

Записи выполняются и используются в СО 1.004  
Предоставляется в СО 1.023

СО 6.018

608

025

11

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Саратовский государственный аграрный университет  
имени Н.И. Вавилова**

**Послевузовское профессиональное образование**

Программа рассмотрена и одобрена на научно-техническом совете протокол № 2

«20» декабря 2011 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор:

/Кузнецов Н.И./

«20» декабря

2011 г.



**ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

**специальности**

**05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств**

Саратов – 2011 г.

## **Общие положения**

Программа кандидатского экзамена по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура), утвержденными приказом Минобрнауки России 16 марта 2011 г. № 1365, на основании паспорта и программы–минимум кандидатского экзамена по специальности 05.18.12 – Процессы и аппараты пищевых производств.

Кандидатский экзамен по специальности проводится в соответствии с учебным планом аспиранта на последнем году подготовки или ранее при условии готовности диссертации. Трудоемкость кандидатского экзамена составляет 1 ЗЕТ (36 часов). Подготовка к кандидатскому экзамену по специальности включает освоение специальных дисциплин отрасли науки и научной специальности.

Решение о готовности аспиранта к сдаче кандидатского экзамена принимает научный руководитель аспиранта. Экзамен проводится в форме собеседования по билетам. Состав комиссии по приему кандидатского экзамена формируется из числа ведущих профессоров, докторов и кандидатов наук по данной специальности, имеющих опыт подготовки кадров высшей квалификации, и утверждается приказом ректора.

## **Содержание программы-минимум**

Настоящая программа обобщает последние достижения науки, техники и передовых технологий, обеспечивающие увеличение производства пищевой продукции и внедрение в эти процессы прогрессивных физических методов обработки пищевых продуктов.

### *Основные понятия и законы, принципы оптимизации процессов*

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.

### *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.

## *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. Потоки 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.

### *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, пароконденсаторы. 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.

### *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: бингановских, псевдопластических, дилатантных, тиксотропных и реопектантных.

#### *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.

### *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 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.

### *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.

### *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 аналитическими 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. 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.

*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 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.

*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. 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.

### *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.

### *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. 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.

### *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. Разливочно-укупорочные 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 пище-

вых 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.

### *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, ультразвук. 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. Энергетический и эксергетический КПД 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. T-S диаграмма состояния веществ. Холодильные циклы. Компрессионные, каскадные, пароэжекторные 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 заморажива-



нии, 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 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.

Стушение растворов методом криоконцентрирования. Сравнительный анализ стушения методом выпаривания и криоконцентрирования.

#### *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.

#### *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: 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.

*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. J-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, распыли-

тельных, 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 характеристики 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.

#### *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 смесительно-отстойный. 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.

#### *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.

#### *Строение технологических линий*

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.

### **Перечень вопросов кандидатского экзамена**

1. Основные классические научные законы и положения, формулирующие общие закономерности протекания технологических процессов пищевых производств.
2. Основные классификации процессов пищевых производств, их организационно-техническая структура и кинетические закономерности. Движущая сила процесса.
3. Международная система единиц (СИ), ее особенности, достоинства и недостатки, применительно к размерностям группы свойств объектов пищевой промышленности.
4. Особенности моделирования в процессовой науке, их виды, принципы и подходы.
5. Теория размерности как метод исследования в процессах и аппаратах.
6. Оптимизация процессов и аппаратов пищевых производств. Основные принципы и требования при ее проведении.
7. Теория, теоремы и инварианты подобия.
8. Этапы разработки новых процессов и аппаратов пищевой промышленности, их особенности и основы проектирования аппаратов.
9. Теоретические основы процессов измельчения: способы, циклы, параметры определяющие процесс. Аппаратурное оформление процесса.
10. Теоретические основы процессов прессования: виды, параметры процесса. Аппаратурное оформление процесса.
11. Смешение и разделение сыпучих материалов в пищевой промышленности. Методы реализации процессов и способы их оценки. Аппаратурное оформление.
12. Дисперсные системы в пищевой промышленности. Виды систем, характеристические параметры, методы характеристики, распределение.
13. Основное уравнение гидростатики. Вывод. Его энергетический смысл.
14. Инженерные методы расчета емкостей в пищевой промышленности. Эпюры давления.
15. Основное уравнение гидростатики. Параметры и режимы движения жидкости. Критерий Рейнольдса, его вывод.
16. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости, его геометрическая и энергетическая интерпретация.
17. Гидравлические сопротивления и потери напора. Гидравлический расчет напорных трубопроводов.
18. Истечения жидкости через отверстия и насадки.
19. Назначение, классификация, характеристика насосов и насосных установок пищевой промышленности.
20. Принцип действия основных характерных насосов пищевой промышленности, их показатели работы.
21. Перемешивание жидких систем. Способы, реализации процесса, параметры оценки, критериальное уравнение процесса. Аппаратурное оформление расчетного процесса.

