



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

(подпись)

Капустина А.А.

(ФИО)



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей, неорганической и
элементоорганической химии

Капустина А.А.

(ФИО.)

«29» января 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты химической технологии

Направление – 04.03.01 Химия

Профиль "Фундаментальная химия»

Форма подготовки (очная)

курс 2 семестр 4

лекции 36 час.

практические занятия 54 час.

семинарские занятия 0 час.

лабораторные работы 0 час.

в том числе с использованием МАО лек. 18 час / пр. 0 час. / лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 90 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 18 час.

в том числе на подготовку к экзаменам 0 час.

контрольные работы 4

курсовая работа не предусмотрена

зачет 4 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 17 июля 2017г. №671.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Общей, неорганической и элементоорганической химии ШЕН протокол № 14 от «01» июля 2019 г.

Заведующий кафедрой Реутов В.А.

Составитель: Реутов В.А.

Владивосток

2020

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « _____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Целью курса является формирование глубокого понимания сущности основных физических и химических процессов химической технологии, знакомства с наиболее распространенными конструкциями химической аппаратуры и методами их расчета.

Задачи:

- Формирование знаний о теоретических основах процессов химической технологии, механизмах типовых процессов, методах их математического описания и расчета.
- Формирование знаний о конструкциях аппаратов для проведения химико-технологических процессов, методов расчета их основных размеров.
- Раскрытие сущности процессов, происходящих в промышленных аппаратах.
- Обучение технологии получения конечного результата при решении практических задач – выбора оптимальных режимных параметров протекающих процессов, выбора принципиальных схем аппаратов и машин для осуществления химико-технологических процессов, расчета соответствующих аппаратов.

Для успешного изучения дисциплины "Процессы и аппараты химической технологии" у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- готовностью применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования;
- способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций).

	конструкторские работы и технологические испытания	ПК-5.2. Составляет обзор литературных источников по заданной теме физической и аналитической химии, оформляет отчеты о выполненной работе по специальным главам физической и аналитической химии по заданной форме	40.043 40.044 40.105
--	--	---	----------------------------

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины "Процессы и аппараты химической технологии" применяются следующие методы активного / интерактивного обучения: лекция-беседа, проблемная лекция.

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Модуль 1. Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии (3 час.)

Тема 1. Классификация химико-технологических процессов (2 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа

Непрерывные и периодические процессы.

Стационарные и нестационарные процессы.

Теория явлений переноса. Основы теории переноса количества движения, энергии, массы.

Основные принципы составления математических описаний, анализа и расчета процессов и аппаратов.

Тема 2. Основы теории подобия (1 час.)

Методы исследования процессов и аппаратов химической технологии.

Использование методов получения обобщенных переменных.

Принципы подобия и анализа размерностей, их применение при постановке опытов на модельных системах и установках, обработке и обобщении экспериментальных результатов.

Модуль 2. Механические процессы (3 час.)

Тема 1. Перемещение твердых материалов (1 час.)

Классификация подъемно-транспортных устройств. Устройства непрерывного транспорта для горизонтального перемещения. Устройства непрерывного транспорта для вертикального и смешанного перемещения.

Тема 2. Измельчение твердых материалов (1 час.)

Измельчение твердых тел. Основные виды измельчающих машин. Основы технологического расчета.

Тема 3. Классификация материалов (1 час.)

Ситовый анализ. Гранулометрический состав. Грохочение. Элементы технологического расчета грохотов. Прочие способы классификации материалов. Дозирование и смешивание твердых материалов.

Модуль 3. Гидродинамические процессы (9 час.)

Тема 1. Основы гидравлики (2 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа

Жидкости: капельные и упругие жидкости. Основные свойства жидкостей

Тема 2. Основы гидромеханики. Общие сведения, предмет гидромеханики (1 час.)

Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия и распределение давления в покоящихся средах.

Гидродинамика. Гидродинамические режимы течения. Критерий Рейнольдса и его критические значения. Основные уравнения гидродинамики. *Основные уравнения движения жидкостей.* Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Уравнения Эйлера и Навье-Стокса.

Тема 3. Течение в трубах и каналах (1 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа

Уравнение постоянства расхода. Распределение скоростей по сечению трубы.

Уравнение Бернулли. Практические приложения уравнения Бернулли. Гидравлическое сопротивление при течении жидкостей.

Подобие течений в трубах и каналах. Проектный расчет диаметра трубопроводов или аппаратов, выбор оптимальных значений скоростей потоков.

Тема 4. Перемещение жидкостей и газов по трубопроводам и сетям с помощью машин, повышающих давление (1 час.).

