

Министерство образования и науки Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Нижекамск

2012

УДК 664
Я.54

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Нижнекамского химико-технологического института (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ».

Рецензенты:

Гарипов М.Г., кандидат технических наук, доцент кафедры ПАХТ НХТИ;
Сагдеев А.А., кандидат технических наук, доцент.

Ямалиева, Л.Г.

Я.54 Процессы и аппараты пищевых производств: методические рекомендации / Л.Г. Ямалиева, Б.А. Ямалиев. - Нижнекамск. : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2012. – 64 с.

Методические рекомендации предназначены для самостоятельной работы студентов, обучающихся по заочной форме по дисциплине “Процессы и аппараты пищевых производств», направление подготовки 260100.62 «Технология продуктов питания» (ориентация на 260501.65). Квалификация – бакалавр техники и технологии

В методических рекомендациях приведены: программа дисциплины, методические рекомендации к самостоятельной работе при изучении учебного материала, контрольные задания по четырем разделам, вопросы для подготовки к экзаменам. Задания к контрольным работам составлены по разделам учебной программы и состоят из четырех заданий. Всего подготовлено 20 вариантов заданий для контрольных работ № 1 и № 2 , а также задания на курсовой проект.

В приложении приведены образцы задания для курсового проекта и справочные данные, которые редко встречаются в технической литературе.

УДК 664

© Ямалиева Л.Г., Ямалиев Б.А., 2012
© Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2012

Содержание

Введение	4
1.Содержание дисциплины	7
2.Методические рекомендации к самостоятельной работе	14
2.1. Общие вопросы прикладной гидравлики	14
2.2.Гидромеханические процессы	15
2.3.Тепловые процессы	18
2.4.Массообменные (диффузионные) процессы	22
2.5.Механические процессы: измельчение и классификация твердых материалов	25
3.Контрольные работы. Перечень заданий на контрольные работы	26
3.1.Задания по теме «Гидравлика и гидравлические машины»	26
3.2.Задания по теме «Гидродинамические процессы»	30
3.3.Задания по теме «Выпаривание»	33
3.4.Задания по теме «Ректификация»	36
3.5.Задания по теме «Сушка»	
4. Варианты заданий к контрольным работам	38
5.Задания к курсовому проекту	40
5.1 Задания по темам: ректификация, выпаривание, тепловые процессы	40
5.2.Задания по теме «Сушка» к курсовому проекту	44
6.Вопросы для подготовки к экзаменах по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»	48
7. Информационно-методическое обеспечение	61

Введение

Дисциплина “Процессы и аппараты пищевых производств” изучается с целью освоения теоретических основ механических, гидромеханических, тепловых, массообменных процессов, их аппаратурного оформления и методов расчета основных размеров аппаратов. Такие знания необходимы для анализа и расчета технологических процессов пищевых производств, определения оптимальных параметров ведения технологического процесса. Данная дисциплина входит в число общепрофессиональных дисциплин (ОПД.Ф.04.)

Студент, изучивший данный курс должен знать:

- физическую сущность, назначение и область применения основных технологических процессов пищевых производств;
- общие закономерности протекания механических, гидромеханических, тепловых и массообменных процессов;
- основные варианты аппаратурного оформления процессов и их сравнительную характеристику;
- общие методы расчета конструктивных размеров аппаратов;
- условно графические обозначения технологического оборудования.

На лекциях, лабораторно-практических занятиях, при выполнении курсовой проекта студенты должны приобрести следующие знания, умения, навыки:

- знание основных понятий, определений и терминов, характеризующие механические, гидромеханические, тепловые и массообменные процессы;
- навыки составления материальных и тепловых балансов; расчета необходимой поверхности теплообмена; определение диаметра и высоты колонных аппаратов;
- навыки пользования технической и справочной литературой;
- навыки экспериментального исследования некоторых закономерностей гидромеханических, тепловых, массообменных процессов;
- умения составления функциональной схемы технологического процесса;
- навыки оформления конструкторской документации согласно ЕСКД.

Методические рекомендации предназначены для самостоятельной работы студентов, обучающихся по заочной форме по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств», направление подготовки 260100.62 «Технология продуктов питания» (ориентация на 260501.65). Квалификация – бакалавр техники и технологии

В методических рекомендациях приведены: программа дисциплины; методические рекомендации по самостоятельной работе при изучении учебного материала; контрольные задания по темам: гидравлика и гидравлические машины, гидромеханические процессы, ректификация, сушка; варианты контрольных заданий для выполнения контрольных работ № 1 № 2; задания на курсовой проект; вопросы для подготовки к экзаменам; приложения, информационно методическое обеспечение дисциплины. В приложениях приведены задание на курсовой проект с примерной программой выполнения курсового проекта по тепловым и массообменным процессам, справочный материал.

При самостоятельном изучении дисциплины рекомендуется вести конспект в виде ответов на вопросы, которые представлены как вопросы для подготовки к экзаменам.

Контрольная работа состоит из задач по темам: гидравлика и гидравлические машины, гидромеханические процессы, ректификация, сушка. При выполнении контрольной работы необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- выбрать вариант и условия задачи. Вариант выбирается по номеру зачетной книжки. Например, номер зачетной книжки студента 182116. Вариант – 16.
- переписать полностью условия задачи с цифровыми данными;
- решение задач сопровождать краткими, но четкими объяснениями, необходимыми схемами, рисунками;

- определению искомых величин должны предшествовать формулы и уравнения в буквенном выражении, со ссылкой на литературный источник;
- численные значения величин подставлять в том же порядке, в каком эти величины записаны в формуле. Для каждого промежуточного и конечного результатов решения указывать размерности.

В основу настоящих методических рекомендаций положены учебники и учебные пособия для вузов.

1. Кавецкий, Г.Д.. Процессы и аппараты пищевой технологии: учебник для студентов высших учебных заведений / Г.Д.Кавецкий, Б.В.Васильев. – М.: изд-во Колос, 1990. – 551 с.
2. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств: учебное пособие для вузов /А.С.Гинзбург, С.М.Гребенюк, Н.С.Михеева и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 1990. – 256 с.
3. Плаксин, Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств: учебник для студентов высших учебных заведений / Ю.М. Плаксин, Н.Н. Малахов, В.А.Ларин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2007. – 760 с.: ил.
4. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А. А. Носков. Под ред. чл. корр. АН СССР П.Г.Романкова. – 10-е изд. перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. -576 с.: ил.
5. Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств: учебное пособие для вузов /С.М.Гребенюк, Н.С.Михеева, Ю.П.Грачев и др. – М.: Агропромиздат, 1987. – 304 с.: ил.
6. Ямалиева, Л.Г. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие /Л.Г. Ямалиева, А.М.Ямалиев.– Нижнекамск: изд-во НМИ, 2009.– 278 с. ил.

1. Содержание дисциплины

Лекционный курс

Введение

Цели и задачи изучения дисциплины «Процессы и аппараты пищевых производств». Возникновение и развитие курса. Классификация основных процессов пищевой технологии. Основные кинетические закономерности гидромеханических, тепловых, массообменных процессов. Общие положения о выборе материалов при проектировании пищевой аппаратуры. Пути интенсификации технологических процессов пищевых производств, повышения технико-экономических характеристик аппаратов.

Общие закономерности, принципы анализа и математического описания процессов и аппаратов

Понятие о системном анализе закономерностей процессов. Изучение процессов на микро– и макромолекулярном уровнях с использованием молекулярно – кинетического и термодинамического принципов описания их закономерностей.

Явления переноса теплоты, массы и количества движения в средах, их аналогиях и основы теории. Аналитический, экспериментальный и синтетический методы изучения процессов. Применение теории подобия и теории размерностей для обобщения данных наблюдений. Основные положения масштабного перехода моделирования процессов. Статика, кинетика и динамика процессов. Движущая сила и скорость процессов. Баланс массы и энергии.

Общие вопросы прикладной гидравлики

Предмет гидравлика. Краткая историческая справка. Роль русских ученых в развитии гидравлики, гидромашин и гидроприводов. Применение гидрома-

шин, гидроприводов и гидроавтоматики в современных технологических процессах пищевых производств.

Основные физические свойства жидкостей: плотность, давление, вязкость, поверхностное натяжение. Закон внутреннего трения Ньютона. Понятие о ньютоновских и неньютоновских жидкостях.

Гидростатика. Понятие о гидростатическом давлении. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Практические приложения основного уравнения гидростатики.

Гидродинамика. Основные понятия гидродинамики: линия тока, элементарная струйка, трубка тока, живое сечение потока. Средняя скорость, уравнение расхода. Измерение расходов и скоростей движения жидкости. Дифференциальные уравнения движения идеальной и реальной жидкости. Уравнение Бернулли для установившегося движения идеальной жидкости. Геометрическое и энергетическое толкование уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для реальной жидкости. Коэффициент Кориолиса. Общие сведения о гидравлических потерях. Виды гидравлических потерь. Трубка Пито и Прандтля. Расходомер Вентури. Краткие сведения о движении газов, условия применимости законов гидравлики к движению газов.

Режимы движения жидкости. Ламинарный и турбулентный режимы движения жидкости. Число Рейнольдса. Гидравлический расчет трубопроводов.

Течение жидкости через неподвижные зернистые слои и пористые перегородки. Гидродинамика псевдооживленных (кипящих) слоев. Пневмотранспорт.

Транспортирование жидкостей. Классификация насосов. Основные параметры насосов: производительность, напор, расход энергии, к.п.д. Поршневые насосы. Классификация, устройство, принцип действия. Теоретическая и действительная производительность поршневых насосов.

Насосы двойного, тройного, четверного действия. Расход энергии на перекачку жидкости поршневыми насосами.

Центробежные насосы. Схема работы центробежного насоса. Основное уравнение центробежного насоса. Работа центробежного насоса на сеть, рабочая точка. Характеристика центробежного насоса: частная и универсальная. Насосы других типов: шестеренчатый, винтовой, пластинчатый, струйный.

Сжатие и разряжение газов. Классификация машин для сжатия и перемещения газов. Степень сжатия. Объемный коэффициент полезного действия (к.п.д.), производительность. Конструкции основных типов машин (поршневые, центробежные и др.).

Гидромеханические процессы

Общие сведения о гидромеханических процессах. Классификация и основные характеристики неоднородных жидких и газовых систем. Основные способы разделения неоднородных систем и их экологическое значение.

Сущность процесса отстаивания неоднородных систем и область его применения в пищевых производствах. Скорость осаждения и ее определение из условий равновесия действующих сил. Материальный баланс процесса. Схемы отстойных аппаратов для суспензий, эмульсий и пылей. Схемы расчета отстойника.

Фильтрация. Классификация фильтров. Конструкции основных фильтров для разделения неоднородных систем: рукавный фильтр, барабанный вакуум фильтр, ленточный вакуум фильтр.

Разделение в поле действия центробежных сил. Фактор разделения. Способы создания центробежной силы. Циклонный процесс. Схемы работы циклона (гидроциклона), циклона типа ЦН. Центрифугирование. Осадительные и фильтрующие центрифуги. Конструкции фильтрующих

центрифуг: саморазгружающаяся фильтрующая центрифуга; автоматическая фильтрующая центрифуга с ножевым съемом осадка.

Очистка газов. Конструкции основных типов мокрых пылеуловителей. Очистка газов в поле электростатических сил. Конструкции основных электрофильтров (трубчатых, пластинчатых).

Перемешивание в жидких средах. Механическое, пневматическое, циркуляционное перемешивание. Конструкции мешалок, их характеристика и выбор. Смесители для сыпучих тел. Перемешивание в статических смесителях. Область применения в пищевых производствах.

Тепловые процессы

Задачи и способы тепловой обработки пищевых продуктов. Промышленные способы подвода и отвода теплоты. Теплообменные аппараты. Классификация и конструкции основных поверхностных теплообменников (кожухотрубные, змеевиковые, пластинчатые и др.). Конструкции смесительных теплообменников. Конструкции конденсаторов смешения.

