

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

*Кафедра Технологического и  
холодильного оборудования*

**Методические указания  
к самостоятельному изучению дисциплины**

**«Основы теории моделирования процессов пищевых  
производств»**

**для обучающихся по направлению подготовки 15.03.02  
«Технологические машины и оборудование»**

**бакалаврская программа: «Пищевая инженерия малых  
предприятий»**

**Мурманск**

**2020**

**Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины  
«Основы теории моделирования процессов пищевых производств»  
рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика  
*Технологического и холодильного оборудования***

«23» июня 2020 г., протокол № 8

Составитель – Саенкова Ирина Васильевна, доцент кафедры  
технологического и холодильного оборудования.

## ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины «**Основы теории моделирования процессов пищевых производств**» составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» направленности (профилю)/специализации «Пищевая инженерия малых предприятий», утвержденного 20.10. 2015 г., № 1170 УП, утвержденного Ученым советом МГТУ 27.03.2020., протокол № 8 и предназначены для обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», направленность/специализация: «Пищевая инженерия малых предприятий».

**Целью дисциплины** является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра и рабочим учебным планом направления 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», что предполагает освоение обучающимися теоретических знаний в области теории подобия процессов пищевых производств.

**Задачи дисциплины:** дать необходимые знания по основам теории подобия процессов пищевых производств.

В результате изучения дисциплины академический бакалавр должен:

### **Знать:**

- технологические процессы пищевых производств;
- физическую сущность явлений, происходящих в материалах в условиях производства и эксплуатации изделий из них под воздействием внешних факторов (нагрева, охлаждения, давления и т.д.).

### **Уметь:**

- проводить расчеты процессов пищевых производств, выбирать наиболее рациональные режимы работы оборудования и прогрессивные способы осуществления процесса;

– выбирать рациональные технологические процессы изготовления продукции, эффективное оборудование.

**Владеть:**

– методами математического и физического моделирования процессов и аппаратов, экспериментального исследования процессов в пищевой промышленности.

**Содержание разделов дисциплины:**

Общие понятия и определения. Механические процессы. Гидромеханические процессы. Тепловые процессы. Массообменные процессы

**Реализуемые компетенции:** ОПК-1; ПК-2; ПК-4; ПК-5.

**Формы отчетности:**

Очная форма обучения: семестр 5 – зачет.

Заочная форма обучения: курс 4 – зачет.

**Требования к уровню подготовки обучающегося в рамках данной дисциплины.**

Процесс изучения дисциплины «**Основы теории моделирования процессов пищевых производств**» направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», представленных в таблице 1.

**Таблица 1 – Компетенции, формируемые дисциплиной «Основы теории моделирования процессов пищевых производств»**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
1	ОПК-1. способность к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и реализуются	<b>Знать:</b> - способы организации процесса самообразования; <b>Уметь:</b> - организовать процесс самообразования, применяя

	образовательных и информационных технологий	полностью	доступные источники информации; <b>Владеть:</b> - навыками эффективного распределения времени и ресурсов на процесс самообразования
2	ПК-2. умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> - технологические процессы, осуществляемые в пищевой промышленности; - стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования; <b>Уметь:</b> - моделировать технические объекты и технологические процессы; <b>Владеть:</b> - навыками проведения расчетов параметров процессов, методиками обработки результатов
3	ПК-4. способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и реализуются полностью	<b>Знать:</b> - базовые методы исследовательской деятельности; <b>Уметь:</b> - применять теоретические знания в практической деятельности; <b>Владеть:</b> - навыками поиска информации по рассматриваемой тематике; - навыками применения современных вычислительных методов
4	ПК-5. способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизированного проектирования	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и реализуются полностью	<b>Знать:</b> - технологическое оборудование пищевой промышленности; - методики расчетов деталей и узлов машиностроительных конструкций; - стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования; <b>Уметь:</b> - применять методики расчетов для проектируемых узлов и деталей технологического оборудования; <b>Владеть:</b>

			- навыками работы в системах автоматизированного проектирования
--	--	--	---

#### 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине «**Основы теории моделирования процессов пищевых производств**»