Перемещение жидкостей насосами. Расчет напора и потребляемой мощности, подбор двигателя к насосу. Компрессорные машины и вакуум-насосы.

Вращательное движение жидкости. Распределение давления во вращающейся жидкости. Принцип действия центробежных насосов, циклонов и гидроциклонов, центрифуг.

Тема 5. Течение жидкостей и газов через слой зернистого материала (1 час.)

Движение тел в жидкостях (обтекание их сплошной средой). Основы теории осаждения. Расчет скоростей свободного и стесненного осаждения.

Течение через неподвижные зернистые слои. Гидравлическое сопротивление слоя. Гидродинамика псевдооживленных (кипящих) слоев.

Тема 6. Пленочное течение жидкостей (1 час.)

Пленочное гравитационное течение жидкости по твердой поверхности, режимы течения пленки. Режимы течения потоков в насадочных колоннах. Гидравлическое сопротивление насадочных колонн.

Тема 7. Перемешивание в жидких средах (1 час.)

Использование процессов перемешивания для образования гетерогенных систем и интенсификация процессов тепло- и массообмена. Расчет затрат энергии на перемешивание.

Тема 8. Разделение гетерогенных смесей. Классификация жидких и газовых гетерогенных систем (1 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа

Суспензии, эмульсии, пены, пыли, туманы. Использование гидромеханических процессов для их разделения в технологических целях. Основные принципы, на которых базируются методы разделения гетерогенных систем.

Разделение гетерогенных смесей. Отстаивание. Процессы отстаивания и устройство отстойников для суспензий, эмульсий и пылей, работающих под действием силы тяжести. Устройство и действие циклонов, гидроциклонов, отстойных центрифуг, сепараторы для отделения брызг жидкости от газа.

Разделение гетерогенных смесей. Фильтрование. Фильтрование суспензий и очистка газов от пылей на фильтрах. Классификация и устройство основных типов фильтров. Схемы фильтровальных установок.

Модуль 4. Тепловые процессы и аппараты химической технологии (7 час.)

Тема 1. Основные тепловые процессы в химической технологии (2 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа

Нагревание и охлаждение, конденсация паров и испарение жидкостей. Расход теплоносителей, тепловой баланс как частный случай энергетического баланса.

Тема 2. Основы теплопередачи (1 час.)

Стационарный и нестационарный перенос теплоты. Теплопроводность и температуропроводность твердых материалов, жидкостей и газов. Дифференциальное уравнение теплопроводности (уравнение Фурье).

Конвективный перенос теплоты. Тепловое подобие, безразмерные переменные. Расчет коэффициентов теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции.

Радиантный теплоперенос.

Тема 3. Теплопередача в аппаратах химических производств (1 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа

Теплопередача в поверхностных теплообменниках через плоские и цилиндрические стенки. Коэффициенты теплопередачи, аддитивность термических сопротивлений. Средняя движущая сила теплопередачи, влияние взаимного направления движения теплоносителей.

Тема 4. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре (1 час.)

Классификация способов подвода и отвода теплоты. Требования, предъявляемые к теплоносителям, их сравнительные характеристики и области применения.

Тема 5. Теплообменные установки и аппараты (2 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа

Теплообменные аппараты, их классификация. Основные типы поверхностных теплообменников, теплообменные устройства химических реакторов. Расчет основных размеров теплообменных аппаратов и оптимальных режимов их работы. Проектный и поверочный расчет.

Классификация и основные конструктивные типы выпарных аппаратов.

Модуль 5. Массообменные процессы и аппараты химической технологии (14 час.)

Тема 1. Классификация массообменных процессов (2 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа

Наиболее распространенные массообменные процессы химической технологии: абсорбция и десорбция, дистилляция, жидкостная экстракция, сушка твердых материалов, адсорбция и ионный обмен, растворение и экстрагирование из твердого (выщелачивание) вещества, кристаллизация, мембранное разделение жидких и газовых смесей.

Классификация процессов массообмена.

Тема 2. Основы массопередачи (2 час.)

Массопередача и массоотдача. Молекулярная диффузия. Конвективный массоперенос. Коэффициенты массоотдачи и ее движущие силы. Диффузионное (массообменное) подобие

Массопередача между двумя фазами. Коэффициент массопередачи, движущая сила, их физический смысл, соотношение между коэффициентами массопередачи и массоотдачи.

Фазовые равновесия, коэффициенты распределения, селективность и обратимость процессов.

Тема 3. Массообмен в аппаратах химических производств (3 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа, проблемная лекция

Материальный баланс непрерывного установившегося процесса при различных способах выражения составов фаз и их расходов, уравнения рабочих линий.