Выпаривание. Общие сведения о процессе и области его применения в пищевой технологии. Некоторые свойства растворов: концентрационная температурная, гидростатическая, гидравлическая депрессия; температура кипения раствора на среднем уровне кипяtilьных труб; теплоемкость; теплота растворения; полезная разность температур; общая разность температур. Методы проведения выпаривания. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки. Выпаривание термокомпрессией вторичного пара. Температурные потери в выпарной установке. Материальный и тепловой баланс однокорпусных и многокорпусных выпарных установок. Распределение полезной разности температур по корпусам. Предел числа корпусов и оптимальное число корпусов в многокорпусной выпарной установке. Схемы работы трубчатых выпарных

аппаратов: с центральной циркуляционной трубой; с принудительной циркуляцией раствора; пленочный выпарной аппарат. Расчет выпарных аппаратов.

Массообменные процессы

Общие сведения о массообменных процессах. Классификация и общая характеристика массообменных процессов, значение этих процессов в пищевых производствах. Способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие. Материальный баланс массообменных процессов. Рабочие диаграммы.

Основное уравнение массопередачи. Движущая сила массообменных процессов. Дифференциальные уравнения переноса вещества. Диффузионные критерии подобия. Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи.

Абсорбция. Общие сведения о процессе и области его применения. Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс абсорбции. Уравнение рабочих линий. Минимальный и оптимальный расход абсорбента. Абсорбция, сопровождающаяся химической реакцией. Абсорбенты, требования к ним. Десорбция. Методы проведения десорбции. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок. Конструкции абсорберов. Классификация. Пленочные и насадочные колонны. Виды насадок, их характеристика. Выбор насадки. Тарельчатые колонны. Виды тарелок. Другие виды абсорберов.

Перегонка жидкостей. Общие сведения о процессе и области его практического применения в пищевых производствах. Простая перегонка. Перегонка с дефлегмацией. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром.

Ректификация. Схема установок периодической и непрерывной ректификации. Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных

смесей. Уравнения рабочих линий. Рабочие диаграммы процесса. Минимальное и рабочее флегмовое число. Число теоретических ступеней контакта. Тепловой баланс процесса ректификации. Особенности устройства ректификационных колонн. Экстрактивная и азеотропная ректификация. Схемы установок. Разделение многокомпонентных смесей. Основы расчета ректификационных колонн.

Адсорбция. Общие сведения о процессе и области его применения в пищевых производствах. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Схемы работы адсорберов: с неподвижным, с движущимся слоем адсорбента, с псевдооживленным слоем зернистого адсорбента.

Экстракция. Общие сведения о процессе и области его применения в пищевой технологии. Материальный баланс процесса. Конструкции экстракторов.

Сушка. Общие сведения о процессе сушки. Классификация способов сушки. Основные параметры влажного воздуха. H-X диаграмма состояния влажного воздуха. Равновесие при сушке. Материальный и тепловой баланс сушки. Кинетика процесса сушки. Кривая сушки и кривая скорости сушки. Периоды постоянной, падающей скорости сушки. Конструкции сушилок. Конвективные сушилки: камерные, ленточные, барабанные, с псевдооживленным слоем высушиваемого материала. Контактные сушилки. Специальные виды сушки: радиационные, сублимационные, в поле токов высокой частоты.

Кристаллизация. Методы кристаллизации. Основные сведения о теории кристаллизации. Промышленные методы кристаллизации. Конструкции кристаллизаторов. Расчет кристаллизаторов.

Мембранное разделение. Физическая сущность процесса разделения с использованием разделительных перегородок, область применения в пищевых производствах. Диализ, испарение через мембрану, селективная диффузия, обратный осмос, нано-, ультра- и микрофльтрация. Оборудование для проведения процессов мембранной технологии.

Механические процессы

Измельчение. Теория измельчения. Классификация методов измельчения и дробильных машин. Краткая характеристика машин для крупного измельчения. Дробилки для среднего измельчения. Расчетные формулы для определения мощности. Дробилки для тонкого измельчения. Резки и терки, их краткая характеристика.

Сортирование. Основы теории ситового анализа. Методы сортирования области их применения в пищевой промышленности. Машины для ситовой сортировки. Электромагнитная сепарация. Сущность и назначение метода электромагнитной сепарации.

Обработка материалов пищевых производств давлением. Элементы теории обработки пищевых продуктов давлением: отжатие жидкости, формование пластических материалов, прессование (брикетирование). Машины для обработки давлением. Пресс для отделения жидкости, для формовки пластических масс.

2. Методические рекомендации к самостоятельной работе

2.1. Общие вопросы прикладной гидравлики

Объектом изучения раздела является жидкость – физическое тело, обладающее текучестью, рассматриваемая как сплошная среда, способная занимать любой объем. Основными свойствами жидкости являются: плотность, вязкость, давление, поверхностное натяжение, закон внутреннего трения Ньютона – Петрова. В зависимости от характера поведения жидкостей они разделяются на ньютоновские (подчиняющиеся закону Ньютона- Петрова) и неньютоновские. Для упрощения рассмотрения законов механики Л.Эйлер ввел понятие идеальной жидкости, которая не сжимается, не расширяется, при движении которой не возникают силы трения.

Гидростатика. Целью раздела является изучение законов равновесия жидкости и воздействие ее на ограничивающие твердые стенки для практического приложения в гидравлических устройствах. Необходимо обратить особое внимание на способы выражения давления (атмосферное, избыточное, вакуумметрическое, абсолютное) и на методы измерения давления.

Гидродинамика. Целью изучения раздела являются законы движения жидкости и умение использовать их в практической деятельности. Необходимо знать уравнения объемного и массового расходов, эквивалентный диаметр и методы его расчета, режимы движения жидкости (ламинарный, переходный, турбулентный), уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости, понятие о гидравлических потерях и методы их расчета. Гидравлический расчет трубопроводов, определение диаметра трубопровода и др.

Гидравлические машины. Целью раздела является ознакомление с общими положениями о работе насосов, с рабочими параметрами насосов. Насосы – это гидравлические машины, передающие жидкости энергию механического движения рабочих органов. В насосах жидкости сообщается

кинетическая энергия, преобразующаяся затем в энергию давления (или в энергию движения жидкости). Насосы разделяются на два основных класса: динамические и объемные.

Динамическими называют насосы, в которых энергия движения рабочих органов сообщается жидкости путем воздействия гидродинамических сил на незамкнутый ее объем. Они разделяются на лопаточные (лопастные), вихревые, струйные. Лопаточными называют гидравлические машины, в которых жидкость передает (получает) энергию в процессе взаимодействия с лопатками роторов. В качестве лопаток используют лопасти и другие цилиндрические поверхности, профиль которых соответствует крыльевому (закругленная передняя и острая задняя кромки криволинейного цилиндра).

Объемными называют насосы, в которых энергия передается жидкости путем периодического изменения размеров замкнутого объема при попеременном сообщении его со входом и выходом насоса. К классу объемных насосов относятся поршневые и плунжерные насосы, различные типы роторных насосов (шестеренные, пластинчатые, винтовые, ротационные).

Компрессоры – это гидравлические машины, предназначенные для сжатия и перемещения газов. Они, как и насосы, классифицируются на объемные и динамические. К объемным компрессорам относятся поршневые и роторные, а к динамическим лопаточные.

2.2. Гидромеханические процессы

Вещества, которыми являются пищевые продукты, принято называть системами. Система (от греч. *systema* – целое, составленное из частей; соединение) - это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом и образующих некую целостность, единство. Вещества (продукты) пищевых производств как системы могут разделяться (классифицироваться) на две большие группы – *гомогенные* и *гетерогенные*. *Гомогенными* (однородными) называют системы, состоящие из одной фазы: твердой, жидкой или

газообразной. Все параметры гомогенных систем изменяются непрерывно или монотонно. *Гетерогенные* (неоднородные) системы состоят из нескольких фаз или ингредиентов, отделенных друг от друга поверхностями раздела, четко фиксируемые принятыми средствами контроля. При переходе через поверхность раздела измеряемые параметры меняются скачком. Примерами неоднородных систем могут быть суспензии, эмульсии, пены, туманы, пыли и др. В гетерогенных системах можно выделить две фазы – *дисперсионную* среду и *дисперсную* фазу. *Дисперсная фаза* это находящиеся в *дисперсионной* среде измельченные частицы различных размеров и форм. Для разделения систем на ингредиенты используют методы и аппараты, отличающиеся большим разнообразием физических и химических явлений. Выбор оптимального аппарата определяется выбором признака. Для разделения неоднородных систем используются следующие признаки:

- разность плотностей составляющих неоднородной системы;
- различие магнитных и электрических свойств;
- возможность задержания частиц дисперсной фазы на твердых пористых перегородках и др.

По использованию одного или нескольких признаков различают способы разделения систем. Признаки, используемые для разделения неоднородных систем, являются следствием наличия четких границ между *дисперсной* фазой и *дисперсионной* средой. Если частицы дисперсной фазы твердые, а дисперсионная среда жидкая или газообразная, их разделяют в процессах осаждения или седиментации (от лат. *sedimentum* – оседание), фильтрования, а также под воздействием сил магнитного и электрического происхождения. В ряде случаев перед пищевым производством ставится задача не полного разделения неоднородной системы, а разделения одного из ее компонентов, например дисперсной фазы по признаку малых размеров частиц, по различию магнитных и электрических свойств и др. К таким задачам относится,

например, рассев зерновой или мучной смеси, выделение из нее камней и металломагнитных частиц и др.

Осаждение твердых частиц в жидкости или газе – это разделение неоднородной системы по признаку наличия разности плотностей. Процесс заключается в том, что под действием массовых сил (тяжести или центробежных) частицы преодолевают сопротивление среды и приобретают ускорение в направлении этих сил. Более плотные частицы опускаются на дно аппарата или менее плотные частицы всплывают на поверхность жидкости. В процессах осаждения учитываются архимедовы силы, которые возникают в поле действия любых потенциальных сил – тяжести, инерции, магнитных или электрических. Теоретической основой процесса осаждения служат закономерности движения сферических частиц. Осаждение в поле силы тяжести производится в отстойниках. Промышленные отстойники подразделяются на три группы: для пылей (пылеосадительная камера), суспензий (отстойник непрерывного действия с гребковой мешалкой), эмульсий (отстойник для эмульсий).

Осаждение в поле действия центробежных (инерционных) сил – это разделение неоднородной системы по признаку разности плотностей под действием инерционных (центробежных) сил. Для создания поля центробежных сил используют два технических приема: поток жидкости или газа вращается в неподвижном аппарате – циклонный процесс (аппарат называется циклоном); поток поступает во вращающийся аппарат и вращается вместе с ним (процесс центрифугирования, аппарат называется центрифугой).

Электроосаждение или электрофильтрация – это разделение неоднородных систем в поле электростатических сил. В электрофильтрах между пластинами или соосными патрубками, находящимися под напряжением около 90 кВ ионизируется газ и его ионы движутся к противоположным полюсам. Достигнув противоположного электрода, частицы пыли с ионами нейтрализуются, оседают на поверхности электродов и при встряхивании падают вниз.

Признак задержания частиц дисперсной фазы на твердых пористых перегородках применяется в процессах *фильтрации*. Фильтрация – это разделение неоднородной системы с твердой дисперсной фазой, основанное на задержании твердых частиц пористыми перегородками. Аппараты для проведения процесса фильтрации называются фильтрами. Для фильтрации пищевых суспензий применяют большое количество фильтров, которые классифицируются по следующим признакам: периодического и непрерывного действия; по величине рабочего давления – вакуум фильтры и фильтры работающие под избыточным давлением; по технологическому признаку – газовые (для очистки газов), жидкостные (для разделения суспензий).