Результаты формирования компетенций и планируемые результаты обучения представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Планируемые результаты обучения**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
1	ОПК-1. способность к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и реализуются полностью	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способы организации процесса самообразования;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- организовать процесс самообразования, применяя доступные источники информации;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками эффективного распределения времени и ресурсов на процесс самообразования</li> </ul>
2	ПК-2. умение моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологические процессы, осуществляемые в пищевой промышленности;</li> <li>- стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- моделировать технические объекты и технологические процессы;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками проведения расчетов параметров процессов, методиками обработки результатов</li> </ul>

3	ПК-4. способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и реализуются полностью	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- базовые методы исследовательской деятельности;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять теоретические знания в практической деятельности;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками поиска информации по рассматриваемой тематике;</li> <li>- навыками применения современных вычислительных методов</li> </ul>
4	ПК-5. способность принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизированного проектирования	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины и реализуются полностью	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технологические оборудование пищевой промышленности;</li> <li>- методики расчетов деталей и узлов машиностроительных конструкций;</li> <li>- стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методики расчетов для проектируемых узлов и деталей технологического оборудования;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы в системах автоматизированного проектирования</li> </ul>

**Целью** настоящих методических указаний являются рекомендации, которыми обучающийся может воспользоваться при подготовке к сдаче форм контроля по дисциплине **«Основы теории моделирования процессов пищевых производств»**, при подготовке и сдаче зачета, а также для самостоятельного углубления знаний по данной дисциплине.

## **Введение**

Дисциплина **«Основы теории моделирования процессов пищевых производств»** состоит из пяти модулей. Обучающийся должен изучить теоретические сведения по темам, выполнить лабораторные и практические работы, для усвоения теории и завершить изучение модуля сдачей зачета.

Для изучения дисциплины, в составе методической литературы, обучающимся предлагается изучить литературные источники из списка. Начать изучение дисциплины следует с методических указаний для самостоятельного изучения дисциплины.

### Содержание разделов дисциплины (модуля), виды работы

**Таблица 3.**

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной работы по формам обучения							
	Очная				Заочная			
	Л	ЛР	ПР	СР	Л	ЛР	ПР	СР
Модуль 1. Общие понятия и определения.								
Тема 1. Введение. История развития учения о процессах и аппаратах. <b>Классификация и характеристика процессов пищевой технологии.</b> Основные законы науки о процессах и аппаратах; методы исследования процессов и аппаратов; основные положения теории подобия.	0,5			5	2			7
Модуль 2. Механические процессы.								
Тема 1. <b>Измельчение.</b> Физические основы измельчения. Виды и способы измельчения. Классификация измельчительного оборудования.	0,5			5				7
Тема 2. <b>Сортирование.</b> Разделение по размерам и форме частиц. Основы теории ситового анализа. Методы сортирования. Классификация и принципы действия машин для просеивания, фракционирования, сортирования. Оценка качества сортирования. Магнитное сепарирование.	0,5			5				7
Тема 3. Основы теории обработки пищевых продуктов давлением: прессование и формообразование. <b>Прессование:</b> назначение и сущность процесса. Оборудование для обработки пищевых масс	0,5			5				7



давлением.								
Тема 4. <b>Перемешивание.</b> Критерии эффективности процесса перемешивания. Перемешивание жидких сред: способы. Механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Перемешивание сыпучих и пластических материалов. Применение перемешивающих устройств в пищевой промышленности. Расход энергии при механическом перемешивании. Расчет перемешивающих устройств.	1	2		6				7
Модуль 3. Гидромеханические процессы.								
Тема 1. <b>Насосы и вентиляторы.</b> Насосы динамического действия. Насосы объемного действия. Выбор насосов и вентиляторов.	1	2		6				7
Тема 2. Классификация неоднородных систем. Методы разделения неоднородных систем. <b>Осаждение в гравитационном поле.</b> Кинетика осаждения. Конструкции отстойников периодического и непрерывного действия. Методика расчета отстойников.	2		3	5				7
Тема 3. <b>Осаждение в поле центробежных сил.</b> Сущность процесса. Фактор разделения. Циклоны. Расчет циклонов. Центробежное отстаивание. Центрифуги: классификация. Сепараторы. Применение центрифуг, циклонов и сепараторов в пищевой промышленности.	1	2		5				7
Тема 4. <b>Осаждение в поле электрических сил.</b> Физическая сущность и механизм электроосаждения. Работа электрофильтра. Основы расчета электрофильтров. Принципиальные схемы аппаратов.	0,5			5				7
Тема 5. <b>Взвешенный слой.</b> Условия получения взвешенного слоя. Гидродинамические	1	2	3	5				7