Расчет потребного поперечного сечения (диаметра) колонны, предельно допустимая и экономически оптимальная скорости сплошной фазы. Расчет высоты аппаратов с непрерывным контактом фаз с использованием объемных коэффициентов массопередачи или метода единиц переноса. Расчет числа ступеней аппаратов со ступенчатым контактом.

Анализ массообменных процессов и расчет аппаратов методом «теоретических ступеней». Определение (численное и графоаналитическое) числа теоретических ступеней, использование понятий высоты, эквивалентной теоретической ступени, среднего коэффициента полезного действия ступени при расчетах аппаратов с непрерывным и ступенчатым контактом фаз соответственно.

Тема 4. Массообменные процессы и аппараты. Абсорбционные и экстракционные аппараты и установки (2 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа, проблемная лекция

Общие принципы устройства и классификация аппаратов для массообменных процессов в системах "газ(пар)-жидкость" и "жидкость-жидкость". Особенности конструкций абсорберов и экстракторов.

Основные типы абсорберов и экстракторов.

Тема 5. Массообменные процессы и аппараты. Дистилляция и ректификация (3 час.)

Метод активного обучения – лекция-беседа, проблемная лекция

Дистилляция. Парожидкостное равновесие для систем с полной и ограниченной взаимной растворимостью. Расчет равновесия для идеальных бинарных смесей.

Простая и фракционная перегонка, перегонка с дефлегмацией. Ректификация.

Особые виды перегонки.

Тема 6. Массообменные процессы с участием твердой фазы (2 час.)

Элементы массопередачи в системах с твердой фазой. Физические модели и механизмы переноса массы в пористых твердых телах и обтекающем их потоке, внутреннее и внешнее сопротивления массопереносу.

Сушка твердых материалов. Методы сушки.

Тема 7. Мембранные процессы и аппараты (1 час.)

Общие сведения о мембранных процессах. Типы мембран. Основные конструкции мембранных аппаратов.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические работы (54 час.)

Методы активного обучения, применяемые на лабораторном практикуме: работа в малых группах (36 час.).

Практическая работа № 1. Измельчение твердого материала на вибромельнице, ситовый анализ сыпучих материалов (3 час.)

Практическая работа № 2. Измельчение твердого материала на шаровой мельнице, ситовый анализ сыпучих материалов (3 час.)

Практическая работа № 3. Измерение удельной поверхности сыпучих материалов и катализаторов по сопротивлению фильтрации воздуха через слой (3 час.)

Практическая работа № 4. Кинетика фильтрации (3 час.)

Практическая работа № 5. Осаждение взвесей (3 час.)

Практическая работа № 6. Режимы течения жидкостей (3 час.)

Практические работы №№ 7-8. Местные сопротивления трубопроводов (6 час.)

Практическая работа № 9. Расчет сопротивления трубопровода и мощности насоса средствами Excel (3 час.)

Практическая работа № 10. Определение коэффициента теплоотдачи горизонтального цилиндра при внешней естественной конвекции воздуха (3 час.)

Практическая работа № 11. Изучение процесса теплопередачи в теплообменнике «труба в трубе» (3 час.)

Практическая работа № 12. Изучение процесса теплопередачи в кожухотрубном теплообменнике (3 час.)

Практические работы №№ 13-14. Расчет теплообменника средствами Excel (6 час.)

Практическая работа № 15. Простая перегонка. Построение кривой разгонки бинарной смеси (3 час.)

Практическая работа № 16. Ректификации бинарной смеси (3 час.)

Практическая работа № 17. Сушка сыпучих материалов (3 час.)

Практическая работа № 18. Экстракция (3 час.)

Под самостоятельной работой студента понимается часть учебной планируемой работы, которая выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, без его непосредственного участия. Самостоятельная работа направлена на усвоение системы научных и профессиональных

знаний, формирование умений и навыков, приобретение опыта самостоятельной творческой деятельности.

Самостоятельная работа студентов включает в себя подготовку к практическим работам, описание проделанной экспериментальной работы с приведением расчетов, графиков, таблиц и выводов, подготовка к защите теории по работе, самоконтроль знаний по теме работы с помощью вопросов к каждой работе.

Для качественного выполнения практических работ каждый студент должен заранее подготовиться к очередной работе. Подготовка складывается из изучения цели, задач и содержания практической работы, повторения теоретического материала, относящегося к работе, и теоретическом ознакомления со свойствами химических веществ до выполнения работы. Результаты подготовки отражаются студентами в рабочих тетрадях, куда записываются перечень необходимых измерительных приборов и аппаратура, план выполнения практической работы, расчетные формулы и зарисовываются схемы установок, таблицы для записи опытных и расчетных данных. Все записи в рабочих тетрадях как при подготовке к работе, так и в процессе выполнения ее должны вестись аккуратно.

