

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  
«Расчет технологических процессов»  
для обучающихся по направлению подготовки 15.03.02  
«Технологические машины и оборудование»  
бакалаврская программа: «Инжиниринг  
технологического оборудования»**

Мурманск

2021

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины **«Расчет технологических процессов»** рассмотрены и одобрены на заседании кафедры-разработчика ***Технологического и холодильного оборудования***

«22» июня 2021 г., протокол № 10

Составитель – Никонова Антонина Сергеевна, к.т.н., доцент кафедры технологического и холодильного оборудования.

Рецензент – Похольченко Вячеслав Александрович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой технологического и холодильного оборудования.

**ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Методические указания для самостоятельного изучения дисциплины **«Расчет технологических процессов»** составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» направленности (профилю)/специализации «Инжиниринг технологического оборудования», утвержденного 20.10.2015 г, № 1170 УП, утвержденного Ученым советом МГТУ 26.03.2021, протокол № 12 и предназначены для обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», направленность/специализация: «Инжиниринг технологического оборудования».

**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 технологических процессов.

**Задачи дисциплины:** дать необходимые знания по основам технологического оборудования, позволяющие использовать эти знания в области пищевых производств, успешно адаптироваться молодым специалистам и начать деловую карьеру на предприятии.

В результате изучения дисциплины академический бакалавр должен:

**Знать:**

- действующее оборудование;
- основные нормативные документы, используемые в деятельности

**Уметь:**

- применять навыки в практической деятельности;
- пользоваться нормативными документами в профессиональной деятельности

**Владеть:**

- навыками работы с оборудованием, нормативными и техническими документами, необходимыми для осуществления профессиональной деятельности

**Содержание разделов дисциплины:**

Введение. Классификация и характеристика процессов пищевой технологии. Основные понятия и определения. Законы науки о процессах и аппаратах; основные положения теории подобия, числа подобия, критериальные уравнения, теоремы подобия. Механические процессы. Измельчение. Физические основы измельчения. Виды и способы измельчения. Гидромеханические процессы. Насосы и вентиляторы. Насосы динамического действия. Насосы объемного действия. Выбор насосов и вентиляторов. Тепловые процессы. Основные понятия. Нагревание и охлаждение. Конденсация и кипение. Уравнения теплового баланса процессов. Теплообменники. Классификация и устройство теплообменных аппаратов.

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

**Формы отчетности:**

Очная форма обучения: семестр 7– контрольная работа, экзамен.

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

Процесс изучения дисциплины **«Инжиниринг нестандартного оборудования»** 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**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции (Индикаторы сформированности компетенций)
1	2	3	4
1	ПК-1 - способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки	Компетенция реализуется в части «Способность принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машинах и оборудования»	<p><b>Знать:</b> основные проблемы научно-технического развития техники пищевой промышленности; основные направления прогресса в машиностроении; технологическое оборудование отрасли, его классификацию, устройство, особенности эксплуатации; проблемы улучшения качества машин;</p> <p><b>Уметь:</b> проводить теоретические и экспериментальные исследования в области технологического оборудования и машин с использованием современных методов планирования эксперимента, средств вычислительной техники; находить</p>

