
- допускает неточности, некорректные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала;
- испытывает трудности при решении ситуационных и практических задач.

Оценка 2 «неудовлетворительно» ставится, если аспирант:

- не знает значительной части программного материала;
- допускает грубые ошибки при изложении программного материала;
- с большими затруднениями решает ситуационные и практические задачи.

Результаты кандидатского экзамена оформляются протоколом (приложение 1).

4. Вопросы к кандидатскому экзамену

1. Цель и анализ формального представления процессов пищевых производств обобщенной формулой. Геометрическая интерпретация формулы.
2. Теоремы подобия.
3. Методы оптимизации процессорных зависимостей
4. Получение основных критериев теплового подобия. Их физический смысл и взаимосвязь.
5. Особенности представления процессорных зависимостей в различных системах координат
6. Алгоритм определения погрешности выведенных критериальных зависимостей.
7. Отражение процессорных зависимостей в I-d диаграмме
8. Особенности моделирования в процессорной науке, принципы и подходы Наука как объект философии науки: основные аспекты бытия науки
9. Основное уравнение гидростатики. Вывод. Его энергетический смысл.
10. Перемешивание жидких систем. Способы, реализации процесса, параметры оценки, критериальное уравнение процесса. Аппаратурное оформление рас- четного процесса.
11. Процесс взбивания и пенообразование. Характеристики пены. Изменение физических параметров среды с течением процесса. Аппараты, реализующие процесс.
12. Сущность процесса псевдооживления. Режимы и параметры процесса. Аппаратурное оформление. Область применения.
13. Сущность процесса грануляции. Область применения процесса в пищевой промышленности. Способы грануляции, принципы действия аппаратов процесса.
14. Сущность процесса центрифугирования. Параметры процесса. Аппаратурное оформление. Типы центрифуг, принцип действия, производительность.
15. Уравнение теплопроводности плоской и цилиндрической стенки.
16. Расчет потерь тепла в окружающую среду с поверхностями тепло-

вого оборудования, расчет толщины теплоизоляции.

17. Определение коэффициентов теплоотдачи и их связь с коэффициентом теплопередачи.

18. Расчет теплообменников (поверочный и проектный расчет).

19. Выпаривание в однокорпусной выпарной установке. Характеристические показатели процесса.

20. Многокорпусное выпаривание. Схемы процесса, распределение полезной разности температур по корпусам, оптимальное число корпусов

21. Современное состояние и перспективы развития науки о питании.

22. Важнейшие продовольственные проблемы в мире и прогнозы их решения.

23. Рацион современного человека. Рекомендуемые нормы потребления пищевых веществ, энергии и продуктов питания.

24. Витамины и их роль для нормальной жизнедеятельности человека.

25. Микро и макроэлементы и их роль для нормальной жизнедеятельности человека.

26. Основные принципы обогащения продуктов питания микронутриентами.

27. Белки и их роль в питании человека.

28. Липиды и их роль в питании человека.

29. Функционально-технологические свойства белков для создания новых форм пищи.

30. Функционально-технологические свойства липидов для создания новых форм жировых аналогов.

31. Пенообразующие и влагосвязывающие свойства растворимых форм молочных белков.

32. Принципы создания продуктов с модифицированным жировым составом.

33. Принципы создания продуктов с модифицированным белковым составом.

34. Основные этапы проектирования рецептуры и технологии функциональных продуктов питания.

35. Формирование стратегии проектирования продукта питания.

36. Основная цель при проектировании продуктов питания.

37. Назовите основные задачи при проектировании продуктов питания.

38. Что такое SWOT-анализ?

39. Основные технические характеристики продукции при проектировании продуктов питания.

40. Создание полномасштабного прототипа при проектировании продуктов питания.

41. Проектирование продуктов с модифицированным белковым составом в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.

42. Проектирование продуктов с модифицированным углеводным составом в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.

43. Проектирование продуктов, обогащенных пищевыми волокнами в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.