В начале занятия преподаватель путем опроса и ознакомления с записями в рабочих тетрадях проверяет подготовленность каждого студента. Не подготовленные студенты к выполнению практической работы не допускаются.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

п/п	Дата/сроки выполнения,	Вид самостоятельной	Примерные нормы времени	Форма контроля
------------	-------------------------------	----------------------------	--------------------------------	-----------------------

	неделя	работы	на выполнение, час	
1.	1-2	Изучение теоретического материала Подготовка к выполнению лабораторной работы № 1	2	Опрос перед началом занятия. Прием отчета о выполнении практической работы.
2.	3-4	Изучение теоретического материала Подготовка к выполнению лабораторной работы № 2	2	Опрос перед началом занятия. Прием отчета о выполнении практической работы.
3.	5-6	Изучение теоретического материала Подготовка к выполнению лабораторной работы № 3	2	Опрос перед началом занятия. Прием отчета о выполнении практической работы.
4.	7-8	Изучение теоретического материала Подготовка к выполнению лабораторной работы № 4	2	Опрос перед началом занятия. Прием отчета о выполнении практической работы.
5	9-10	Изучение теоретического материала Подготовка к выполнению лабораторной работы № 5	2	Опрос перед началом занятия. Прием отчета о выполнении практической работы.
6.	11-12	Изучение теоретического материала Подготовка к выполнению лабораторной работы № 6	2	Опрос перед началом занятия. Прием отчета о выполнении практической работы.
7	13-14	Изучение теоретического материала Подготовка к выполнению лабораторной работы № 7	2	Опрос перед началом занятия. Прием отчета о выполнении практической работы.
8	15-18	Изучение теоретического материала Подготовка к выполнению лабораторной работы № 8-9	4	Опрос перед началом занятия. Прием отчета о выполнении практической работы.
Итого:			18	

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Методические рекомендации для подготовки к вопросам по лабораторным работам

Большая часть учебного материала должна быть проработана студентом

самостоятельно, вне аудиторных занятий. Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой составной частью процесса подготовки специалистов.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

Подготовка к практическим работам оценивается в ходе устного опроса по пятибалльной системе.

Отчеты по практическим работам составляются студентами индивидуально и защищаются устно, оцениваются по пятибалльной системе.

Отчеты по практическим работам представляются в рукописном варианте или в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет по работе должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, уравнения реакций, таблицы, список литературы, расчеты и т. д.

Структурно отчет по практической работе, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

Титульный лист – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для практических работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета).

Исходные данные к выполнению заданий – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.).

Основная часть – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных.

Выводы – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы).

Список литературы – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии).

Оформление отчета по практической работе (в случае оформления его в электронной форме). Отчет по практической работе относится к категории

«письменная работа», оформляется по правилам оформления письменных работ студентами ДВФУ.

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- интервал межстрочный – полуторный;
- шрифт – Times New Roman;
- размер шрифта - 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- выравнивание текста – «по ширине»;
- поля страницы - левое – 25-30 мм., правое – 10 мм., верхнее и нижнее – 20 мм.;
- нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы, арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).
- режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все приложения включаются в общую в сквозную нумерацию страниц работы.

Критерии оценки самостоятельной работы

Подготовка к практическим работам оценивается в ходе устного опроса по пятибалльной системе.

Отчеты по лабораторным работам составляются студентами индивидуально и защищаются устно, оцениваются по пятибалльной системе.

По теме для самостоятельного изучения студенты опрашиваются устно на консультациях согласно графику, оцениваются по пятибалльной системе.

Оценка «Отлично»

- А) Задание выполнено полностью.
- Б) Отчет/ответ составлен грамотно.
- В) Ответы на вопросы полные и грамотные.
- Г) Материал понят, осознан и усвоен.

Оценка «Хорошо»

- А), Б) - те же, что и при оценке «Отлично».
- В) Неточности в ответах на вопросы, которые исправляются после уточняющих вопросов.
- Г) Материал понят, осознан и усвоен.

Оценка «Удовлетворительно»

- А), Б) - те же, что и при оценке «Отлично».
- В) Неточности в ответах на вопросы, которые не всегда исправляются после уточняющих вопросов.
- Г) Материал понят, осознан, но усвоен не достаточно полно.

Оценка «Неудовлетворительно»

- А) Программа не выполнена полностью.
- Б) Устный отчет и ответы на вопросы не полные и не грамотные.
- В) Материал не понят, не осознан и не усвоен.

Методические рекомендации для подготовки к зачету

Подготовка к зачету – вид самостоятельной работы студента, который осуществляется весь период обучения и включает в себя все виды самостоятельной работы.