		<p>в сфере профессиональной деятельности – технологические машины и оборудование, направленность – пищевая инженерия малых предприятий</p>	<p>оптимальные и рациональные технические режимы работы оборудования; выполнять основные расчеты и составлять необходимую техническую документацию, проектировать и конструировать технологическое оборудование отрасли; совершенствовать и оптимизировать действующее технологическое оборудование машин на базе системного подхода к анализу качества сырья и требований к конечной продукции; осуществлять технический контроль, разрабатывать техническую документацию по соблюдению режима работы оборудования; выполнять стандартные испытания по определению физико-механических показателей металлов, диэлектрических материалов, используемых для покрытий поверхности рабочих органов; проводить расчеты и конструирование типовых узлов технологического оборудования, находить пути модернизации оборудования с целью повышения качества изделий.</p> <p><b>Владеть:</b> методикой выполнения основных расчетов технологического оборудования, составления на него необходимой технической документации; навыками составления научных отчетов.</p>
2	<p>ПК-4 - Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности</p>	<p>Компетенция реализуется в части «Способность участвовать в работе над инновационными проектами» в сфере профессиональной деятельности – технологические машины и оборудование, направленность – пищевая инженерия малых предприятий.</p>	<p><b>Знать:</b> основные проблемы научно-технического развития техники пищевой промышленности; основные направления прогресса в машиностроении; технологическое оборудование отрасли, его классификацию, устройство, особенности эксплуатации; проблемы улучшения качества машин; основы проектирования технологического оборудования и поточных линий; пути и перспективы их совершенствования; статистические методы обработки экспериментальных данных для анализа эффективной работы технологического оборудования; методики по оценке причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции;</p> <p><b>Уметь:</b> проводить теоретические и экспериментальные исследования в области технологического оборудования и машин с использованием современных методов планирования эксперимента, средств вычислительной техники; находить оптимальные и рациональные технические режимы работы оборудования;</p> <p><b>Владеть:</b> методикой выполнения основных расчетов технологического оборудования, составления на него необходимой технической документации.</p>
3	<p>ПК-5- способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими</p>	<p>Компетенция реализуется в части «Умение применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности» в сфере профессиональной деятельности –</p>	<p><b>Знать:</b> основные проблемы научно-технического развития техники пищевой промышленности; основные направления прогресса в машиностроении; технологическое оборудование отрасли, его классификацию, устройство, особенности эксплуатации; проблемы улучшения качества машин; основы проектирования технологического оборудования и поточных линий; пути и перспективы их совершенствования; статистические методы обработки экспериментальных данных для анализа эффективной работы технологического оборудо-</p>

	<p>заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования</p>	<p>технологические машины и оборудование, направленность – пищевая инженерия малых предприятий.</p>	<p>вания; методики по оценке причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции; методы компоновки технологического оборудования в линии; способы определения оптимальной конструкции и рабочих органов и других узлов машин пищевых отраслей; техническую документацию (ГОСТы, ОСТы, ЕСКД, технические условия и т. д.), необходимую при расчете и проектировании оборудования; экспериментальные методы испытания машин и аппаратов и обладать навыками исследования прочности узлов и деталей;</p> <p><b>Уметь:</b> проводить теоретические и экспериментальные исследования в области технологического оборудования и машин с использованием современных методов планирования эксперимента, средств вычислительной техники; находить оптимальные и рациональные технические режимы работы оборудования; выполнять основные расчеты и составлять необходимую техническую документацию, проектировать и конструировать технологическое оборудование отрасли; совершенствовать и оптимизировать действующее технологическое оборудование машин на базе системного подхода к анализу качества сырья и требований к конечной продукции; осуществлять технический контроль, разрабатывать техническую документацию по соблюдению режима работы оборудования; выполнять стандартные испытания по определению физико-механических показателей металлов, диэлектрических материалов, используемых для покрытий поверхности рабочих органов; проводить расчеты и конструирование типовых узлов технологического оборудования, находить пути модернизации оборудования с целью повышения качества изделий.</p> <p><b>Владеть:</b> методикой выполнения основных расчетов технологического оборудования, составления на него необходимой технической документации.</p>
--	--	---	---

#### 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине «Расчет технологических процессов»

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	2	3	4
1	ПК-1 - способностью к систематическому изучению научно-	Компетенция реализуется в части «Способность принимать участие в	<b>Знать:</b> основные проблемы научно-технического развития техники пищевой промышленности; основные направления прогресса в машиностроении; технологическое оборудование