2.3.Тепловые процессы

В пищевых производствах используются тепловые процессы, скорость которых определяется скоростью подвода или отвода теплоты: нагревание и охлаждение, конденсация, кипение, выпаривание и др. Тепловые процессы реализуются в теплообменных аппаратах (теплообменниках). В процессах теплопередачи участвуют не менее двух сред (теплоносителей) с различными температурами. В качестве теплоносителей в пищевой промышленности наибольшее распространение получили насыщенный водяной пар, вода, дымовые газы. В качестве хладагентов – аммиак, фреоны, рассол хлорида кальция, воздух, азот и др. Выбор теплоносителя или хладагента определяется их назначением, температурами процесса, стоимостью. При тепловой обработке многих пищевых продуктов, например, теста, молока, сахарных растворов, изменяются их физико-химические свойства, что вызывает, в свою очередь, изменение условий теплопередачи.

Основными кинетическими характеристиками процесса теплопередачи являются средняя разность температур, коэффициент теплопередачи, количество передаваемой теплоты (от этой величины зависят размеры теплообменной аппаратуры).

Нагревание – это процесс повышения температуры материалов путем подвода к ним теплоты. В пищевой технологии применяется нагревание горячей водой или другими жидкими теплоносителями, насыщенным водяным паром, топочными газами, электрическим током. Минеральное масло, используемое в качестве теплоносителя, позволяет работать при температурах до 200 °С.

Охлаждение – процесс понижения температуры материалов путем отвода теплоты. Для охлаждения газов, паров и жидкостей до 15 – 20 °С в пищевой технологии используют воду и воздух. Охлаждение льдом применяют для охлаждения ряда продуктов до температуры близкой нулю. Для охлаждения, замораживания и хранения пищевых продуктов при температурах ниже окружающей среды (от + 4 °С до – 40 °С) используют холодильники (холодильные машины). В холодильной технике в качестве теплоносителей используют: воздух, рассолы, аммиак, диоксид углерода, фреоны, азот и др.

Испарение – процесс превращения жидкости в пар путем подвода ей теплоты. Испарение в пищевой технологии используют для разделения жидких смесей, при проведении процесса выпаривания, который применяется для опреснения воды, концентрирования растворов (концентрирование сахарных растворов, молока и др.).

Конденсация – переход вещества из паро- или газообразного состояния в жидкое или кристаллическое путем отвода от него теплоты. В пищевой технологии для ожижения различных веществ.

Выпаривание – процесс концентрирования растворов твердых нелетучих или малолетучих веществ путем удаления жидкого летучего растворителя при кипении. Процесс выпаривания относится к числу широко распространенных в пищевой промышленности. На пищевых предприятиях обычно выпаривают водные растворы – свекловичный сок, глюкозно-паточный сироп, барда, фруктовые и овощные соки, молоко, пектиновый клей, карамельные массы и др.. Выпаривание производится в выпарных аппаратах.

Физические свойства некоторых пищевых продуктов можно рассчитать при помощи эмпирических формул.

Плотность сахарных сиропов, фруктовых соков, молока с сахаром при 20 °С определяют по формуле:

$$\rho_{20} = 10 [1,42x + (100 - \bar{X})], \quad (1)$$

где \bar{X} – концентрация сухих веществ, %.

При температурах, отличных от 20 °С используется формула

$$\rho_t = \rho_{20} - 0,5 (t - 20), \quad (2)$$

где t – температура продукта, °С.

Плотность томатопродуктов рассчитывается по формуле

$$\rho = 1016,76 + 4,4\bar{X} - 0,53 t, \quad (3)$$

Динамическую вязкость соков, сиропов, сгущенного и натурального молока при температуре t определяют по формуле:

$$\mu_t = 12,9 \mu / t^{0,85}, \quad (4)$$

где μ – вязкость при температуре 20 °С; для натурального молока в мПа с

$$\mu = \exp (0,06 + 0,08 \bar{X}), \quad (5)$$

где \bar{X} – концентрация сухих веществ.

Динамическая вязкость растительного масла в мПа с.

$$\mu_t = 0,175 / [10 \exp (0,31 + 0,026 t)], \quad (6)$$

Динамическая вязкость томатопродуктов в Па с

$$\mu_t = 0,0199 \bar{X}^{2,94} t^{-1,17}, \quad (7)$$

Удельная теплоемкость томатопродуктов c в Дж / (кг К) рассчитывают по формуле

$$c = 4228,7 - 20,9 \bar{X} - 10,88 t, \quad (8)$$

для растительного сырья

$$c = c_c (1 - 0,01 w) + 41,87 w, \quad (9)$$

где c_c – удельная теплоемкость сухих веществ; w – влажность, %.

Удельная теплоемкость сахарозы

$$c = 4190 - 0,01 \bar{X} 2510 - 7,54 t + 4,61(100 - \text{Дб}), \quad (10)$$

где \bar{X} – концентрация сухих веществ; Дб – доброкачественность продукта, %.

Удельная теплоемкость теста

$$c = 1675 (1 + 0,015 w), \quad (11)$$

Удельная теплоемкость зерна

$$c = 1550 + 26,4 w, \quad (12)$$

Теплопроводность λ_t фруктовых соков, сиропов, молока с сахаром в Вт / (м К)

определяют по формуле

$$\lambda_t = \lambda_{20} + 0,00068 (t - 20), \quad (13)$$

при 20°C $\lambda_{20} = 0,593 - 0,025 \bar{X}^{0,53}$

где \bar{X} – концентрация сухих веществ.

Теплопроводность томатопродуктов

$$\lambda = (528 - 4,04 \bar{X} + 2,05 t) 10^{-3}, \quad (14)$$

Теплопроводность растворов сахарозы при температурах до 80°C при

$$0 \leq \bar{X} \leq 65\%$$

$$\lambda = (1 - 5,479 \cdot 10^{-3} \bar{X}) (0,5686 + 1,514 \cdot 10^{-3} t - 2,2 \cdot 10^{-6} t^2), \quad (15)$$

Еще одним параметром, который является необходимым при расчете процессов выпаривания, является температура зависимости давления паров от температуры кипения. Для чистых жидкостей температуру кипения, зависящую только от давления, можно определить или на основании экспериментальных данных (таблиц, диаграмм), приводимых в справочниках, или можно рассчитать при помощи уравнений зависимости давления паров от температуры. Для этого используются методы Дюринга, Брату, Стабникова и Тищенко.

2.4. Массообменные (диффузионные) процессы

Массообменными процессами называют технологические процессы, скорость протекания которых определяется скоростью переноса вещества (массы) из одной фазы в другую конвективной и молекулярной диффузией: абсорбция, адсорбция, перегонка и ректификация, экстракция, сушка, кристаллизация.

В данном разделе студент должен изучить методы физико-химического разделения газовых, жидких и твердых систем, основанных на переносе массы вещества (диффузии) из одной фазы в другую через границу раздела фаз. Изучение необходимо начинать с общей теории массопередачи, при этом обратив особое внимание на равновесные зависимости массообменных процессов, на законы массопереноса, на механизм переноса массы вещества из одной фазы в другую, на движущую силу и коэффициенты массопередачи. Необходимо четко представлять и изображать фазовую диаграмму любого массообменного процесса, уметь определить на ней рабочую и равновесную линии.

При расчете массообменных процессов важным является умение составлять материальные и тепловые балансы, хорошо усвоить общие методы расчета основных размеров аппарата с помощью коэффициентов массопередачи, числа единиц переноса и высоты единицы переноса, числа ступеней изменения концентраций, общую схему расчета массообменного аппарата.

Процесс *абсорбции* (система газ-жидкость) – это селективное (избирательное) поглощение газов или паров жидким поглотителем – абсорбентом. Абсорбция применяется для разделения углеводородных газов, получения соляной и серной кислоты, аммиачной воды, очистки отводящих газов с целью улавливания ценных продуктов или обезвреживания газосбросов. При изучении процесса необходимо ориентироваться на определение процесса и применение его в пищевой технологии, на равновесное состояние в системах

газ-жидкость, на законы Генри и Рауля, на составление материального и теплового балансов, на изображение процесса на фазовой диаграмме X-Y, на основные конструкции абсорбционной аппаратуры и методы ее расчета.

Процесс *адсорбции* (систем твердое тело – парогазовая или жидкая смесь) – это избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкостях веществ адсорбентом – твердым поглотителем. Основными адсорбентами, используемые в пищевой промышленности являются активированные угли, силикагели, алюмогели, цеолиты и некоторые сорта глины. В пищевой технологии адсорбцию используют для очистки диффузионного сока и сахарных сиропов в сахарном производстве, осветления пива и фруктовых соков, очистки от органических и других соединений спирта, водки, коньяка и вин, сиропов в крахмалопаточном производстве и др. При изучении этой темы необходимо обратить внимание на определение и промышленное применение процесса, на промышленные адсорбенты, используемые в пищевой технологии, на физическую сущность, на равновесие при адсорбции, на составление материального и теплового балансов и кинетические закономерности, конструкции адсорберов и принципиальные схемы адсорбционных установок непрерывного и периодического действия.

Процессы *перегонки и ректификации* (система пар-жидкость) – это разделение жидких смесей на составляющие компоненты за счет различной летучести компонентов. Эти процессы широко применяются в спиртовой, ликеро-водочной промышленности, в виноделии, а также в витаминном и микробиологическом производствах.

При изучении этой темы необходимо обратить внимание на определение процесса и применение в пищевой промышленности. Равновесие в системах пар-жидкость и изображение равновесных линий идеальных и неидеальных систем в X-Y и T-X,Y диаграммах. Принципиальная схема процесса ректификации для разделения двухкомпонентных смесей, материальный и тепловой балансы, изображение на фазовой диаграмме рабочих линий процесса ректификации при минимальном, максимальном и оптимальном

флегмовых числах, способы определения рабочего флегмового числа, принципиальные конструкции ректификационных аппаратов и их расчет.

Процесс *экстрагирования* (система жидкость – твердое тело) – это процесс извлечения целевых компонентов из твердых веществ или разделение жидких смесей при помощи экстрагента (жидкого растворителя), избирательно растворяющего только извлекаемый компонент. В пищевой технологии наиболее распространены экстрагирование растворимых веществ из твердых тел (сахарное, маслоэкстракционное, крахмалопаточное, получение растворимых кофе и чая и др.).

При изучении процесса нужно обратить внимание на определение процесса и использование в пищевой технологии; равновесие в системах жидкость - твердое тело, изображение на фазовой диаграмме рабочей и равновесной линии процесса; принципиальные схемы экстрагирования и их изображение на фазовой диаграмме Y-X; материальный баланс и кинетика процесса; конструкции экстракционной аппаратуры и ее расчет.

Процесс *сушки* (система твердое тело – парогазовая смесь) – это удаление влаги из материала путем испарения и отвода образующихся паров. На предприятиях пищевой промышленности сушка является одним из основных процессов производства. Она применяется для сушки сырья и полуфабрикатов (зерно, солод и др.), часто является завершающим этапом производства, определяющим качество готового продукта (сахар – песок, сахар – рафинад, сухари, мармелад, пастила, макаронные изделия и др.). Сушка обеспечивает длительное хранение и консервирование продуктов (молоко, яичный порошок, овощи, соки, и др.).

Изучение темы должно ориентироваться на определение и промышленное применение процесса в пищевой технологии, на определение статистики и кинетики процесса сушки, свойства влажного воздуха и H-X диаграмма Рамзина, умение пользоваться ею при расчете сушильных процессов.

Кристаллизация – разделение однородных жидких растворов на твердую и жидкую фазы: растворенное вещество и растворитель. Выпадение кристал-

лов из растворов может быть полезным процессом пищевого производства. Например, завершающей стадией сахаро – песочного, лимонно – кислотного, глюкозного производства, либо процессом, который необходимо блокировать (в производстве карамели, при охлаждении молока после сгущения и др.).

Мембранным технологиям разделения относятся обратный осмос и ультрафильтрация. Обратный осмос обычно применяют для опреснения соленых и очистки сточных вод, для концентрирования растворов отделением от них растворителя и др. Ультрафильтрацию используют для разделения, концентрирования или фракционирования растворов. Такое разделение имеет место при очистке сточных вод, крови, вакцин, обезвоживании сиропов, соков, экстрактов, при фильтровании микроорганизмов, бактерий, спор и др.