Изучение теоретической части дисциплин призвано не только углубить и закрепить знания, полученные на аудиторных занятиях, но и способствовать развитию у студентов творческих навыков, инициативы и организовать свое время.

Самостоятельная работа при изучении дисциплин включает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- знакомство с Интернет-источниками;
- подготовку к различным формам контроля (тесты, контрольные работы, коллоквиумы);
- подготовку и написание рефератов;
- выполнение контрольных работ;
- подготовку ответов на вопросы по различным темам дисциплины в той последовательности, в какой они представлены.

Планирование времени, необходимого на изучение дисциплин, студентам лучше всего осуществлять весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение материала.

Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях.

При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.

При подготовке к контрольной работе необходимо прочитать соответствующие страницы основного учебника. Желательно также чтение дополнительной литературы. При написании контрольной работы ответ следует иллюстрировать схемами.

При выполнении самостоятельной работы по написанию реферата студенту необходимо: прочитать теоретический материал в рекомендованной литературе, периодических изданиях, на Интернет-сайтах; творчески переработать изученный материал и представить его для отчета в форме реферата, проиллюстрировав схемами, диаграммами, фотографиями и рисунками.

Тексты контрольных работ и рефератов должны быть изложены внятно, простым и ясным языком.

При ответе на экзамене необходимо: продумать и четко изложить материал; дать определение основных понятий; дать краткое описание явлений; привести примеры. Ответ следует иллюстрировать схемами, рисунками и графиками.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии	ПК-1 ПК-4 ПК-5	Знает	домашняя работа, защита теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	зачет (вопросы 1-5)
			Умеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	
			Владеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	
2	Механические процессы	ПК-1 ПК-4 ПК-5	Знает	домашняя работа, защита теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	зачет (вопросы 6-13)
			Умеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	
			Владеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	
3	Гидродинамические процессы	ПК-1 ПК-4 ПК-5	Знает	домашняя работа, защита теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	зачет (вопросы 14-86)
			Умеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	
			Владеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	
4	Тепловые процессы и аппараты химической технологии	ПК-1 ПК-4 ПК-5	Знает	домашняя работа, защита теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	зачет (вопросы 87-107)
			Умеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	
			Владеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	
5	Массообменные процессы и аппараты химической технологии	ПК-1 ПК-4 ПК-5	Знает	домашняя работа, защита теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	зачет (вопросы 108-135)
			Умеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	

			работам (УО-1)	
		Владеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	

Контрольные и методические материалы, а также критерии и показатели необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в фонде оценочных средств.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для химико-технологических специальностей вузов / А. Г. Касаткин. – М. : Альянс, 2014. – 750 с. (22 экз.)
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:776753&theme=FEFU>

2. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для химико-технологических специальностей вузов : в 2 кн. / Ю. И. Дытнерский. – Изд. 3-е. – М. : Альянс, 2015. – Кн. 1-2. (17 экз.)
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:776771&theme=FEFU>,
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:777122&theme=FEFU>

3. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / Г. С. Борисов и др. ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Альянс, 2015. – 493 с. (13 экз.)
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:776854&theme=FEFU>

4. Гидравлика : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, А. Г. Коваленко, И. В. Кудинов ; под ред. В. А. Кудинова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 386 с. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/book/gidravlika-399550>

5. Гусев, А. А. Гидравлика : учебник для академического бакалавриата / А. А. Гусев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 285 с. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/book/gidravlika-389835>

6. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под ред. В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 308 с. – Режим доступа: <https://www.biblio->

[online.ru/book/teplotehnika-v-2-t-tom-1-termodinamika-i-teoriya-teploobmena-390279](https://www.biblio-online.ru/book/teplotehnika-v-2-t-tom-1-termodinamika-i-teoriya-teploobmena-390279)

7. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 2. Энергетическое использование теплоты : учебник для бакалавриата и магистратуры / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под ред. В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. – М. : Издательство Юрайт, 2016. – 198 с. – Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru/book/teplotehnika-v-2-t-tom-2-energeticheskoe-ispolzovanie-teploty-393913>

Дополнительная литература

(электронные и печатные издания)

1. Плановский, А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии : учебник для вузов : изд. 3-е , испр. и доп. / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – М. : Химия, 1987. – 496 с. (4 экз.)

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:246468&theme=FEFU>

2. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под ред. П. Г. Романкова. - Изд. 10-е, перераб. и доп. – М. : Альянс, 2013. – 575 с. (5 экз.)