	<p>технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки</p>	<p>работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машинах и оборудования» в сфере профессиональной деятельности – технологические машины и оборудование, направленность – пищевая инженерия малых предприятий</p>	<p>отрасли, его классификацию, устройство, особенности эксплуатации; проблемы улучшения качества машин;</p> <p><b>Уметь:</b> проводить теоретические и экспериментальные исследования в области технологического оборудования и машин с использованием современных методов планирования эксперимента, средств вычислительной техники; находить оптимальные и рациональные технические режимы работы оборудования; выполнять основные расчеты и составлять необходимую техническую документацию, проектировать и конструировать технологическое оборудование отрасли; совершенствовать и оптимизировать действующее технологическое оборудование машин на базе системного подхода к анализу качества сырья и требований к конечной продукции; осуществлять технический контроль, разрабатывать техническую документацию по соблюдению режима работы оборудования; выполнять стандартные испытания по определению физико-механических показателей металлов, диэлектрических материалов, используемых для покрытий поверхности рабочих органов; проводить расчеты и конструирование типовых узлов технологического оборудования, находить пути модернизации оборудования с целью повышения качества изделий.</p> <p><b>Владеть:</b> методикой выполнения основных расчетов технологического оборудования, составления на него необходимой технической документации; навыками составления научных отчетов.</p>
2	<p>ПК-4 - Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности</p>	<p>Компетенция реализуется в части «Способность участвовать в работе над инновационными проектами» в сфере профессиональной деятельности – технологические машины и оборудование, направленность – пищевая инженерия малых предприятий.</p>	<p><b>Знать:</b> основные проблемы научно-технического развития техники пищевой промышленности; основные направления прогресса в машиностроении; технологическое оборудование отрасли, его классификацию, устройство, особенности эксплуатации; проблемы улучшения качества машин; основы проектирования технологического оборудования и поточных линий; пути и перспективы их совершенствования; статистические методы обработки экспериментальных данных для анализа эффективной работы технологического оборудования; методики по оценке причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции;</p> <p><b>Уметь:</b> проводить теоретические и экспериментальные исследования в области технологического оборудования и машин с использованием современных методов планирования эксперимента, средств вычислительной техники; находить оптимальные и рациональные технические режимы работы оборудования;</p> <p><b>Владеть:</b> методикой выполнения основных расчетов технологического оборудования, составления на него необходимой технической документации.</p>

3	ПК-5- способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Компетенция реализуется в части «Умение применять методы контроля качества изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности» в сфере профессиональной деятельности – технологические машины и оборудование, направленность – пищевая инженерия малых предприятий.	<p><b>Знать:</b> основные проблемы научно-технического развития техники пищевой промышленности; основные направления прогресса в машиностроении; технологическое оборудование отрасли, его классификацию, устройство, особенности эксплуатации; проблемы улучшения качества машин; основы проектирования технологического оборудования и поточных линий; пути и перспективы их совершенствования; статистические методы обработки экспериментальных данных для анализа эффективной работы технологического оборудования; методики по оценке причин возникновения дефектов и брака выпускаемой продукции; методы компоновки технологического оборудования в линии; способы определения оптимальной конструкции и рабочих органов и других узлов машин пищевых отраслей; техническую документацию (ГОСТы, ОСТы, ЕСКД, технические условия и т. д.), необходимую при расчете и проектировании оборудования; экспериментальные методы испытания машин и аппаратов и обладать навыками исследования прочности узлов и деталей;</p> <p><b>Уметь:</b> проводить теоретические и экспериментальные исследования в области технологического оборудования и машин с использованием современных методов планирования эксперимента, средств вычислительной техники; находить оптимальные и рациональные технические режимы работы оборудования; выполнять основные расчеты и составлять необходимую техническую документацию, проектировать и конструировать технологическое оборудование отрасли; совершенствовать и оптимизировать действующее технологическое оборудование машин на базе системного подхода к анализу качества сырья и требований к конечной продукции; осуществлять технический контроль, разрабатывать техническую документацию по соблюдению режима работы оборудования; выполнять стандартные испытания по определению физико-механических показателей металлов, диэлектрических материалов, используемых для покрытий поверхности рабочих органов; проводить расчеты и конструирование типовых узлов технологического оборудования, находить пути модернизации оборудования с целью повышения качества изделий.</p> <p><b>Владеть:</b> методикой выполнения основных расчетов технологического оборудования, составления на него необходимой технической документации.</p>
---	---	---	--

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



## Введение

Дисциплина «**Расчет технологических процессов**» состоит из 5 тем. Обучающийся должен изучить теоретические сведения по темам, выполнить работы, для усвоения теории и завершить изучение модулей сдачей экзамена.