22. Сущность процесса диспергирования, его виды, характеристические параметры, аппаратное оформление.
23. Процесс взбивания и пенообразование. Характеристики пены. Изменение физических параметров среды с течением процесса. Аппараты, реализующие процесс.
24. Сущность процесса псевдооживления. Режимы и параметры процесса. Аппаратное оформление. Область применения.
25. Сущность процесса грануляции. Область применения процесса в пищевой промышленности. Способы грануляции, принципы действия аппаратов процесса.
26. Осаждение. Кинетика и режимы процесса. Свободное и стесненное движение частиц. Определяющий закон процесса.
27. Фильтрация, кинетика процесса. Методы, способы, параметры процесса. Аппаратное оформление.
28. Мембранные методы разделения жидких систем. Классификация процессов. Механизм их проведения. Мембраны, их параметры. Аппаратное оформление процессов, типы аппаратов, область применения, перспективы.
29. Сущность процесса центрифугирования. Параметры процесса. Аппаратное оформление. Типы центрифуг, принцип действия, производительность.
30. Циклоны, их типы, основы теории, принцип работы, область применения.
31. Очистка газов. Способы очистки, их аппаратное оформление. Основы теории различных способов очистки, методы инженерного расчета.
32. Виды теплопереноса в пищевой промышленности, их представление и общие понятия процесса.
33. Теплопроводность. Характеристические уравнения явления. Их использование для получения критериальных форм.
34. Уравнение теплопроводности и плоской и цилиндрической стенки.
35. Теплообмен при излучении. Его использование в инженерных расчетах тепловой аппаратуры.
36. Дифференциальное уравнение конвективного переноса теплоты. Критериальные уравнения процесса. Подобие процессов теплоотдачи.
37. Теплоотдача при вынужденной и естественной конвекции.
38. Теплоотдача при конденсации насыщенных паров, виды конденсации.
39. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании труб.
40. Теплоотдача при кипении, режимы процесса.
41. Расчет потерь тепла в окружающую среду с поверхностями теплового оборудования, толщина теплоизоляции.
42. Уравнения теплопередачи для плоской и цилиндрической стенки при постоянных и переменных температурах теплоносителей.
43. Определение средней движущей силы при различных направлениях движения теплоносителей.
44. Определение коэффициентов теплоотдачи и их связь с коэффициентом теплопередачи.
45. Теплопередача при нестационарном режиме.
46. Нагревание различного рода теплоносителями в пищевой промышленности. Требования, предъявляемые к теплоносителям, их характеристика.

- 47.Классификация и конструкции теплообменных аппаратов пищевой промышленности. Направления их совершенствования.
- 48.Методы расчета теплообменников (поверочный и проектный расчет).
- 49.Процесс выпаривания, методы, условия проведения. Простое выпаривание.
- 50.Выпаривание в однокорпусной выпарной установке. Характеристические показатели процесса.
- 51.Многокорпусное выпаривание. Схемы процесса, распределение полезной разности температур по корпусам, оптимальное число корпусов.
- 52.Методика расчета многокорпусных выпарных установок.
- 53.Сущность процесса пастеризации, способы реализации процесса, аппаратурное оформление.
- 54.Сущность процесса стерилизации, показатели процесса, стерилизующий эффект. Аппаратурное оформление процесса.
- 55.Массоотдача, преобразование дифференциальных уравнений переноса массы методами теории подобия. Критериальное уравнение процесса в общем виде.
56. Основы массопередачи в системах со свободной границей раздела фаз. Движущая сила процесса.
- 57.Молекулярный и конвективный массоперенос. Законы Фика.
- 58.Дифференциальное уравнение конвективного массопереноса.
- 59.Турбулентная диффузия, гидродинамические и диффузионные слои.
- 60.Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений
- 61.Средняя движущая сила процессов массопередачи.
- 62.Методы расчета основных размеров массообменных аппаратов.
- 63.Массопередача в системах с твердой фазой.
- 64.Теоретические основы абсорбции. Десорбция. Аппаратурное оформление процесса, сравнительная характеристика.
- 65.Теоретические основы адсорбции. Десорбция. Аппаратурное оформление процесса, схемы проведения процесса, интенсификация.
- 66.Простая перегонка. Перегонка с водяным паром, дефлегмацией, молекулярная дистилляция, параметры процесса.
- 67.Ректификация, схемы процесса, его параметры, основы расчета (бинарные смеси при непрерывном процессе).
- 68.Теоретические основы жидкостной экстракции. Конструкции экстракторов.
- 69.Общие сведения об ионном обмене. Типы аппаратов, реализующих процесс.
- 70.Диаграмма состояния влажного воздуха, его основные параметры.
- 71.Кинетика процесса конвективной сушки.
- 72.Расчет процесса конвективной сушки в  $I-d$ -диаграмме.
- 73.Варианты сушильных процессов. Аппаратурное оформление процесса. Направления совершенствования сушильного оборудования.
- 74.Сублимация. Основы теории. Аппаратурное оформление.
- 75.Общие сведения о кристаллизации. Кинетика процесса, его параметры, способы реализации, аппараты.

## Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Основная литература

1. **Остриков, А.Н.** Процессы и аппараты пищевых производств: Учеб. для вузов: в 2 кн; под ред. А.Н. Острикова.- СПб: ГИОРД, 2007.
2. **Плаксин, Ю.М.** Процессы и аппараты пищевых производств- М.: Колос, 2005.- 760 с.
3. **Алексеев, Г.В.** Виртуальный лабораторный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств.- СПб. СПбГУНиПТ, 2007-143с.
4. **Ангелюк, В.П.** Расчет сушилок. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 9538, рег.27.11.2007 г.
5. **Ангелюк, В.П.** Алгоритм определения показателей энергетической эффективности процессов стерилизации баночных консервов. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 11139, рег.14.07.2008 г.
6. **Ангелюк, В.П.** Алгоритм анализа физического состава пищевых систем. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 16553, рег.23.12.2010 г.
7. **Ангелюк, В.П.** Алгоритм проектирования профиля куттерного ножа. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 16024, рег.20.07.2010 г.
8. **Ангелюк, В.П.** Базисные основы формализации массообменных процессов пищевых производств. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 17167, рег.7.07.2011 г.

### Дополнительная литература

1. **Стабников, В. Н.** Процессы и аппараты пищевых производств.-М. Агропроиздат, 1985.-503 с.
2. **Кавецкий Г. Д.** Процессы и аппараты пищевой промышленности. - М.:Агропромиздат, 1999.-396с.
3. **Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии/** Под ред. Романкова П Г. -Л..Химия, 1981.-560с.
4. **Гребенюк, С. Н.** Процессы и аппараты пищевой промышленности. М.Агропромиздат, 1999-278 с.
5. **Ангелюк, В.П.** Алгоритм определения показателей энергетической эффективности процессов стерилизации баночных консервов. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 11139, рег.14.07.2008 г.
6. **Ангелюк В.П.** Алгоритм проектирования инжектора для выпарных установок. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 16778, рег.2.03.2011 г.
7. **Пищевая инженерия /** Спр с примерами расчетов под ред К.Дж. Валентаса СПб «Профессия», 2004 – 851 с.
8. **Сборник задач по процессам теплообмена в пищевой и холодильной промышленности./** Данилова Г. н., Филаткин В. Н., Щербов М. Г., Бучко А. А. - М: Агропромиздат, 1986.-288С.
9. **Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств/** Гребенюк С. М., Михеева Н. С, Грачев Ю. П. и др.- М:Агропромиздат, 1987.-304с.
10. **Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию/** Под ред. Дытнерского Ю. И.- М.:Химия, 1983.-27с.



11. **Холодильная технология продуктов в мясной, молочной промышленности/** Ильясов В. С., Полушкин В. И., Васильева Н. Л.-М..Легкая и пищевая промышленность, 1983.-216С.
12. **Кук, Г. А.** Процессы и аппараты молочной промышленности.- М: Пищевая промышленность, 1973.-767с.
13. **Касаткин, А. Г.** Основные процессы и аппараты химической технологии.- Химия, 1973.-750с.
14. **Баранцев, В.И.** Сборник задач по процессам и аппаратам пищевых производств.-М :Агропромиздат,1985-136с.
15. **Лонцин,М.** Основные процессы пищевых производств. М. Легкая промышленность, 1983.-383с.

*Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:*

- Электронно-библиотечная система Саратовского государственного аграрного университета имени Н.И. Вавилова - <http://library.sgau.ru>
- Научная электронная библиотека eLibrary - <http://elibrary.ru>
- Электронно-библиотечная система «Айсбук» (iBooks) - <http://ibooks.ru>
- Электронно-библиотечная система издательства «Лань» - <http://www.e.lanbook.com>
- Электронно-библиотечная система «Рукопт» - <http://rucont.ru>
- Электронные информационные ресурсы ЦНСХБ - <http://www.cnshb.ru/>
- Электронная библиотека «Отчеты по НИР» - <http://www.cnshb.ru/>
- Academic Search Premier - <http://www.ebscohost.com/academic/academic-search-premier>
- Ulrich's Periodical Directory - <http://ulrichsweb.serialssolutions.com>
- Электронная библиотека диссертаций РГБ - <http://diss.rsl.ru/>
- Зарубежная база данных реферируемых научных журналов Agris - <http://agris.fao.org/>