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:776761&theme=FEFU>

3. Романков, П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс] : Учеб.пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. – 3-е изд., испр. – СПб. : ХИМИЗДАТ, 2010. – 544 с. – Режим доступа:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081826.html>

4. Фролов, В. Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» [Электронный ресурс] / В. Ф. Фролов. – СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. – 608 с. <http://www.iprbookshop.ru/67349.html>

5. Бородулин, Д. М. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. М. Бородулин, В. Н. Иванец. – Кемерово : КемГУ, 2007. – 168 с. – Режим доступа:

<https://e.lanbook.com/book/4614> ; <http://www.iprbookshop.ru/14388.html>

6. Баранов, Д. А. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. А. Баранов. – СПб. : Лань, 2018. — 408 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98234>.

7. Разинов, А. И. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. И. Разинов, А. В. Клинов, Г. С. Дьяконов. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017. – 860 с. – Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/75637.html>

8. Фролов, В. Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» [Электронный ресурс] / В. Ф. Фролов. – СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. – 608 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67349.html>

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети
«Интернет»**

1. <http://www.chem.msu.su/rus/weldept.html> – Сайт Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова;
2. <http://www.pxy.ru/> – Сайт Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева;
3. http://www.unn.ru/chem/ism/library-edu_lit.php – Библиотека «Учебные материалы» НГУ.
4. <http://e.lanbook.com/> – Электронно-библиотечная система;
5. <http://www.studentlibrary.ru/> – Студенческая электронная библиотека;
6. <http://znanium.com/> – Электронно-библиотечная система;
7. <http://www.nelbook.ru/> – Электронная библиотека;

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение курса должно вестись систематически и сопровождаться составлением подробного конспекта лекций и конспекта материалов для самостоятельной проработки. Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендованную литературу. Регулярно отводите время для повторения материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Особое внимание следует уделить выполнению практических работ. Проведению практических работ предшествует проверка теоретической подготовленности обучающихся. Оценивание практических работ проводится дифференцированно (по пятибалльной системе) и при определении оценок за семестр рассматривается как один из основных показателей текущего учета знаний.

При самостоятельной работе с учебниками и учебными пособиями рекомендуется придерживаться определенной последовательности. Читая и конспектируя тот или иной раздел учебника, необходимо твердо усвоить основные определения, понятия и классификации. Формулировки определений и основные классификации надо знать на память. После усвоения соответствующих понятий и закономерностей следует найти примеры их практического применения. Данный подход позволит качественно подготовиться к практическим работам и выполнить домашние задания.

Текущий контроль осуществляется в виде выполнения отчетов по практическим работам, участия в дискуссиях на практических занятиях и устных ответов на контрольные вопросы в ходе рубежного контроля, что позволяет оценить степень освоения студентами отдельных тем дисциплины. Промежуточная аттестация проводится в тестовой форме.

Подготовка к промежуточной аттестации осуществляется в следующем порядке: ознакомление с перечнем контрольных вопросов к зачету; повторение лекционного материала и конспектов; консультация с преподавателем по вопросам, в которых студент не смог разобраться самостоятельно.

Приступить к освоению дисциплины следует в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы учебной дисциплины (РПУД). Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, результаты которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все аудиторные и самостоятельные задания необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с планом-графиком.

Использование материалов учебно-методического комплекса

Для успешного освоения дисциплины следует использовать содержание разделов учебно-методического комплекса дисциплины (УМКД): рабочей программы, лекционного курса, материалов практических занятий, методических рекомендаций по организации самостоятельной работы студентов, глоссария, перечня учебной литературы и других источников информации, контрольно-измерительных материалов (тесты, опросы, вопросы зачета), а также дополнительных материалов.

Рекомендации по подготовке к лекционным и практическим занятиям

Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие студентов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний.

При изучении и проработке теоретического материала студентам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники. В случае, если возникли

затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

Основной целью проведения практических занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к практическим занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;
- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

При подготовке к текущему контролю использовать материалы РПУД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

При подготовке к промежуточной аттестации, использовать материалы РПУД (Приложение 2. Фонд оценочных средств).

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Проведение лекций с использованием мультимедийной аппаратуры для демонстрации иллюстративного материала.