44. Проектирование продуктов с модифицированным составом липидов в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
45. Продукты с измененным электролитным составом в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
46. Проектирование продуктов с измененной рецептурой в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
47. Проектирование продуктов сбалансированного питания для различных групп населения в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
48. Принципы пищевой комбинаторики при разработке инновационной продукции в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
49. Формирование доказательной базы безопасности и функциональности инновационного продукта в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
50. Функциональная структура линии и комплексы оборудования, составляющие линию в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
51. Транспортирующие устройства и технологические комплексы в линиях в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
52. Создание и организация технологической линии в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
53. Проектирование линии и конструирование оборудования линии. Изготовление, монтаж и модернизация линии в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
54. Функционирование и эксплуатационные свойства линии в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
55. Проверка качества функционирования и доводка линии в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
56. Освоение линии. Обслуживание и восстановление работоспособности линии в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
57. Перемешивание жидких систем. Способы, реализации процесса, параметры оценки, критериальное уравнение процесса. Аппаратурное оформление рас четного процесса в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
58. Сущность процесса диспергирования, его виды, характеристические параметры, аппаратурное оформление в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
59. Процесс взбивания и пенообразование. Характеристики пены. Изменение физических параметров среды с течением процесса. Аппараты, реализующие процесс в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.
60. Сущность процесса псевдооживления. Режимы и параметры процесса. Аппаратурное оформление. Область применения в соответствии с тематикой научных исследований аспиранта.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение

а) основная литература (библиотека Вавиловского):

1. Цифровая нутрициология: применение информационных технологий при разработке и совершенствовании пищевых продуктов: монография / В.А. Тутельян, О.Н. Мусина, М.Г. Балыхин, М.П. Щетинин, Д.Б. Никитюк. – Москва; Барнаул: АЗБУКА, 2020. – 378 с. – Режим доступа:

<https://reader.lanbook.com/book/163723#2>

2. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки: учебник / В.М. Позняковский, О.В. Чугунова, М.Ю. Тамова; под общ. ред. В.М. Позняковского. М.: ИНФРАМ, 2018. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/939538>

3. Пищевые волокна: функционально-технологические свойства и применение в технологиях продуктов питания на основе молочной сыворотки: монография / Н.В. Неповинных, Н.М. Птичкина. М.: ИНФРАМ, 2017. 204 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/951300>

4. 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, 2019. - 204 с. - ISBN 978-5-8114-4163-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/115658>

5. Процессы и аппараты пищевых производств и биотехнологии: учебное пособие / Д. М. Бородулин, М. Т. Шулбаева, Е. А. Сафонова, Е. А. Вагайцева. - 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 292 с. - ISBN 978-5-8114-3436-7. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/112671>

б) дополнительная литература

1. Товароведение, технология и экспертиза пищевых продуктов животного происхождения: Учебное пособие / Г.В. Чебакова, И.А. Данилова. М.: НИЦ ИНФРАМ, 2014. 304 с. Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/361170>

2. Функциональные пищевые ингредиенты и добавки в производстве кондитерских изделий: учебное пособие для студентов по направлению подготовки "Продукты питания из растительного сырья" / Г.О. Магомедов, А.Я. Олейникова, И.В. Плотникова. СПб.: ГИОРД, 2015. 440 с. ISBN 9785988791744.

3. Позняковский, В.М. Безопасность продовольственных товаров (с основами нутрициологии): учебник для подготовки бакалавров и магистров по направлению 38.03.07 "Товароведение" / В.М. Позняковский. М.: ИнфраМ, 2015. 271 с. (Высшее образование: Бакалавриат). ISBN 9785160053080 (print). ISBN 9785161015605 (online).

4. Мезенова, О.Я. Проектирование поликомпонентных пищевых продуктов: учебное пособие для студентов вузов по направлению 19.03.03 "Продукты питания животного происхождения" / О.Я. Мезенова. СПб.: Проспект Науки, 2015. 224 с. ISBN 9785906109194.

5. Тутельян, В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: справочник / В.А. Тутельян. М.: ДеЛи плюс, 2012. 284 с.: табл. ISBN 9785905170201.

6. Гунькова, П.И. Биотехнологические свойства белков молока: монография / П.И. Гунькова, К.К. Горбатова. СПб.: ГИОРД, 2015. 216 с.: ил. ISBN 9785988791836.

7. Богатова, О.В. Промышленные технологии производства молочных продуктов: учебное пособие / О.В. Богатова, Н.Г. Догарева, С.В. Стадникова. СПб.: Проспект Науки, 2014. – 272 с. ISBN 9785903090983.

8. Алексеев, Г.В. Математические методы в пищевой инженерии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Г.В. Алексеев, Б.А. Вороненко, Н.И. Лукин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 176 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4039>

9. Бредихин, С.А. Процессы и аппараты пищевой технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Бредихин, А.С. Бредихин, В.Г. Жуков, Ю.В. Космодемьянский; под ред. Бредихина С.А.. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 544 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50164>

10. Моргунова, Н.Л. Процессы и аппараты пищевых и химических производств: метод. указания для лабораторных работ / Н.Л. Моргунова, Б.В. Богачев, Л.Ю. Скрябина. - Саратов: ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ", 2010. - 46 с.