характеристики взвешенного слоя. Скорость витания частиц. Схемы аппаратов с псевдооживленным слоем.								
Тема 6. <b>Фильтрование.</b> Теория фильтрации. Фильтрация при постоянном давлении. Фильтрация при постоянной скорости. <b>Центробежное фильтрование.</b> Конструкции фильтров и центрифуг. <b>Мембранные процессы:</b> классификация. Показатели мембранного процесса. Мембранные аппараты.	0,5	2		7				7
Модуль 4. Тепловые процессы.								
Тема 1. Основные понятия. Способы передачи тепла: конвекция, теплопроводность, тепловое излучение. Основные законы теплообмена. Основное уравнение теплопередачи. <b>Нагревание и охлаждение.</b> Способы нагревания. Способы охлаждения до обыкновенных температур и до температур ниже температуры окружающей среды. <b>Конденсация и кипение.</b> Уравнения теплового баланса процессов.	1		2	7				8
Тема 2. <b>Теплообменники.</b> Классификация и устройство теплообменных аппаратов. Требования, предъявляемые к теплообменным аппаратам пищевых производств. Определение поверхности теплообмена и толщины изоляции аппарата. Способы интенсификации процессов теплообмена.	2	2		8		2		8
Тема 3. <b>Выпаривание.</b> Теоретические основы процесса выпаривания. Понятие о греющем, вторичном и экстра паре. Изменение свойств раствора при сгущении. Однокорпусная выпарная установка. Материальный и тепловой балансы выпаривания. Классификация и устройство	0,5		2	5				6

выпарных аппаратов.								
Модуль 5. Массообменные процессы.								
Тема 1. Классификация массообменных процессов. Основные законы массопередачи. Равновесие между фазами. Материальный баланс при массопередаче и уравнение рабочей линии процесса. Молекулярная и конвективная диффузия. Аппараты для проведения массообменных процессов. <b>Кристаллизация</b>	1			3				7
Тема 2. <b>Сушка.</b> Способы обезвоживания влажных материалов. Закономерности кинетики процесса сушки. Свойства влажного воздуха. Диаграмма состояния влажного воздуха Л.К.Рамзина. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Кинетика сушки. Динамика сушки. Кривые сушки и скорости сушки. Классификация и схемы сушилок. <b>Копчение и вяление.</b> Копчение и вяление как разновидность процесса сушки. Теоретические основы копчения и вяления.	1		1	7			2	8
Тема 3. <b>Сорбция.</b> Основные сведения. <b>Абсорбция и адсорбция.</b> Рабочая линия процесса абсорбции. Движущая сила процесса абсорбции. Материальный баланс абсорбции. Влияние температуры и давления в аппарате на процесс абсорбции. Процесс адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Адсорбенты и их свойства. Адсорбционные и абсорбционные установки.	1		2	7				8
Тема 4. <b>Перегонка и ректификация.</b> Классификация бинарных смесей. Основные законы перегонки. Простая перегонка. Диаграмма температур и тепловая диаграмма. Понятие о дефлегмации. Ректификация. Материальный и тепловой балансы	0,5		2	7				8

процесса ректификации. Аппараты для проведения перегонки и ректификации.								
Тема 5. <b>Экстрагирование.</b> Основы теории экстрагирования. Экстрагенты. Экстрагирование в системе твердое тело-жидкость. Материальный и тепловой балансы процесса экстрагирования. Основы теории экстракции. Равновесие в системе жидкость-жидкость. Треугольная диаграмма. Классификация и конструкции экстракторов.	1		2	7				7
<b>Итого:</b>	17		17	110	2		2	136

**Таблица 4 - Перечень практических работ**

№ п/п	Темы практических работ	Количество часов	
		Очная	Заочная
1	Расчет режимов течения жидкостей в трубе	3	
2	Гидродинамика взвешенного слоя	2	
3	Перемешивание в жидкой среде	3	
4	Осаждение под действием силы тяжести	2	
5	Осаждение под действием центробежной силы	7	
6	Фильтрация	2	
7	Центрифугирование	2	2
	<b>Итого:</b>	17	2