Практические занятия проводятся в специализированной лаборатории по процессам и аппаратам химической технологии, которая укомплектована необходимым набором оборудования, с применением которого студенты знакомятся в ходе выполнения практических заданий:

Аквадистиллятор электрический, аптечный ДЭ-4-02 "ЭМО" 2007 г

Весы электронные, лабораторные MW-2 CAS, Explorer Pro EP 4102C

Встряхивающее устройство с подогревом ЛАБ-ПУ-01 (8 кг)

Вибрационная мельница ВМ-4

Вибрационный грохот Analisette 3 Fritsch Germany

Колбонагреватели LAB-FH-1000Euro, LAB-FH-500Euro, ЛАБ-КН-250LOIP

Магнитная мешалка с подогревом до 300 °С MR-3001 Heidolph Германия

Мельница ИКА для тонкого измельчения MF 10

Набор сит для грунта d=200 мм с поддоном и крышкой

Термостаты жидкостные ЛАБ-ТЖ-ТС-01/8-100, ЛАБ-ТЖ-ТС-01/16-150

Электроплитка с регулятором- ЭПШ-1-0,8/220 4 Россия, 2009 г-2 шт.

Лиофильная сушилка (настольная), модель FreeZone 4.5 Cascade

Фотоэлектроколориметр КФК-3

Цифровой лабораторный измеритель плотности жидкостей ВИП-2

Сушильный шкаф TR 120

Универсальная перегонная установка IC18DV/92 (Didacta, Италия)

Система лабораторного оборудования для изучения принципов теплообмена N60D (Didacta, Италия)

VIII. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Паспорт ФОС

№п/ п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии	ПК-1 ПК-4 ПК-5	Знает	домашняя работа, защита теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	зачет (вопросы 1-5)
			Умеет	сдача теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	
			Владеет	сдача теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	
2	Механические процессы	ПК-1 ПК-4 ПК-5	Знает	домашняя работа, защита теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	зачет (вопросы 6-13)
			Умеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	
			Владеет	сдача теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	
3	Гидродинамические процессы	ПК-1 ПК-4 ПК-5	Знает	домашняя работа, защита теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	зачет (вопросы 14-86)
			Умеет	сдача теории и отчетов по лабораторным работам (УО-1)	
			Владеет	сдача теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	
4	Тепловые процессы и аппараты химической технологии	ПК-1 ПК-4 ПК-5	Знает	домашняя работа, защита теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	зачет (вопросы 87-107)
			Умеет	сдача теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	
			Владеет	сдача теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	
5	Массообменные процессы и аппараты химической	ПК-1 ПК-4 ПК-5	Знает	домашняя работа, защита теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	зачет (вопросы 108-135)

	технологии		Умеет	сдача теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	
			Владеет	сдача теории и отчетов по практическим работам (УО-1)	

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Задача ПД	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (ПС, анализ опыта)
Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский			
Осуществление вспомогательной научно-исследовательской деятельности по решению фундаментальных задач химической направленности; разработка веществ и материалов, создание новых видов химической продукции	ПК-1 Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	ПК-1-1. Планирует отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР ПК-1-2. Готовит элементы документации, проекты планов и программ отдельных этапов НИР ПК-1-3. Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИР ПК-1-4. Готовит объекты исследования	Анализ опыта, ПС: 19.002 26.003 26.014 40.011 40.012 40.033 40.136
Тип задач профессиональной деятельности: технологический			
Контроль качества сырья и готовой продукции метрология, паспортизация и сертификация продукции; диагностика материалов и оборудования	ПК-4 Способен осуществлять контроль качества сырья, компонентов и выпускаемой продукции химического назначения, проводить паспортизацию товарной продукции	ПК-4-1. Знает стандартные операции работы на высокотехнологическом оборудовании и правила составления протоколов испытаний ПК-4-2. Умеет выполнять стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства ПК-4-3. Способен составлять протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе по заданной форме	ПС: 19.002 20.027 23.041 24.020 24.028 24.030 26.001 26.006 26.009 26.011 26.013 40.010 40.012 40.022 40.043 40.044 40.060 40.085

			40.105 40.133 40.139
Осуществление вспомогательной научно-исследовательской деятельности	ПК-5. Способен оказывать информационную поддержку специалистам, осуществляющим научно-конструкторские работы и технологические испытания	ПК-5.1. Владеет навыками поиска необходимой информации в профессиональных базах данных о физико-химических свойствах веществ и аналитических методах (в т.ч., патентных) ПК-5.2. Составляет обзор литературных источников по заданной теме физической и аналитической химии, оформляет отчеты о выполненной работе по специальным главам физической и аналитической химии по заданной форме	ПС: 19.002 24.028 26.001 26.006 26.014 40.043 40.044 40.105

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Промежуточная аттестация студентов. Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

1 Вопросы к зачету

Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии

- 1 Цель, предмет и задачи курса процессов и аппаратов. Понятие процесса и технологии.
- 2 Классификация основных процессов химической технологии (в зависимости от законов, определяющих скорость их протекания; по способу организации; в зависимости от изменения параметров во времени).
- 3 Основы теории переноса количества движения, энергии, массы.
- 4 Основы теории подобия: виды подобия.
- 5 Основы теории подобия: теоремы подобия.