11. Морозова, Н.Н. Расчёт теплообменных аппаратов: индивидуальные задания и методические указания для самостоятельной работы студентов / ФГБОУ ВПО СГАУ.; Н.Н. Морозова, С.А. Тужилина. - Саратов: КУБиК, 2012. - 33с.

12. Остриков, А.Н. Процессы и аппараты пищевых производств: учебник для вузов. В 2-х кн. Кн. 1 / А.Н. Остриков, Ю.В. Красовичкий, А.А. Шевцов; ред. А.Н. Остриков. - СПб.: ГИОРД, 2007. - 704 с. ISBN 978-5-98879-041-9

13. Остриков, А.Н. Процессы и аппараты пищевых производств: учебник для вузов. В 2-х кн. Кн. 2 / А.Н. Остриков, Ю.В. Красовичкий, А.А. Шевцов; ред. А.Н. Остриков. - СПб.: ГИОРД, 2007. - 608 с. ISBN 978-5-98879-051-8

14. Петров, В.И. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Петров, Д.М. Попов. - Электрон. дан. Кемерово: КемГУ, 2013. - 127 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/45640>

15. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, ред. П.Г. Романков, А.А. Носков. - 9-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1981. - 560 с.: ил.

16. Плаксин, Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств: учебник / Ю.М. Плаксин, Н.Н. Малахов, В.А. Ларин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2007. - 760 с. ISBN 978-5-9532-0581-8

17. Панфилов В.А. Машины и аппараты пищевых производств: в 3 кн. Кн. 3/ред. В.А. Панфилов. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: КолосС, 2009. - 551 с. ISBN 978-5-9532-0754-6

18. Жуков, В.И. Процессы и аппараты пищевых производств / В.И. Жуков - Новосибирск: НГТУ, 2013. - 188 с.: ISBN 978-5-7782-2403-2

в) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Электронная библиотека диссертаций РГБ <http://diss.rsl.ru/>

Электронная библиотека Вавиловского

<http://library.sgau.ru>

Электронно-библиотечная система iPRBooks <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронно-библиотечная система Znanium <http://znanium.com/>
 Электронные информационные ресурсы ЦНСХБ <http://www.cnsnb.ru/>
 Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

г) периодические издания

Журнал «Вопросы питания»

<http://vp.geotar.ru/>

Молочная промышленность (Книги по биотехнологии)

<http://biox.ru/books/term/molochnayapromyshlennost>

д) базы данных и поисковые системы

<https://www.yandex.ru/>

<https://www.google.ru/>

<https://scholar.google.ru/>

д) информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса:

- Информационно-справочные системы:

<http://1000gost.ru/>

- программное обеспечение:

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Наименование программы	Тип программы (расчетная, обучающая, контролирующая)
1	2	3	4
1.	Все темы дисциплины	Microsoft Desktop Education (Microsoft Access, Microsoft Excel, Microsoft InfoPath, Microsoft OneNote, Microsoft Outlook, Microsoft PowerPoint, Microsoft Publisher, Microsoft SharePoint Workspace, Microsoft Visio Viewer, Microsoft Word)	вспомогательная
2	Все темы дисциплины	ESET NOD 32	вспомогательная

Рассмотрено и утверждено на заседании
 кафедры «Технологии продуктов
 питания»

«16» 2026 (10).

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Саратовский государственный
университет генетики,
биотехнологии и инженерии
имени Н.И. Вавилова
(ФГБОУ ВО Вавиловский университет)
Пр-кт им Петра Столыпина, зд 4, стр 3,
г. Саратов, 410012
факс: (8452) 23-47-81, тел.: 23-32-92
e-mail: rector@vavilovsar.ru

УТВЕРЖДАЮ
Ректор ФГБОУ ВО
Вавиловский университет

_____ Д.А. Соловьев
« ____ » _____ г.

ПРОТОКОЛ № _____

заседания экзаменационной комиссии

от « ____ » _____ г.

Состав комиссии: (утвержден приказом № ____-ОД от _____ 20__ г.):
_____ – д-р _____ наук, профессор каф. « _____ » (председатель);
_____ – д-р _____ наук, профессор каф. « _____ »;
д-р _____ наук, профессор каф. « _____ »; _____ – канд. _____ наук,
доцент каф. « _____ »

СЛУШАЛИ: Прием кандидатского экзамена по дисциплине _____

Научная специальность 0.0.0. _____

от _____

(фамилия, имя, отчество)

На экзамене были заданы следующие вопросы: _____

ПОСТАНОВИЛИ: Считать, что _____
сдал(а) экзамен с оценкой _____

Председатель экзаменационной комиссии:

Ф.И.О

Члены экзаменационной комиссии:

Ф.И.О

Ф.И.О

Ф.И.О