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

**Таблица 5**

№ п/п	Библиографическое описание* (название литературного источника)	Наличие		
		Электронно-библиотечная система (ЭБС)	Библиотека МГТУ (печатное издание)	Количество экземпляров печатного издания
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1	Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2008. –	-	+	25

	760 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).			
2	Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков. - Изд.13-е, стер. - Перепечатка с изд. 1987 г. - Москва : Альянс, 2006. - 575 с.	-	+	49
3	Остриков, А.Н. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / А.Н. Остриков ; под редакцией А. Н. Острикова. — Санкт-Петербург : ГИОРД, 2012. — 616 с. — ISBN 978-5-98879-124-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/4887">https://e.lanbook.com/book/4887</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	+	-	-
<b>Дополнительная литература</b>				
4	Процессы и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1 : учебник для вузов / [А. Н. Остриков и др.] ; под ред. А. Н. Острикова. - Санкт-Петербург : Гиорд, 2007. - 699, [1] с. : ил.	-	+	25
5	Процессы и аппараты пищевых производств : учебник для вузов. В 2 кн. Кн. 2 / [А. Н. Остриков и др.] ; под ред. А. Н. Острикова. - Санкт-Петербург : Гиорд, 2007. - С. 709-1304, [1] : ил.	-	+	25
6	Вобликова, Т.В. Процессы и аппараты пищевых производств : учебное пособие / Т.В. Вобликова, С.Н. Шлыков, А.В. Пермяков. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 204 с. — ISBN 978-5-8114-4163-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/115658">https://e.lanbook.com/book/115658</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	+	-	-

## **СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Модуль 1. Общие понятия и определения.**

**Тема 1.** Введение. История развития учения о процессах и аппаратах.

**Классификация и характеристика процессов пищевой технологии.** Основные законы науки о процессах и аппаратах; методы исследования процессов и аппаратов; основные положения теории подобия.

#### ***Вопросы для самоконтроля:***

1. Дайте классификацию и характеристику процессов пищевой технологии.
2. Какие основные законы науки о процессах и аппаратах вы знаете?

3. Расскажите основные законы науки о процессах и аппаратах.

## **Модуль 2. Механические процессы.**

**Тема 1. Измельчение.** Физические основы измельчения. Виды и способы измельчения. Классификация измельчительного оборудования.

**Тема 2. Сортирование.** Разделение по размерам и форме частиц. Основы теории ситового анализа. Методы сортирования. Классификация и принципы действия машин для просеивания, фракционирования, сортирования. Оценка качества сортирования. Магнитное сепарирование.

**Тема 3.** Основы теории обработки пищевых продуктов давлением: прессование и формообразование. **Прессование:** назначение и сущность процесса. Оборудование для обработки пищевых масс давлением.

**Тема 4. Перемешивание.** Критерии эффективности процесса перемешивания. Перемешивание жидких сред: способы. Механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Перемешивание сыпучих и пластических материалов. Применение перемешивающих устройств в пищевой промышленности. Расход энергии при механическом перемешивании. Расчет перемешивающих устройств.

### ***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какие виды и способы измельчения вы знаете?
2. Как происходит разделение по размерам и форме частиц?
3. Какие критерии эффективности процесса перемешивания вы знаете?
4. Какие способы перемешивание жидких сред вы знаете?

## **Модуль 3. Гидромеханические процессы.**

**Тема 1. Насосы и вентиляторы.** Насосы динамического действия. Насосы объемного действия. Выбор насосов и вентиляторов.

**Тема 2.** Классификация неоднородных систем. Методы разделения неоднородных систем. **Осаждение в гравитационном поле.** Кинетика осаждения. Конструкции отстойников периодического и непрерывного действия. Методика расчета отстойников.

**Тема 3. Осаждение в поле центробежных сил.** Сущность процесса. Фактор разделения. Циклоны. Расчет циклонов. Центробежное отстаивание.

Центрифуги: классификация. Сепараторы. Применение центрифуг, циклонов и сепараторов в пищевой промышленности.

**Тема 4. Осаждение в поле электрических сил.** Физическая сущность и механизм электроосаждения. Работа электрофильтра. Основы расчета электрофильтров. Принципиальные схемы аппаратов.