2.5. Механические процессы: измельчение и классификация твердых материалов

Измельчение – это процесс увеличения поверхности твердых материалов путем их раздавливания, раскалывания, истирания и удара. Процессы измельчения применяют для увеличения поверхности твердых материалов с целью повышения скорости биохимических и диффузионных процессов при переработке фруктов, овощей, а также в процессах переработки пищевых отходов. Измельчение широко используют в мукомольном, мясном, свеклосахарном, спиртовом, пивоваренном, консервном и других производствах. Процессы измельчения разделяются на дробление (крупное, среднее и мелкое), измельчение (тонкое и очень тонкое) и резание. Резание применяют, когда требуется не только уменьшить размер кусков, но и придать им определенную форму.

В этом разделе следует уделить внимание физико-механическим основам измельчения, применению механических процессов в пищевой промышленности. Необходимо приобрести умение изображать и объяснять принципиальные схемы измельчающих и классифицирующих машин.

3. Контрольные работы

Контрольные работы выполняются в единой системе единиц (СИ) с указанием размерности всех величин, встречающихся в задаче. Работа должна быть подписана автором. Номер варианта студент выбирает по номеру в зачетной книжке, из таблицы данных, составленных к каждому заданию. Контрольная работа должна содержать титульный лист (номер работы, фамилия, имя, отчество студента, номер группы, шифр, название работы, вариант, дату), полное изложение текста задачи со своими данными, схему процесса или аппарата с указанием направления течения материальных потоков, эскиз аппарата с основными размерами, расчет.

В настоящей работе приведены контрольные задачи по четырем разделам, для студентов, обучающихся по заочной форме, по направлению подготовки 260100 «Технология продуктов питания». Каждый раздел состоит из четырех заданий. Первое задание – по разделу «Гидравлика и гидравлические машины», второе – по разделу «Гидромеханические процессы», третье - охватывает разделы «Теплопередача», «Выпаривание», четвертое – разделы «Ректификация», «Сушка». Каждое задание состоит из десяти вариантов

3.1. Задания по теме «Гидравлика и гидравлические машины»

3.1.1. Определить скорость и режим течения жидкости по оси трубопровода внутренним диаметром 100 мм при протекании по нему жидкости в количестве V м³/ч при температуре t °С.

Таблица 1

Параметр	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Жидкость	Вода	Ацетон	Бензол	Толуол	Хлороформ	Сероуглерод	Дихлорэтан	Метил. спирт	Этиловый спирт	Скипидар
t °С.	20	15	22	30	25	15	25	15	24	22
V м ³ /ч	120	124	126	128	130	122	125	130	127	135

3.1.2. Из резервуара А вода, находящаяся под избыточным давлением P ат, перетекает в открытый резервуар В по чугунной трубе переменного сечения. Определить расход воды, если постоянная разность уровней в резервуарах H м; диаметр труб d_1 мм и d_2 мм. Длины соответствующих участков L_1 м и L_2 м. На линии два открытых вентиля и два колена под 90° . Коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0.03$.

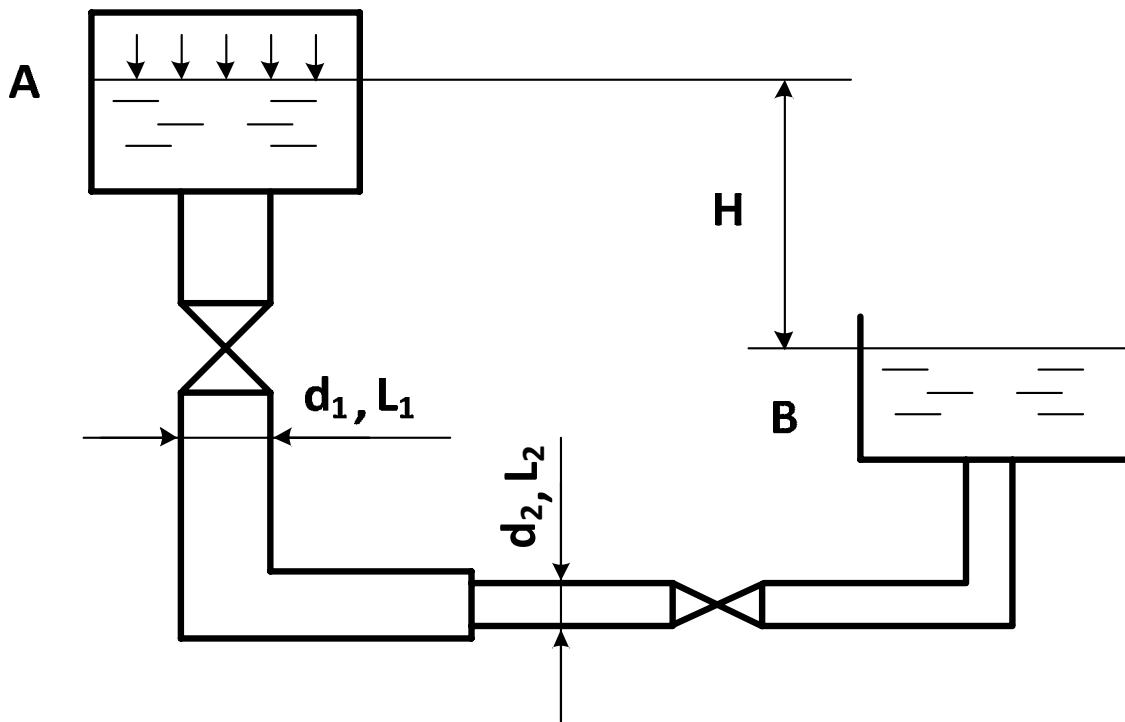


Рисунок 1 - К задаче 3.1.2

Таблица 2

Параметр	Варианты									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P, ат	1,3	1,1	1,2	1,8	2,0	1,6	1,4	1,8	2,0	1,5
H, м	8	6	5	4	6	7	8	12	10	9
d ₁ , мм	150	200	180	100	180	200	250	150	180	150
d ₂ , мм	100	130	120	80	120	180	150	80	120	80
L ₁ , м	300	200	500	420	500	700	350	800	650	350
L ₂ , м	200	320	180	120	300	380	270	600	400	500

3.1.3. Определить, на какую величину увеличится подача в сети по сравнению с нормальной подачей одного насоса при включении двух таких же насосов в сеть параллельно и последовательно. Уравнение характеристики сети $H = H_T + k Q^2$

Таблица 3 - Характеристика насоса № 1

№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{с}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
H, м. вод. ст.	10	26	28	27	25	22,5	17	16,5	29	30

Таблица 4 - Характеристика насоса № 2

№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Q \cdot 10^3, \text{ м}^3/\text{с}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
H, м. вод. ст.	11	27	29	26,5	27,5	23,5	27,5	26,5	22	17,5

Таблица 5 - Характеристика сети

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H_r , м	10	12	5	8	12	12	15	15	20	20
к	0,006	0,002	0,008	0,003	0,007	0,004	0,005	0,006	0,005	0,007

3.1.4. Центробежный насос перекачивает жидкость в количестве Q м³/ч.. Общий преодолеваемый напор H м. ст. жидкости. Коэффициент быстроходности n_c . Определить необходимое число оборотов вала насоса и мощность на валу, если гидравлический к.п.д. η_r , объемный к.п.д. η_v , и механический к.п.д. η_m .

Таблица 6

№ варианта	Наименование жидкости	Q м ³ /ч	H м	n_c	к.п.д		
					η_r	η_v	η_m
0	Вода	800	30	100	0,75	0,85	0,9
1	Бензол	300	40	70	0,8	0,93	0,95
2	Толуол	400	75	105	0,9	0,95	0,93
3	Ацетон	450	40	80	0,88	0,93	0,94
4	Этил, спирт	350	35	75	0,85	0,97	0,95
5	Метил.спирт	155	80	45	0,96	0,92	0,94
6	Вода	220	90	60	0,8	0,82	0,84
7	Этил. спирт	280	100	40	0,75	0,8	0,9
8	Метил.спирт	320	130	60	0,75	0,85	0,95
9	Уксус.кислота	280	80	45	0,85	0,94	0,96

3.2. ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ»

3.2.1. Определить скорость воздуха в вертикальной трубе пневматической сушилки, чтобы обеспечить перемещение кристаллов плотностью ρ кг/м³ с наибольшим диаметром d мм при температуре воздуха t °С. Скорость воздуха должно быть на 25% больше скорости витания частиц.

Таблица 7

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ρ , кг/м ³	1600	1800	1900	2000	1500	1450	1650	1700	1750	2000
d , мм	3	4	3,5	3	2,5	2,8	3,2	3,4	3,2	3
t , °С	50	55	50	60	55	50	55	50	55	60

3.2.2. Подобрать циклон типа НИИОГАЗ по следующим данным: расход запыленного газа воздуха V м³/ч (при 0 °С и 760 мм. рт. ст.), наименьший диаметр частиц пыли d мкм. Определить также гидравлическое сопротивление циклона.

Таблица 8

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V , м ³ /ч	5100	5200	5400	5600	5800	6000	5300	5350	5150	5250
d , мкм	15	12	16	18	17	16	18	20	19	20

3.2.3. Рассчитать непрерывно действующий отстойник с гребковой мешалкой для осветления суспензии мел – вода. Количество суспензии G_c в т/ч. Содержание твердой фазы в суспензии \bar{X}_n , в шламе (в сгущенной суспензии) \bar{X}_k (проценты массовые). Температура суспензии t °С. Диаметр наименьших частиц, подлежащих осаждению $d = 35$ мкм. Плотность твердой фазы $\rho = 2710$ кг/м³. Определить: производительность отстойника по твердой фазе $G_{тв}$, кг/ч и по осветленной жидкости $G_{осв}$, кг/ч; скорость осаждения, $w_{ос}$, м/с; диаметр отстойника D , м (табл.11).

Таблица 9

№№ варианта	Расход исходной суспензии, G_c т/ч	Температура суспензии t °С.	Содержание твердой фазы в суспензии \bar{X}_n ,	Содержание твердой фазы в шламе \bar{X}_k ,
1	2	3	4	5
0	18	20	8	34
1	20	22	12	36
2	19	25	16	35
3	16	15	9	34
4	22	16	12	40
5	24	18	14	32
6	15	15	16	44
7	18	16	20	42
8	20	20	10	40
9	22	26	9	35

3.2.4. Определить скорость начала псевдооживления и скорость уноса частиц диаметром d и плотностью ρ при следующих условиях: плотность среды $\rho = 0,275 \text{ кг/м}^3$; вязкость среды $\mu = 0,477 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$; пористость неподвижного слоя $\varepsilon = 0,4$;

Таблица 10

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d , мм	3,5	3,25	3,60	3,65	3,8 5	3,25	3,75	3,65	3,70	3,72
ρ , кг/м ³	1200	1300	1250	1275	1285	1320	1387	1400	1420	1480

3.3. ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ВЫПАРИВАНИЕ»

3.3.1. Производительность выпарного аппарата при выпаривании обезжиренного молока по исходному раствору $G_{\text{нач}}$, концентрация исходного продукта

$X_{нач}$ СВ, сгущенного $X_{кон}$ СВ. Определить производительность аппарата по упаренному раствору.

Примечание: СВ - сухое вещество.

Таблица 11

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$G_{нач}$, кг/ч	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2650	2450	2250
$\bar{X}_{нач}$, %	5	5,5	5,8	6,2	6,5	5,8	5,5	6,5	5,8	5
$\bar{X}_{кон}$, %	25	30	28	32	36	38	26	28	30	32

3.3.2. Определить температуру кипения \bar{X} % водного раствора глицерина при давлении P кПа. Проценты массовые. Температура кипения этого раствора при атмосферном давлении 101,3 кПа $t_{кип} = 117$ °С, давление паров над раствором при температуре 60 °С $P_{п} = 9,2$ кПа. (Для определения температуры кипения необходимо воспользоваться методом Дюринга, Брату, Бабо и Тищенко). В качестве стандартной жидкости используется вода.