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
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Тема 1. Введение. Классификация и характеристика процессов пищевой технологии.</b> Основные понятия и определения. Законы науки о процессах и аппаратах; основные положения теории подобия, числа подобия, критериальные уравнения, теоремы подобия.	2,8	-	-	12,8				
<b>Тема 2. Механические процессы.</b> Измельчение. Физические основы измельчения. Виды и способы измельчения. Классификация измельчительного оборудования. Сортирование. Машины для просеивания, фракционирования, сортирования. Основы теории обработки пищевых продуктов давлением. Оборудование для обработки пищевых масс давлением. Перемешивание. Критерии эффективности процесса перемешивания. Конструкции мешалок. Устройства для перемешивания. Расчет перемешивающих устройств.	2,8	0	10	12,8				

<p><b>Тема 3. Гидромеханические процессы.</b> Насосы и вентиляторы. Насосы динамического действия. Насосы объемного действия. Выбор насосов и вентиляторов. Классификация неоднородных систем. Методы разделения неоднородных систем. Осаждение в гравитационном поле. Кинетика осаждения. Конструкции отстойников. Осаждение в поле центробежных сил. Сущность процесса. Фактор разделения. Циклоны. Расчет циклонов. Центробежное отстаивание. Центрифуги. Сепараторы. Осаждение в поле электрических сил. Электрофильтр. Взвешенный слой. Условия получения взвешенного слоя. Гидродинамические характеристики взвешенного слоя. Скорость витания частиц. Аппараты с псевдооживленным слоем. Фильтрация. Теория фильтрации. Фильтрация при постоянном давлении. Фильтрация при постоянной скорости. Центробежное фильтрование. Конструкции фильтров и центрифуг. Мембранные процессы. Мембранные аппараты.</p>	2,8	0	5	12,8				
<p><b>Тема 4. Тепловые процессы.</b> Основные понятия. Нагревание и охлаждение. Конденсация и кипение. Уравнения теплового баланса процессов. Теплообменники. Классификация и устройство теплообменных аппаратов. Требования, предъявляемые к теплообменным аппаратам. Определение поверхности теплообмена. Способы интенсификации процессов теплообмена. Выпаривание. Теоретические основы процесса выпаривания. Материальный и тепловой балансы выпаривания. Классификация и устройство выпарных аппаратов.</p>	2,8	0	5	12,8				
<p><b>Тема 5. Массообменные процессы.</b> Классификация массообменных процессов. Основные законы массопередачи. Равновесие между фазами. Молекулярная и конвективная диффузия. Аппараты для проведения массообменных процессов. Кристаллизация. Сушка. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Кинетика сушки. Динамика сушки. Кривые сушки и скорости сушки. Классификация и схемы сушилок. Копчение и вяление. Сорбция. Основные сведения. Абсорбция и адсорбция. Адсорбенты и их свойства. Адсорбционные и абсорбционные установки. Перегонка и ректификация. Понятие о дефлегмации. Ректификация. Аппараты для проведения перегонки и ректификации. Экстрагирование. Классификация и конструкции экстракторов.</p>	2,8	0	10	12,8				

Подготовка к промежуточной аттестации									
<b>Итого:</b>				14	0	30	64		

**Таблица 6 - Перечень практических работ**

№ п/п	Темы практических работ	Количество часов		
		Очная	Очно- заочная	Заочная
1	Ситовой анализ сыпучего материала	5		
2	Определение характеристик центробежного вентилятора	5		
3	Изучение работы циклона	5		
4	Определение термического сопротивления теплообменника «труба в трубе»	5		
5	Изучение процесса сушки в воздушном слое	5		
6	Изучение процесса сушки в инфракрасных лучах	5		
	<b>Итого:</b>	30		

Контрольная работа «Контрольная работа «I-d диаграмма, ее свойства и применение.»».

### СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

		Наличи е
--	--	-------------

№ п/п	Библиографическое описание* (название литературного источника)	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. – 760 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).	-	+	25
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	<b>Девяткин, П. Н.</b> Термодинамика : учеб. пособие / П. Н. Девяткин; Гос. ком. Рос. Федерации по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2008. - 98 с. - Имеется электрон. аналог 2008 г. - Библиогр.: с. 97-98. - ISBN 978-5-86185-369-9	-	+	25
4	<b>Теплотехника</b> [Электронный ресурс] : метод. указания к решению задач для студентов специальностей 260302.65 "Технология рыбы и рыбных продуктов", 260501.65 "Технология продуктов общественного питания", 260601.65 "Машины и аппараты пищевых производств", 260602.65 "Пищевая инженерия малых предприятий" всех форм обучения / Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. технол. и холодиль. оборудования ; сост. О. А. Голубева, А. С. Никонова. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.2 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана.	+	-	-
5	<b>Теплотехника</b> [Электронный ресурс] : метод. указания к выполнению расчет.-граф. заданий студентов специальностей 260302.65 "Технология рыбы и рыбных продуктов", 260501.65 "Технология продуктов общественного питания", 260601.65 "Машины и аппараты пищевых производств", 260602.65 "Пищевая инженерия малых предприятий" всех форм обучения / Федер. агентство по рыболовству, Мурман. гос. техн. ун-т, Каф. технол. и холодиль. оборудования ; сост. О. А. Голубева, А. С. Никонова. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1.8 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. - Доступ из локальной	+	-	-