**Тема 5. Взвешенный слой.** Условия получения взвешенного слоя. Гидродинамические характеристики взвешенного слоя. Скорость витания частиц. Схемы аппаратов с псевдоожиженным слоем.

**Тема 6. Фильтрование.** Теория фильтрации. Фильтрация при постоянном давлении. Фильтрация при постоянной скорости. **Центробежное фильтрование.** Конструкции фильтров и центрифуг. **Мембранные процессы:** классификация. Показатели мембранного процесса. Мембранные аппараты.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какие гидромеханические процессы вы знаете?
2. Какие конструкции отстойников периодического и непрерывного действия вы знаете?
3. Осаждение в поле центробежных сил. Сущность процесса. Фактор разделения.
4. Расскажите условия получения взвешенного слоя.
5. Назовите показатели мембранного процесса.

**Модуль 4. Тепловые процессы.**

**Тема 1.** Основные понятия. Способы передачи тепла: конвекция, теплопроводность, тепловое излучение. Основные законы теплообмена. Основное уравнение теплопередачи. **Нагревание и охлаждение.** Способы нагревания. Способы охлаждения до обыкновенных температур и до температур ниже температуры окружающей среды. **Конденсация и кипение.** Уравнения теплового баланса процессов.

**Тема 2. Теплообменники.** Классификация и устройство теплообменных аппаратов. Требования, предъявляемые к теплообменным аппаратам пищевых производств. Определение поверхности теплообмена и толщины изоляции аппарата. Способы интенсификации процессов теплообмена.

**Тема 3. Выпаривание.** Теоретические основы процесса выпаривания. Понятие о греющем, вторичном и экстра паре. Изменение свойств раствора при сгущении. Однокорпусная выпарная установка. Материальный и тепловой балансы выпаривания. Классификация и устройство выпарных аппаратов.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какие основные способы передачи тепла вы знаете?
2. Какие способы охлаждения до обыкновенных температур и до температур ниже температуры окружающей среды вы знаете?
3. Классификация и устройство теплообменных аппаратов. Требования, предъявляемые к теплообменным аппаратам пищевых производств.
4. Классификация и устройство выпарных аппаратов.

**Модуль 5. Массообменные процессы.**

**Тема 1.** Классификация массообменных процессов. Основные законы массопередачи. Равновесие между фазами. Материальный баланс при массопередаче и уравнение рабочей линии процесса. Молекулярная и конвективная диффузия. Аппараты для проведения массообменных процессов. **Кристаллизация**

**Тема 2. Сушка.** Способы обезвоживания влажных материалов. Закономерности кинетики процесса сушки. Свойства влажного воздуха. Диаграмма состояния влажного воздуха Л.К.Рамзина. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Кинетика сушки. Динамика сушки. Кривые сушки и скорости сушки. Классификация и схемы сушилок. **Копчение и вяление.** Копчение и вяление как разновидности процесса сушки. Теоретические основы копчения и вяления.

**Тема 3. Сорбция.** Основные сведения. **Абсорбция и адсорбция.** Рабочая линия процесса абсорбции. Движущая сила процесса абсорбции. Материальный баланс абсорбции. Влияние температуры и давления в аппарате на процесс абсорбции. Процесс адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Адсорбенты и их свойства. Адсорбционные и абсорбционные установки.

**Тема 4. Перегонка и ректификация.** Классификация бинарных смесей. Основные законы перегонки. Простая перегонка. Диаграмма температур и тепловая диаграмма. Понятие о дефлегмации. Ректификация.



Материальный и тепловой балансы процесса ректификации. Аппараты для проведения перегонки и ректификации.

**Тема 5. Экстрагирование.** Основы теории экстрагирования. Экстрагенты. Экстрагирование в системе твердое тело-жидкость. Материальный и тепловой балансы процесса экстрагирования. Основы теории экстракции. Равновесие в системе жидкость-жидкость. Треугольная диаграмма. Классификация и конструкции экстракторов.

***Вопросы для самоконтроля:***

1. Какие основные законы массопередачи вы знаете?
2. Какие способы обезвоживания влажных материалов вы знаете?
3. Расскажите теоретические основы копчения и вяления.
4. Как влияет температура и давление в аппарате на процесс абсорбции?
5. Расскажите основы теории экстрагирования.

**После изучения теоретического материала необходимо выполнить практические работы в соответствии с таблицей № 4.**