Таблица 12

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
\bar{X} %	20	30	25	34	28	32	36	38	28	30
P кПа	38,9	37,3	36,3	36,5	37,3	34,5	32,8	39,4	37,4	37,3

3.3.3. В выпарном аппарате под атмосферным давлением сгущается сахарный сироп от $\bar{X}_н$ СВ до $\bar{X}_к$ СВ. Поверхность нагрева F аппарата 65 м², длина L кипяточной трубки 3,5 м, Коэффициент теплопередачи K для периода подогрева и выпаривания 1100 Вт / (м² К). В качестве теплоносителя используют насыщенный водяной пар с давлением P ат. Рассчитать производительность аппарата по исходному раствору. Раствор поступает в аппарат при $t = 20$ °С. СВ – сухое вещество.

Таблица 13

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{X}_n, \%$	10	15	12	14	11	13	18	20	16	15
$\bar{X}_k, \%$	45	65	56	62	55	58	68	70	56	65
$K, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$	1100	1200	1050	1080	1100	1010	1020	1060	1080	1100
$P, \text{ат}$	3	2	3	2	1,6	2	3	2	1,8	2

3.3.4. В выпарном аппарате подвергается сгущению под атмосферным давлением G т/ч томатного сока с концентрацией \bar{X}_n % и температурой t °С. Проценты массовые. Температура кипения сока 103 °С, давление греющего пара P ат, поверхность теплопередачи 52 м², коэффициент теплопередачи 974,4 Вт/(м² К). Тепловые потери в окружающую среду 12,2 кВт. Определить конечную концентрацию упаренного раствора и расход греющего пара при влажности 5%.

Таблица 14

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\bar{X}_n, \%$	10	15	12	14	11	13	18	20	16	18
t °С	15	20	14	12	16	18	17	16	18	15
$P_{\text{абс}}, \text{ат}$	1,6	2,0	3,0	1,6	1,8	3,0	2,0	1,4	1,8	2,0
$G, \text{т/ч}$	2,69	2,75	2,80	3,0	2,5	2,6	3,2	3,4	2,45	2,5

3.4. ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «РЕКТИФИКАЦИЯ»

3.4.1. Определить количество спирта-сырца (дистиллята), получаемого в брагоперегонной колонне непрерывного действия. На ректификацию подается брага в количестве G_F кг/ч, концентрацией \bar{X}_F %. Концентрация полученного спирта - сырца \bar{X}_D %, спирта в остатке (барде) \bar{X}_w %. Проценты массовые.

Таблица 15

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G_F , кг/ч	1800	1600	1700	1500	1600	2300	2400	2500	1600	1400
\bar{X}_F , %	28	30	33	34	35	32	33	35	34	33
\bar{X}_D , %	78	76	78	80	76	74	75	77	78	80
\bar{X}_w , %	2	3	2	3	4	5	2	4	3	4

3.4.2. Определить число тарелок ректификационной колонны для разделения смеси дихлорэтан – ацетон. Флегмовое число R . Концентрация ацетона в исходной смеси \bar{X}_F , в дистилляте \bar{X}_D , в кубовом остатке \bar{X}_w . Исходная смесь поступает в колонну при температуре кипения, коэффициент полезного действия $\eta = 0,5$.

Таблица 16

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	1,8	1,6	1,7	1,5	2,6	2,3	2,4	2,5	1,8	2,4
\bar{X}_F , %	32	30	34	32	35	32	34	36	30	31
\bar{X}_D , %	78	78	80	80	76	78	80	82	86	80
\bar{X}_w , %	4	5	4	4,5	4,4	4,5	5	5,4	5,3	5,4

3.4.3. Определить диаметр и высоту брагоперегонной колонны с колпачковыми тарелками. Скорость пара в колонне 0,8 м / с. Расход исходной смеси G_F кг/ч. Концентрация исходной смеси \bar{X}_F %, дистиллята \bar{X}_D %, кубового остатка \bar{X}_w %. Флегмовое число $R = 2$. Расстояние между тарелками $h = 300$ мм. Давление в колонне атмосферное.

Таблица 17

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G_F кг/ч	4000	4550	3600	3800	4600	5600	5400	5800	6000	6500
\bar{X}_F %.	35	28	26	29	30	28	25	29	29	33
\bar{X}_D %.	78	80	75	78	78	80	72	74	75	76
\bar{X}_w %.	2	4	3	2	3	4	5	3	2	3

3.4.4. В насадочную ректификационную колонну подается G_F кг/ч смеси метиловый спирт – вода. Содержание низкокипящего компонента в исходной смеси \bar{X}_F %, в дистилляте \bar{X}_D %, в кубовом остатке \bar{X}_w %. Число флегмы $R = 1,48$. В качестве насадки использовать кольца Рашига 25x25x3 мм. Колонна работает в режиме эмульгирования. Определить высоту и диаметр верхней (укрепляющей) части колонны. Колонна работает под атмосферным давлением.

Таблица 18

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G_F , кг/ч	14000	14550	13600	13800	14600	15600	15400	15800	16000	16500
\bar{X}_F %.	40	38	36	40	39	38	35	37	40	40
\bar{X}_D %.	97	96,9	97	96	88	96	97,5	95	96,5	97,5
\bar{X}_w %.	2	4	3	2	3	4	5	3	2	3

3.5.ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «СУШКА»

3.5.1.Определить, какое количество мармелада с влажностью w_1 % (влажность на общую массу) необходимо подавать в сушилку, чтобы обеспечить выход G_2 кг/ч высушенного мармелада влажностью w_2 %.

Таблица 19

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G_2 , кг/ч	550	600	660	580	740	680	580	660	650	550
w_1 , %	30	35	32	33	34	37	38	36	33	35
w_2 , %	23	24	26	22	23	24	26	25	23	21

3.5.2.В тоннельной сушилке высушивается G кг/ч хлеб влажностью w_1 % (влажность на общую массу). Влажность готовых сухарей w_2 %. Удельная теплоемкость абсолютно сухого вещества в сухарях $c_{с.м.} = 1,42$ кДж/ (кг К). Температура воздуха после калорифера 100 °С, после сушилки 55 °С, в помещении цеха 22 °С. Рассчитать расход теплоты на нагревание материала в сушильной камере для противоточного движения материала и воздуха.

Таблица 20

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G , кг/ч	1550	1600	1660	1580	1740	1680	1580	1660	1650	1550
w_1 , %	51	48	52	54	55	57	58	56	53	52
w_2 , %	9	10	11	9,5	10,5	9	9,8	9	9,8	9

3.5.3. В сушилке производительностью G , кг/ч влажность пастилы снижается с w_1 % до w_2 % (на общую массу). Параметры свежего воздуха: $t_0 = 20$ °С, $\varphi_0 = 17$ %; температура отработавшего воздуха $t_2 = 40$ °С. Процесс сушки идет при $\Delta = 0$. Воздух нагревается в калорифере до $t_1 = 60$ °С паром давлением $P=1,6$ ат. Определить расход пара в калорифере, принимая потери тепла в окружающую среду 6 % от полезной теплоты.

Таблица 21

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G, кг/ч	1850	1650	1760	1680	1440	1480	1580	1560	1450	1650
w ₁ , %	32	38	32	34	35	37	38	36	33	32
w ₂ , %	16	14	16	10,5	16	14	16	15	16	16

3.5.4. В тоннельной сушилке высушивается мармелад влажностью w₁ до влажности w₂ Производительность по влажному материалу G₁. Температура воздуха после калорифера 75 °С, после сушилки 42 °С, в цехе 23 °С. Удельная теплоемкость абсолютно сухого вещества в мармеладе $c_{с.м.} = 1674,4 \frac{Дж}{кг \cdot К}$.

Таблица 22

№ вар.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
G, кг/ч	850	650	760	680	440	480	580	560	450	650
w ₁ , %	32	30	31	32	33	30	32	32	30	31
w ₂ , %	23	22	20	21	23	24	22	23	24	26

4. Варианты заданий к контрольным работам

Контрольная работа № 1

Таблица 23

№ вариантов	Номера задач
1	2
01	3.1.1.0; 3.1.4.0; 3.2.1.0; 3.2.3.0; 3.3.1.0; 3.3.3.0.
02	3.1.1.1; 3.1.4.1; 3.2.1.1; 3.2.3.1; 3.3.1.1; 3.3.3.1.
03	3.1.1.2.; 3.1.4.2; 3.2.1.2; 3.2.3.2; 3.3.1.2; 3.3.3.2.
04	3.1.1.3.; 3.1.4.3; 3.2.1.3; 3.2.3.3; 3.3.1.3; 3.3.3.3.
05	3.1.1.4.; 3.1.4.4; 3.2.1.4; 3.2.3.4; 3.3.1.4; 3.3.3.4.
06	3.1.1.5.; 3.1.4.5; 3.2.1.5; 3.2.3.5; 3.3.1.5; 3.3.3.5.
07	3.1.1.6.; 3.1.4.6; 3.2.1.6; 3.2.3.6; 3.3.1.6; 3.3.3.6.
08	3.1.1.7; 3.1.4.7; 3.2.1.7; 3.2.3.7; 3.3.1.7; 3.3.3.7.
09	3.1.1.8.; 3.1.4.8; 3.2.1.8; 3.2.3.8; 3.3.1.8; 3.3.3.8.
10	3.1.1.9.; 3.1.4.9; 3.2.1.9; 3.2.3.9; 3.3.1.9; 3.3.3.9.
11	3.1.2.0; 3.1.5.0; 3.2.2.0; 3.2.4.0; 3.3.2.0; 3.3.4.0;
12	3.1.2.1; 3.1.5.1; 3.2.2.1; 3.2.4.1; 3.3.2.1; 3.3.4.1;
13	3.1.2.2; 3.1.5.2; 3.2.2.2; 3.2.4.2; 3.3.2.2; 3.3.4.2;
14	3.1.2.3; 3.1.5.3; 3.2.2.3; 3.2.4.3; 3.3.2.3; 3.3.4.3;
15	3.1.2.4; 3.1.5.4; 3.2.2.4; 3.2.4.4; 3.3.2.4; 3.3.4.4;
16	3.1.2.5; 3.1.5.5; 3.2.2.5; 3.2.4.5; 3.3.2.5; 3.3.4.5;
17	3.1.2.6; 3.1.5.6; 3.2.2.6; 3.2.4.6; 3.3.2.6; 3.3.4.6;
18	3.1.2.7; 3.1.5.7; 3.2.2.7; 3.2.4.7; 3.3.2.7; 3.3.4.7;
19	3.1.2.8; 3.1.5.8; 3.2.2.8; 3.2.4.8; 3.3.2.8; 3.3.4.8;

Контрольная работа № 2

Таблица 24

№ вариантов	Номера задач
1	2
01	3.4.1.0; 3.4.3.0; 3.5.1.0; 3.5.3.0.
02	3.4.1.1; 3.4.3.1; 3.5.1.1; 3.5.3.1.
03	3.4.1.2; 3.4.3.2; 3.5.1.2; 3.5.3.2.
04	3.4.1.3; 3.4.3.3; 3.5.1.3; 3.5.3.3.
05	3.4.1.4; 3.4.3.4; 3.5.1.4; 3.5.3.4.
06	3.4.1.5; 3.4.3.5; 3.5.1.5; 3.5.3.5.
07	3.4.1.6; 3.4.3.6; 3.5.1.6; 3.5.3.6.
08	3.4.1.7; 3.4.3.7; 3.5.1.7; 3.5.3.7.
09	3.4.1.8; 3.4.3.8; 3.5.1.8; 3.5.3.8.
10	3.4.1.9; 3.4.3.9; 3.5.1.9; 3.5.3.9.
11	3.4.2.0; 3.4.4.0; 3.5.2.0; 3.5.4.0.
12	3.4.2.1; 3.4.4.1; 3.5.2.1; 3.5.4.1.
13	3.4.2.2; 3.4.4.2; 3.5.2.2; 3.5.4.2.
14	3.4.2.3; 3.4.4.3; 3.5.2.3; 3.5.4.3.
15	3.4.2.4; 3.4.4.4; 3.5.2.4; 3.5.4.4.
16	3.4.2.5; 3.4.4.5; 3.5.2.5; 3.5.4.5.
17	3.4.2.6; 3.4.4.6; 3.5.2.6; 3.5.4.6.
18	3.4.2.7; 3.4.4.7; 3.5.2.7; 3.5.4.7.
19	3.4.2.8; 3.4.4.8; 3.5.2.8; 3.5.4.8.
20	3.4.2.9; 3.4.4.9; 3.5.2.9; 3.5.4.9.