	сети Мурман. гос. техн. ун-та. - Загл. с экрана			
<b>Дополнительная литература</b>				
6	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
7	<b>Комаров, Г. А.</b> Теплотехника. Разд. 1. Техническая термодинамика : учеб. пособие для специальностей 2709 "Технология рыбных продуктов", 552400 "Технология продуктов питания" / Г. А. Комаров; Ком. Рос. Федерации по рыболовству, МГАРФ. - Мурманск : Изд-во МГАРФ, 1994. - 140 с. - ISBN 5-86185-031-3	-	+	58
8	<b>Комаров, Г. А.</b> Теплотехника. Раздел 2. Основы теории теплообмена : учеб. пособие / Г. А. Комаров; МГАРФ. - Мурманск : Изд-во МГАРФ, 1995. - 91 с.	-	+	40
9	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

**Тема 1. Введение. Классификация и характеристика процессов пищевой технологии.** Основные понятия и определения. Законы науки о процессах и аппаратах; основные положения теории подобия, числа подобия, критериальные уравнения, теоремы подобия.

**Тема 2. Механические процессы.** Измельчение. Физические основы измельчения. Виды и способы измельчения. Классификация измельчительного оборудования. Сортирование. Машины для просеивания, фракционирования, сортирования. Основы теории обработки пищевых продуктов давлением. Оборудование для обработки пищевых масс давлением. Перемешивание. Критерии эффективности процесса перемешивания. Конструкции мешалок. Устройства для перемешивания. Расчет перемешивающих устройств.

**Тема 3. Гидромеханические процессы.** Насосы и вентиляторы. Насосы динамического действия. Насосы объемного действия. Выбор насосов и вентиляторов. Классификация неоднородных систем. Методы разделения

неоднородных систем. Осаждение в гравитационном поле. Кинетика осаждения. Конструкции отстойников. Осаждение в поле центробежных сил. Сущность процесса. Фактор разделения. Циклоны. Расчет циклонов. Центробежное отстаивание. Центрифуги. Сепараторы. Осаждение в поле электрических сил. Электрофильтр. Взвешенный слой. Условия получения взвешенного слоя. Гидродинамические характеристики взвешенного слоя. Скорость витания частиц. Аппараты с псевдооживленным слоем. Фильтрование. Теория фильтрации. Фильтрация при постоянном давлении. Фильтрация при постоянной скорости. Центробежное фильтрование. Конструкции фильтров и центрифуг. Мембранные процессы. Мембранные аппараты.

**Тема 4. Тепловые процессы.** Основные понятия. Нагревание и охлаждение. Конденсация и кипение. Уравнения теплового баланса процессов. Теплообменники. Классификация и устройство теплообменных аппаратов. Требования, предъявляемые к теплообменным аппаратам. Определение поверхности теплообмена. Способы интенсификации процессов теплообмена. Выпаривание. Теоретические основы процесса выпаривания. Материальный и тепловой балансы выпаривания. Классификация и устройство выпарных аппаратов.

**Тема 5. Массообменные процессы.** Классификация массообменных процессов. Основные законы массопередачи. Равновесие между фазами. Молекулярная и конвективная диффузия. Аппараты для проведения массообменных процессов. Кристаллизация. Сушка. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Кинетика сушки. Динамика сушки. Кривые сушки и скорости сушки. Классификация и схемы сушилок. Копчение и вяление. Сорбция. Основные сведения. Абсорбция и адсорбция. Адсорбенты и их свойства. Адсорбционные и абсорбционные установки. Перегонка и ректификация. Понятие о дефлегмации. Ректификация. Аппараты для проведения перегонки и ректификации. Экстрагирование. Классификация и конструкции экстракторов.

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

**Экзамен после выполнения и защиты практических и контрольной работ.**