5. Задания к курсовому проекту

по дисциплине «Процессы и аппараты пищевых производств»

направление подготовки 260100, «Технология продуктов питания».

5.1. Задания по темам: ректификация, выпаривание, тепловые процессы.

Таблица 25

№ вар.	Ф. И. О.	Задание	Срок выдачи задания	Срок выполнения задания
1	2	3	4	5
1.01		Рассчитать насадочную брагоперегонную колонну для разделения 22 т/ч смеси. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси – 36 % в дистилляте – 80 %, в кубовом остатке – 2 %. Проценты массовые. Использовать кольца Рашига 25x25x33 мм.		
1.02		Рассчитать ректификационную колонну с колпачковыми тарелками для разделения 20 т/ч смеси этиловый спирт–вода. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси – 36 %, в дистилляте – 82 %, в кубовом остатке – 2 %. Проценты массовые.		
1.03		Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками для разделения 20 т/ч смеси ацетон – этиловый спирт. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси 38%, в дистилляте 92 %, в кубовом остатке 5%. Проценты массовые.		
1.04		Рассчитать брагоректификационную колонну с ситчатыми тарелками.. Количество исходной смеси 20 т/ч. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси - 26 %, в дистилляте 80 %, в кубовом остатке 3 %. Проценты массовые.		

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5
1.05		<p>Рассчитать 3-х корпусную противоточную выпарную установку для выпаривания 17800 кг/ч раствора NaOH от начальной концентрации 14% до конечной концентрации 40%. Давление греющего пара, поступающего в первый корпус $P_r = 600$ кПа. Давление вторичного пара в последнем корпусе $P_{вт} = 9,8$ кПа. Раствор поступает на выпаривание при температуре кипения. Поверхность теплопередачи для всех корпусов равны. Используются выпарные аппараты с естественной циркуляцией. Коэффициент теплопотерь $\varphi = 1,02$.</p>		
1.06		<p>Рассчитать 3-х корпусную выпарную установку с производительностью 20 т/ч по исходному водному раствору NaOH. Раствор упаривается с начальной концентрации 8% до конечной концентрации 38%. Раствор поступает в первый корпус, подогретым до температуры кипения. Давление греющего пара $P_r = 4$ ат. Давление в барометрическом конденсаторе $P_{вт} = 0,16$ ат. Коэффициент теплопотерь $\varphi = 1,02$</p>		
1.07		<p>Рассчитать однокорпусной выпарной аппарат непрерывного действия для выпаривания 12 т/ч томатного сока, поступающего с концентрацией 4% и температурой 18°C до конечной концентрации 29%. Давление насыщенного пара $P_r = 1,6$ ат. Давление в аппарате $P_{вт} = 0,03$ МПа. Высоту труб принять $H_{тр} = 3$ м, диаметр труб $d_{тр} = 25 \times 2,5$ мм. Коэффициент теплопотерь $\varphi = 1,0$</p>		
1.08		<p>Произвести расчет кожухотрубчатого теплообменника для нагрева 20% виноградного сока. Производительность теплообменника $G = 6000$ кг/ч. Начальная температура сока 14 °С, конечная температура 37 °С. Давление греющего пара $P_r = 2$ ат. Диаметр нагревательных трубок $d_n = 25 \times 2,5$ мм</p>		

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5
1.09		Рассчитать однокорпусной выпарной аппарат непрерывного действия для выпаривания 4,8 т/ч томатного сока поступающего с концентрацией 8% и температурой 15°C до конечной концентрации 34%. Давление греющего пара 2 ат. Давление в аппарате $P_{вт}=0,025$ МПа. Высоту труб принять $H_{тр}=3$ м, диаметр труб $d=25 \times 2,5$ мм. Коэффициент теплопотерь $\varphi = 1,03$		
1.10		Рассчитать дефлегматор ректификационной колонны для разделения 10000 кг/ч смеси этиловый спирт – вода. Концентрация этилового спирта в исходной смеси – 28%, дистилляте – 80%, в кубовом остатке – 2%. Начальная температура охлаждающей воды 10 °С.		
1.11		Рассчитать кипяtilьник кубового остатка брагоперегонной колонны для разделения 18 т/ч исходной смеси. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси – 28%, в дистилляте – 78%, в кубовом остатке – 3%. Проценты массовые. Давление греющего пара $P = 2$ ат.		
1.12		Рассчитать подогреватель исходной смеси брагоректификационной колонны для разделения 10 т/ч исходной смеси. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси 28%, в кубовом остатке 4%, в дистилляте 80%. Проценты массовые. Давление греющего пара $P_r=2$ ат.		
1.13		Рассчитать кожухотрубный теплообменник для подогрева 10 т/ч 20% виноградного сока с 15°C до 50°C. Давление греющего пара $P_g = 2$ ат. Диаметр труб теплообменника 25×2 мм. Коэффициент теплопотерь 3%.		

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5
1.14		<p>Рассчитать подогреватель исходной смеси ректификационной колонны для разделения 18 т/ч смеси вода – уксусная кислота. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси 40%. Проценты массовые. Подогрев ведётся водяным паром $P_r = 2$ ат. Начальная температура смеси 20 °С. Подогрев ведётся до температуры кипения смеси.</p>		
1.15		<p>Рассчитать брагоперегонную колонну для разделения 38 т/ч исходной смеси. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси – 26%, в дистилляте – 80%, в кубовом остатке – 3%. Проценты массовые. Выбрать колонну с клапанными тарелками.</p>		
1.16		<p>Рассчитать ректификационную колонну с колпачковыми тарелками для разделения 10000 кг/ч смеси метиловый спирт – вода. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси 30%, в дистилляте – 80%, в кубовом остатке – 3%. Проценты массовые.</p>		
1.17		<p>Рассчитать подогреватель исходной смеси брагоперегонной колонны для разделения 28 т/ч исходной смеси. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси – 28%, в дистилляте – 78%, в кубовом остатке – 3%. Проценты массовые. Давление греющего пара $P_r = 2$ ат</p>		
1.18		<p>Рассчитать подогреватель исходной смеси ректификационной колонны для разделения смеси метиловый спирт – вода. Количество исходной смеси 20 т/ч. Концентрация низкокипящего компонента в исходной смеси 38%. Проценты массовые. Подогрев ведётся водяным паром при давлении $P_r = 2$ ат. Начальная температура исходной смеси 12 °С.</p>		

Продолжение таблицы 25

1	2	3	4	5
		ся водяным паром при давлении $P_r = 2$ ат. Начальная температура исходной смеси 12 °С.		
1.19		Произвести расчёт кожухотрубчатого теплообменника для нагрева 20% виноградного сока. Производительность теплообменника $G=8000$ кг/ч, начальная температура сока 14 °С, конечная температура сока 40 °С. Давление греющего пара $P = 0,2$ МПа, диаметр нагревательной трубки теплообменника $d=25 \times 2,5$ мм. Коэффициент теплопотерь 3% .		
1.20		Рассчитать однокорпусной выпарной аппарат для выпаривания 14000 кг/ч томатного сока, поступающего с концентрацией 7% при температуре 20 °С до конечной концентрации 22% (проценты массовые). Давление насыщенного водяного пара составляет $P_r = 0,15$ МПа. Давление в аппарате $P_{em}=0,03$ МПа. Высоту трубы принять $H_{тр}=3$ м, $d_{тр}=25 \times 2,5$ мм, коэффициент теплопотерь $\varphi = 1,02$.		
1.21		Рассчитать однокорпусной выпарной аппарат для выпаривания 11000 кг/ч сахарного раствора от 15% до 65% . Давление греющего пара $P_{гр}=2$ ат. Давление вторичного пара $P_{вт}= 0,6$ ат. Раствор поступает при температуре кипения.		

5.2. Задания по теме «Сушка» к курсовому проекту

Произвести расчет и выполнить чертеж барабанной сушилki для сушки семян подсолнечника. Сушильный агент смесь воздуха с топочными газами, получаемые в топке при сжигании топлива. Производительность по влажному материалу G_1 т/ч, начальная влажность материала ω_1 %, конечная влаж-

ность материала ω_2 %. Температура материала, поступающего на сушку $t_{1м}$ °С, температура высушенного материала $t_{2м}$ °С. Параметры наружного воздуха: температура t_0 °С, влагосодержание X_0 г/кг. Температура поступающей в сушилку газовой смеси на выходе из сушилки t_1 °С, на выходе из сушилки t_2 °С. Напряжение сушилки по влаге A кг/м³ ч. Топливо марки Д, Г, АШ, ПС, Б, ПЖ. Где Д – Донецкий бассейн, Г – Донской бассейн, АШ – Донецкий бассейн, ПС – Кузнецкий бассейн, Б – Подмосковный бассейн, ПЖ – Урал. Кизилловское.

Примечание. Состав топлива принимается из табл.27. Потери тепла в окружающую среду принять равным 10 % от полезно затраченной теплоты. Теплоемкость семян подсолнечника $C = 1510$ кДж/кг К. Насыпная плотность семян подсолнечника $\rho = 700$ кг/м³. Начальная температура топлива $t_m = 20$ °С, коэффициент полезного действия топки $\eta = 0,8 - 0,9$.

Таблица 26 - Характеристика топлива

№ п/п	Наименование месторождения	Марка	Состав на рабочую массу								Теплоемкость C_m , кДж/кг К
			W ^p	A ^p	S ^p _к	S ^p _{оп}	C ^p	H ^p	N ^p	O ^p	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Ископаемые угли										
1.	Донецкий бассейн	Д	12	19,8	2,4	1,6	51,1	3,7	1,1	8,5	1,630
2.	Донской бассейн	Г	8	14,7	1,9	1,4	62,2	4,2	1,2	6,4	1,530
3.	Донецкий бассейн	АШ	6,5	17,3	1,1	0,6	70,4	1,4	0,8	1,9	1,500
4.	Кузнецкий бассейн	ПС	8,5	11	0,2	0,2	70	4	1,0	4,5	1,570
5.	Подмосковный бассейн	Б	32,5	23,6	1,4	1,2	29,4	2,2	0,6	9,1	2,240
6.	Урал. Кизилловское	ПЖ	5	28,5	3,2	1,9	53,5	3,7	0,9	5,3	1,440

Таблица 27 - Задания к курсовому проекту по теме «Сушка»

№ № п/п	Наименование величины	Обоз- наче- ние ве- личин	Номера вариантов										
			1.22	1.23	2.24	1.25	1.26	1.27	1.28	1.29	1.30	1.31	1.32
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	Производительность по влажному материалу	G_1 , т/ч,	8	9	6	7	6	11	9	12	10	7	14
2.	Начальная влажность материала	ω_1 , %,	19	21	20	23	24	18	20	19	16	20	18
3.	Конечная влажность материала	ω_2 , %.	10	12	11	12	10	11	11	10	10	11	10
4.	Температура материала, поступающего на сушку	t_{1M} , °C	17	19	16	17	15	18	17	16	15	20	19
5.	Температура высушенного материала	t_{2M} , °C	45	43	42	45	50	47	46	42	44	43	42
6.	Параметры наружного воздуха: а) температура б) влагосодержание	t_0 , °C	20	22	21	18	19	20	22	22	20	21	20
		X_0 , г/кг	10	9	11	8	10	11	9	8	11	10	9
7.	Температура поступающей в сушилку газовой-душной смеси	t_1 , °C	180	185	190	188	190	180	185	180	184	190	188

Продолжение таблицы 27

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8.	Температура газовой смеси на выходе из сушилки	$t_2, ^\circ\text{C}$	70	75	80	77	76	75	80	70	72	80	75
9.	Напряжение сушилки по влаге	$A, \text{ кг/ м}^3 \text{ ч}$	20	22	24	26	28	25	27	28	26	24	25
10.	Топливо марки	-	Д	Г	АШ	ПЖ	Б	ПС	Г	Д	АШ	Б	ПЖ

6. Вопросы

для подготовки к экзамену по дисциплине

"Процессы и аппараты пищевых производств"

1. Содержание и задачи курса "Процессы и аппараты пищевых производств". Возникновение и развитие науки о процессах и аппаратах. Классификация основных процессов пищевой технологии.
2. Кинетические закономерности основных процессов пищевой технологии. Общие принципы расчета машин и аппаратов пищевых производств.
3. Основные конструкционные материалы, их выбор.
4. Моделирование и подобие процессов пищевой технологии.
5. Понятие о теории подобия. Критерии гидродинамического подобия: Рейнольдса, Фруда, Эйлера, Галилея и
6. Предмет и задачи технической гидравлики. Гидростатика и гидродинамика. Понятие о гидростатическом давлении.
7. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера.
9. Основное уравнение гидростатики. Закон Паскаля. Практическое применение основного уравнения гидростатики.
10. Гидродинамика, цели и задачи, основные определения. Основные характеристики движения жидкости: расход, скорость, режимы движения, гидравлический радиус и методика определения эквивалентного диаметра..
11. Дифференциальное уравнение движения Эйлера для установившегося потока идеальной жидкости.
12. Основные законы гидродинамики: уравнение неразрывности (сплошности) или уравнение баланса расхода жидкости (материальный баланс); уравнение Бернулли или энергетический баланс потока жидкости; уравнение переноса количества движения (импульса)
13. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.

14. Уравнение переноса количества движения (уравнение Навье - Стокса).
11. Потери напора и давления на трение и местные сопротивления.
13. Псевдооживление. Параметры псевдооживленного слоя: порозность, гидравлическое сопротивление псевдооживленного слоя, удельная поверхность, свободный объем, эквивалентный диаметр, критическая скорость, скорость уноса. Кривая псевдооживления.
14. Практическое применение псевдооживленного слоя. Пневмотранспорт, гидротранспорт.
15. Дроссельные расходомеры. Мерное сопло, труба Вентури, диафрагма. Измерение расхода. Уравнение объемного расхода, определяемое через перепад давления. Коэффициент расхода.
16. Гидравлические машины. Назначение и классификация насосов. Основные рабочие параметры насосов.
17. Схема работы поршневого насоса. Характеристика поршневого насоса.
18. Схема работы центробежного насоса. Характеристика центробежного насоса.
19. Классификация компрессорных машин. Степень сжатия, число ступеней сжатия. Вентиляторы, газодувки, компрессоры, вакуум насосы.
20. Классификация жидких неоднородных систем. Методы разделения: осаждение, фильтрование, мокрая очистка газов. Материальный баланс процессов осаждения.
21. Гравитационное осаждение. Кинетика процессов гравитационного осаждения: дифференциальное уравнение гравитационного осаждения, закон Стокса (определение скорости осаждения).
22. Схема работы, принцип действия отстойников: пылеосадительная камера, отстойник с гребковой мешалкой, отстойник для эмульсий.

24. Осаждение под действием центробежной силы. Промышленные способы создания центробежной силы. Циклонный процесс, центрифугирование. Дифференциальное уравнение центробежного осаждения.
25. Схемы работы циклона и гидроциклона; циклонов типа ЦН; батарейного циклона.
26. Схемы работы центрифуг: саморазгружающаяся фильтрующая центрифуга с гравитационной выгрузкой осадка; автоматическая отстойная центрифуга с ножевым съемом осадка; непрерывнодействующая отстойная горизонтальная центрифуга со шнековой выгрузкой осадка.
27. Схемы работы сепараторов: дрожжевого тарельчатого сепаратора; бактофуги.
28. Осаждение под действием электрического поля. Скорость электроосаждения. Схема работы трубчатого электрофильтра.
29. Фильтрование. Промышленные фильтровальные перегородки. Движущая сила процесса фильтрования. Виды фильтрования: с образованием осадка, с закупориванием пор.
30. Схемы работы фильтров: барабанный вакуум-фильтр, ленточный вакуум-фильтр.
31. Мокрая очистка газов. Схемы работы полого, насадочного и пенного скруббера.
32. Перемешивание. Перемешивание в жидких средах. Способы перемешивания: циркуляционное, пневматическое, механическое, статическое.
33. Схемы работы мешалок: лопастные, пропеллерные, турбинные, якорные, рамные.
34. Перемешивание пластичных и сыпучих материалов. Схемы шнековых и ленточных мешалок. Аппарат для приготовления теста
35. Теплообменная аппаратура. Классификация теплообменных аппаратов: рекуперативные, регенеративные, смесительные.

36. Кожухотрубные теплообменники «жесткой» конструкции: одноходовые, многоходовые по трубному и межтрубному пространству.
37. Кожухотрубные теплообменники «нежесткой» конструкции с компенсацией температурных удлинений: с линзовым компенсатором, с U-образными трубками, с плавающей головкой.
37. Теплообменники типа "труба в трубе", спиральные, змеевиковые, ребристые, пластинчатые, аппараты с рубашкой.
38. Выпаривание. Область применения. Основные понятия и определения.
39. Некоторые свойства растворов: концентрационная температурная, гидростатическая, гидравлическая депрессия; теплоемкость растворов; теплота растворения; полезная и общая разность температур; температура кипения раствора на среднем уровне кипяtilьных труб.
40. Способы выпаривания. Однократное выпаривание, многократное выпаривание. Схема работы прямоточной и противоточной 3х корпусной выпарной установки.
40. Материальный и тепловой балансы выпаривания.
41. Схема работы выпарных аппаратов: выпарной аппарат с естественной циркуляцией, с принудительной циркуляцией, пленочный выпарной аппарат.
42. Массообменные процессы. Классификация массообменных процессов.
43. Способы выражения состава фаз. Пересчет состава фаз.
44. Равновесие при массообменных процессах. Условия равновесия.
45. Материальный баланс массопередачи. Уравнение рабочей линии массообменных процессов.
46. Диаграмма Y-X. Движущая сила средняя движущая сила массообменных процессов, понятие числа единиц переноса и способы их вычисления.

47. Основные законы массопередачи: закон молекулярной диффузии, (первый закон Фика), дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (второй закон Фика).
48. Основной закон массоотдачи (закон Шукарева), критериальные уравнения конвективной диффузии. Массоперенос в системах с твердой фазой.
49. Основное уравнение массопередачи. Выражение коэффициентов массопередачи через коэффициенты массоотдачи.
49. Абсорбция. Общие сведения и определения. Равновесие при абсорбции. Закон Генри и закон Рауля.
51. Основные расчетные зависимости процесса абсорбции.
52. Схема работы абсорберов: пленочно-трубчатый абсорбер; насадочный абсорбер. Виды насадок.
53. Гидродинамический режим в насадочной колонне.
54. Абсорберы барботажные: колонны с колпачковыми, с ситчатыми, с клапанными тарелками.
55. Гидродинамика барботажных колонн. Схемы работы распыливающих абсорберов.
56. Методика расчета насадочного и тарельчатых абсорберов.
57. Адсорбция. Общие сведения и определения. Промышленные адсорбенты.
58. Схемы работы адсорберов: вертикальный адсорбер с неподвижным слоем адсорбента; адсорбер с псевдооживленным пылевидным адсорбентом; адсорбер с движущимся зернистым адсорбентом.
59. Общие сведения об ионообменной сорбции.
60. Простая перегонка и перегонка с дефлегмацией. Перегонка с водяным паром. Молекулярная дистилляция.
61. Материальные баланс ректификации. Тепловой баланс ректификации.

62. Уравнение рабочих линий для укрепляющей и истощающей части колонны.
63. Понятие о минимальном флегмовом числе. Рабочее флегмовое число.
64. Фазовые диаграммы процесса ректификации ($X-Y$, $t-X.Y$). Методика построения рабочих линий на $X-Y$ диаграмме. Основные моменты расчета ректификационных колонн.
65. Схема ректификационных установок: непрерывная ректификация бинарных смесей; разделение трехкомпонентных смесей; схема экстрактивной ректификации; схема азеотропной ректификации.
66. Экстракция. Основные понятия и определения. Схемы работы экстракторов: полый распылительный, роторно-дисковой, насадочный, тарельчатый экстрактор.
67. Сушка. Основные понятия и определения. Форма связи влаги с материалом. Статика сушки.
68. Основные параметры влажного воздуха: абсолютная влажность; относительная влажность; влагосодержание; энтальпия. $H-X$ диаграмма Рамзина.
69. Материальный баланс сушки. Тепловой баланс сушки. Кинетика сушки: кривая сушки и кривая скорости сушки.
70. Классификация сушилок. Конвективные сушилки: туннельные сушилки; ленточная сушилка: барабанная сушилка; распылительная сушилка
71. Контактные сушилки: сушильный шкаф, вальцово-ленточная сушилка.
72. Специальные виды сушки: терморadiационная сушилка, диэлектрическая сушилка; сублимационная сушилка.
73. Кристаллизация. Статика, кинетика и условия кристаллизации. Методы кристаллизации.
74. Устройство, схема работы кристаллизаторов. Барабанный кристаллизатор, многокорпусная вакуум - кристаллизационная установка.

75. Механические процессы. Общие сведения. Схемы работы дробилок: щековая дробилка; конусная дробилка; молотковая дробилка.
76. Схемы работы мельниц: валковая мельница, бегуны, шаровые и стержневые мельницы. Схемы работы дисмембратора и дезинтегратора.
77. Схема работы рамной центробежной свеклорезки, измельчителя для мяса (куттер). Схемы работы классификаторов: грохота, барабанного сепаратора, барабанного магнитного сепаратора, центробежного сепаратора.
78. Прессование. Общие сведения и определения. Обезвоживание, брикетирование, гранулирование, формование.
78. Схемы установки для переработки фруктов на соки: гидравлический пресс, двухшнековый формовочный пресс, схема одношнековой экструдера, дражировочный гранулятор.
79. Мембранные процессы разделения. Теоретические основы разделения обратным осмосом и ультрафильтрацией.
80. Схема работы аппарата с цилиндрическими фильтрующими элементами, двухступенчатая схема установки для концентрирования апельсинового сока, схема переработки молока.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Тепловые процессы

Нижекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО
«КНИТУ»

Дата выдачи задания _____ Срок исполнения _____

Задание на курсовой проект

Ф.И.О. студента _____

Тема проекта _____

Данные по проекту _____

В проекте должно быть выполнено:

Введение

1. Литературный обзор по теме

- 1.1. Сущность проектируемого процесса.
- 1.2. Аппараты, используемые для проведения проектируемого процесса.
- 1.3. Системы машин и аппаратов, в перерабатывающих отраслях АПК.
- 1.4. Требования к технологическому оборудованию.

2. Расчетная часть

- 2.1. Технологический расчет кожухотрубчатого теплообменника.
 - 2.1.1. Ориентировочный расчет.
 - 2.1.2. Проверочный расчет.
- 2.2. Гидравлический расчет теплообменника.
 - 2.2.1. Расчет гидравлического сопротивления трубного пространства.
 - 2.2.2. Расчет гидравлического сопротивления межтрубного пространства.
- 2.3. Механический расчет.
 - 2.3.1. Расчет толщины стенок.
- 2.4. Заключение.

3. Графическая часть

- 3.1 Чертеж аппарата - 1 лист
- 3.2 Технологическая схема - 1 лист

Консультант _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Ректификация

Нижекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО
«КНИТУ»

Дата выдачи задания _____

Срок исполнения _____

Задание на курсовой проект

Ф.И.О. студента _____

Тема проекта _____

Данные по проекту _____

В проекте должно быть выполнено:

Введение

1. Литературный обзор по теме

- 1.1. Сущность проектируемого процесса.
- 1.2. Аппараты, используемые для проведения проектируемого процесса.
- 1.3. Системы машин и аппаратов в перерабатывающих отраслях АПК.
- 1.4. Описание технологической схемы

2. Расчетная часть

- 2.1. Пересчет состава фаз.
- 2.2. Материальный баланс аппарата.
- 2.3. Рабочие диаграммы.
- 2.4. Расчет конструктивных размеров аппарата.
- 2.5. Компоновка аппарата.
- 2.6. Тепловой расчет колонны.
- 2.7. Гидравлический расчет.
- 2.8. Механический расчет.

3. Графическая часть

- 3.1 Чертеж аппарата - 1 лист
- 3.2 Технологическая схема - 1 лист _____

Консультант _____

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Барабанная сушилка

Нижекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО
«КНИТУ»

Дата выдачи задания _____ Срок исполнения _____

Задание на курсовой проект

Ф.И.О. студента _____

Тема проекта _____

Данные по проекту _____

В проекте должно быть выполнено:

Введение

1. Литературный обзор по теме

- 1.1. Сущность проектируемого процесса.
- 1.2. Аппараты, используемые для проведения проектируемого процесса.
- 1.3. Системы машин и аппаратов в перерабатывающих отраслях АПК.
- 1.4. Описание технологической схемы.

2. Расчетная часть

- 2.1. Расчет сушильной камеры.
 - 2.1.1. Определение количества удаляемой влаги и количества высушенного материала.
- 2.2. Расчет габаритов сушильной камеры..
- 2.3. Расчет времени пребывания материала в барабане.
- 2.4. Определение числа оборотов барабана.
- 2.5. Определение мощности, затрачиваемая на вращение барабана.
- 2.6. Тепловой расчет сушильной камеры.
- 2.7. Расчет параметров топочных газов.
- 2.8. Построение процесса сушки на Н-Х диаграмме
- 2.9. Расчет расхода газа в воздушной смеси.
- 2.10. Расчет теплового баланса сушилки и К.П.Д. сушильной установки

3. Графическая часть

- 3.1. Чертеж аппарата - 1 лист
- 3.2. Технологическая схема - 1 лист

Консультант _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ВЫПАРИВАНИЕ

Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО
«КНИТУ»

Дата выдачи задания _____ Срок исполнения _____

Задание на курсовой проект

Ф.И.О. студента _____

Тема проекта _____

Данные по проекту _____

В проекте должно быть выполнено:

Введение

1. Литературный обзор по теме

1.1. Сущность проектируемого процесса.

1.2. Аппараты, используемые для проведения проектируемого процесса.

1.3. Системы машин и аппаратов, в перерабатывающих отраслях АПК.

1.4. Описание технологической схемы..

2. Расчетная часть

2.1. Теплотехнический расчет.

2.1.1. Определение количества выпариваемой воды.

2.1.2. Определение температуры кипения раствора

2.1.3. Определение тепловой нагрузки аппарата.

2.1.4. Определение коэффициента теплопередачи и поверхности теплообмена выпарного аппарата.

2.2. Конструктивный расчет выпарного аппарата.

2.2.1. Определение количества трубок.

2.2.2. Определение диаметра циркуляционной трубы.

2.3.3. Определение диаметра корпуса,

2.3.4. Определение размеров парового пространства.

2.3.5. Определение диаметров штуцеров.

2.4. Заключение.

3. Графическая часть

3.1. Чертеж аппарата - 1 лист

3.2. Технологическая схема - 1 лист

Консультант _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица 1 - Плотность натурального томатного сока в зависимости от температуры и содержания сухих веществ

t, °С	ρ, кг/м ³ при содержании сухих веществ (СВ) %					
	4,3	8,0	12,5	16,0	20,2	25,2
20	1030	1046	1061	1078	1120	1121
30	1023	1038	1055	1070	1097	1118
40	1017	1033	1048	1065	1090	1109
50	1011	1027	1043	1061	1084	1102
60	1008	1022	1038	1055	1080	1098
70	1000	1015	1030	1048	1072	1090
80	997	1009	1022	1041	1062	1088

Таблица 2 - Зависимость физических параметров виноградного сока от температуры для концентрации виноградного сока 20% сухих веществ

t, °С	ρ _с , кг/м ³	с _с , кДж/(кг·К)	λ _с , Вт/(м·К)	μ _с , Па·с
40	1075	3,63	0,531	0,00135
50	1071	3,66	0,558	0,00105

Таблица 3 - Физико-химическая депрессия для сахарных растворов в °С

Концентрация % СВ	Температура в надсоковом пространстве аппарата в °С														
	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130
10	0,1	0,1	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
15	0,15	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
20	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
30	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
35	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	-
45	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,9	-	-
50	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	-	-
55	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	-	-	-
60	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,6	3,7	-	-	-
65	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,6	-	-	-	-
70	4,2	4,3	4,4	4,8	4,8	4,9	5,1	5,3	5,4	5,6	5,8	-	-	-	-

Таблица 4 - Атомная теплоемкость химических элементов

ЭЛЕМЕНТ	ТВЕРД. СОСТ.	ЖИДК. СОСТ.	ЭЛЕМЕНТ	ТВЕРД. СОСТ.	ЖИДК. СОСТ.
С	7,5	11,7	F	20,95	29,3
H	9,6	18,0	P	22,6	31,0
B	11,3	19,7	S	22,6	31,0
SI	15,9	24,3	ОСТАЛЬНЫЕ	26,0	33,5
O	16,8	25,1			

Таблица 5 - Равновесные составы жидкости и пара, температура кипения смеси ацетон-дихлорэтан при атмосферном давлении в молярных процентах

t, °C	X, %	Y, %	t, °C	X, %	Y, %
82,4	0	0	62,8	69,8	86,9
73,3	26,8	52,0	58,7	86,7	95,0
67,0	53,5	75,8	55,3	100	100

7. Информационно-методическое обеспечение

7.1 Основная литература

7.1.1. Гиргидов, А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): учебник для вузов / А.Д. Гиргидов. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. : Изд-во СПб ГПУ, 2003. - 345 с.

7.1.2. Кавецкий, Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии: учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений / Г.Д. Кавецкий, Б.В. Васильев. – М. : изд-во Колос, 1997. – 551 с.

7.1.3. Плаксин, Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств : учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений / Ю.М. Плаксин, Н.Н. Малахов, В.А. Ларин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 2007. – 760 с. : ил.

7.1.4. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; под ред. чл. корр. АН СССР П.Г.Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. стереотип. – Л. : Химия, 2007. -576 с. : ил.

7.1.5. Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств : учебное пособие для вузов / С.М.Гребенюк [и др.] – М. : Агропромиздат, 1987. – 304 с. : ил.

7.2. Дополнительная литература

7.2.1. Гельперин, Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии : в 2-х кн. / Н.И. Гельперин.- М. : Химия, 1981. -812 с. : ил.

7.2.2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2-х кн. / Ю.И. Дытнерский. Часть I. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. - М. : Химия, 1995.- 400 с. : ил.

7.2.3. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2-х кн. / Ю.И. Дытнерский. Часть II. Массообменные процессы и аппараты. 2-е изд. - М. : Химия, 1995. – 368 с. : ил.

7.2.4. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник : в 2-х кн. / В.Г. Айнштейн [и др.]; под ред. В.Г. Айнштейна. - М. : Логос, Высшая школа, 2002. - 872 с. : ил.

7.2.5. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А.Г. Касаткин. - 14-е изд., стереотипное. Перепечатка с девятого издания 1973 г. - М. : ООО ИД «Альянс», 2008. – 752с.

7.2.6. Наземцев, А.С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы : учебное пособие / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. – М. : ФОРУМ, 2007. – 304 с.

7.2.7. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование. Механические и гидромеханические процессы : учебник для вузов : в 5 т. Т. 2. / Д.А.Баранов [и др.]; под ред. А.М. Кутепова. – М. : Логос, 2002.- 600 с. : ил.

7.2.8. Сборник задач по машиностроительной гидравлике : учеб. пособие для машиностроительных вузов / Д.А.Бутаев [и др.]; под ред. И.И. Куколевского, Л.Г. Подвидза. - 5-е изд., стереотипное. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 448 с. : ил.

7.3. Учебно-методическая литература

7.3.1. Гидравлика и гидравлические машины: метод, указания / сост. Н.И.Савельев [и др.]; Казан, гос. технол. ун-т. - Казань, 1994. - 28 с.

7.3.2. Зиннатуллин, Н.Х. Лабораторный практикум по гидравлике и гидравлическим машинам : учебное пособие / Н.Х.Зиннатуллин, М.Г. Гарипов, Д.Н.Латыпов; под.ред. проф. Н.Х.Зиннатуллина. – Нижнекамск : Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2011. - 104 с.

7.3.3. Лабораторно практические работы по курсу «Процессы и аппараты химической технологии»: методические указания / сост. М.Г.Гарипов [и др.]; Казан, гос. технол. ун-т. - Казань, 1994. - 28 с.

7.3.4. Массообменные процессы. методическое руководство / сост. М.Г.Гарипов [и др.]; Казан, гос. технол. ун-т. - Казань, 1999. - 44 с.

7.3.5. Процессы и аппараты химической технологии. методические указания к лабораторному практикуму. Часть 1 /сост. М.Г.Гарипов [и др.]; - Казань, 2005. - 56 с.

7.3.6. Ямалиева, Л.Г. Возникновение и развитие курса « Процессы и аппараты химической технологии» : учебное пособие / Л.Г. Ямалиева, А.М. Ямалиев - изд. «Чишме»: Казань, 1998. - 47 с.

7.4. Литература для курсового проектирования

7.4.1. Выполнение и оформление курсового проекта по процессам и аппаратам химической технологии: методические указания / сост.: О.В. Маминов [и др.]; Казан, гос. технол. ун-т. - Казань, 2001. - 36 с.

7.4.2 Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Ю.И. Дытнерский [и др.]; под. ред. Ю.И. Дытнерский. - М. : Химия, 1991. - 496 с.

7.4.3. Николаев, Н.А. Ректификация этилового спирта : учебное пособие / Н.А. Николаев, Б.А.Ефремов. – Казань : Казанский государственный технологический университет, 2000. – 28 с.

7.4.4. Кожухотрубные теплообменные аппараты: методические указания к курсовому проектированию / сост. М.Г.Гарипов [и др.] – Казань. : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2007. - 36 с.

7.4.5.Конструкции и основные размеры кожухотрубчатых теплообменных аппаратов: методические указания к курсовому и дипломному проектированию / сост. ст. преп. М.Г.Гарипов [и др.] - Казань, 1987 . -23с.

7.4.6. Машины и аппараты пищевых производств : учебник для вузов / С.Т. Антимов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. – М. : Высш. шк., 2001. – 703 с.

7.4.7. Оборудование предприятий общественного питания. Тепловое оборудование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / М.П. Могильный [и др.]; под ред. М.П. Могильного. – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.

7.4.8. Справочник по машиностроительному черчению / А.А. Чекмаев, В.К. Осипов. – М. : Высшая школа, 2000. – 493 с.

Учебное издание

Ямалиева Л.Г.

кандидат педагогических наук

Ямалиев Б.А.

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

Корректор Габдурахимова Т.М.
Худ.редактор Федорова Л.Г.

Сдано в набор 26.03.2012
Подписано в печать 22.06.2012.
Бумага писчая. Гарнитура Таймс.
Усл.печ.л. 4. Тираж 100.
Заказ №28.

НХТИ (филиал) ФГОУ ВПО «КНИТУ»,
г. Нижнекамск, 423570, ул.30 лет Победы, д.5а.