Механические процессы

- 6 Классификация механических процессов химической технологии.
- 7 Классификация устройств для перемещения твердых материалов.

- 8 Процесс измельчения. Способы измельчения. Классификация методов измельчения.
- 9 Устройство и принцип действия машин и аппаратов для измельчения.
- 10 Крупное, среднее и мелкое дробление. Тонкое и сверхтонкое измельчение.
- 11 Классификация материалов. Ситовая классификация материалов и ситовой анализ. Способы грохочения, типы грохотов.
- 12 Устройство и принцип действия машин и аппаратов для классификации материалов.
- 13 Дозирование и смешивание материалов. Смесители. Дозаторы.

Гидравлика и гидравлические машины. Гидромеханические процессы

- 14 Идеализированные модели структуры потоков. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов. Материальный и энергетический балансы.
- 15 Движущая сила, скорость и интенсивность процесса. Основное уравнение процесса.
- 16 Гидростатика и предмет ее изучения. Понятие идеальной и реальной жидкости, их свойства. Капельные и упругие жидкости. Физические свойства жидкостей.
- 17 Классификация сил, действующих в жидкости. Гидростатическое давление и его свойства, единицы измерения в системе СИ.
- 18 Понятие абсолютного, внешнего (атмосферного), избыточного давления и величины вакуума. Физические и технические атмосферы, соотношения между различными единицами давления.
- 19 Основное уравнение гидростатики, его геометрическая и энергетическая интерпретация.
- 20 Уравнение Паскаля. Давление на дно и стенку сосуда.
- 21 Практические приложения основного уравнения гидростатики: принцип сообщающихся сосудов, пневматический измеритель уровня, работа гидравлического пресса.
- 22 Гидродинамика и предмет ее изучения. Внутренняя, внешняя и смешанная задачи гидродинамики. Понятие вязкости, мгновенной и средней скорости, расхода жидкости, единицы их измерения в системе СИ. Уравнения расхода.
- 23 Уравнение неразрывности (сплошности) потока.
- 24 Опыты Рейнольдса, режимы движения жидкостей и их характеристика, понятие эквивалентного диаметра и его расчет.
- 25 Дифференциальные уравнения движения идеальной жидкости Л.Эйлера.

- 26 Уравнение Д.Бернулли для идеальной жидкости (вывод), геометрический и энергетический смысл членов этого уравнения.
- 27 Уравнение Д.Бернулли для реальной жидкости, его физическая и геометрическая интерпретации.
- 28 Использование уравнения Бернулли для расчета процесса истечения жидкости из отверстия при постоянном уровне заполнения.
- 29 Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Понятие местного сопротивления, типы местных сопротивлений, расчет потерь напора и давления на местных сопротивлениях.
- 30 Режимы трения жидкостей и их характеристика. Понятие абсолютной и относительной шероховатости, гладкости трубопровода. Расчет потерь напора и давления на трение.
- 31 Основы теории подобия, ее преимущества. Физическое и математическое моделирование. Условия и теоремы подобия.
- 32 Геометрическое, физическое, временное подобие. Подобие начальных и граничных условий. Понятие коэффициента подобия, инвариантов, симплексов и критериев подобия.
- 33 Подобие гидродинамических процессов. Обработка уравнения Навье-Стокса методом анализа размерностей. Критерии гидродинамического подобия. Обобщенное критериальное уравнение.
- 34 Классификация насосов. Основные параметры насоса: подача, напор, потребляемая мощность, КПД.
- 35 Схема насосной установки и ее описание. Напор, создаваемый насосом для проектируемой и действующей установки. Расчет напора по показаниям манометра и вакуумметра.
- 36 Расчет предельно допустимой высоты всасывания насоса. Явление кавитации. Выбор насоса.
- 37 Последовательное и параллельное включение насосов. Способы регулирования подачи насосов.
- 38 Устройство и принцип действия центробежного насоса, характеристики насоса при постоянном числе оборотов. Определение рабочей точки при работе насоса на трубопровод. Формулы пропорциональности.
- 39 Осевые, вихревые и шестеренчатые насосы. Устройство и принцип действия. Преимущества и недостатки.
- 40 Поршневые насосы: классификация, устройство, принцип действия, область применения. График подачи.
- 41 Перемещение и сжатие газов. Классификация компрессорных машин.
- 42 Термодинамические основы работы компрессоров.
- 43 Индикаторная диаграмма поршневого компрессора.

- 44 Теоретическая удельная работа, затрачиваемая на сжатие газа в компрессорной машине. Подача и мощность поршневого компрессора. Объемный КПД поршневого компрессора. Число ступеней сжатия.
- 45 Гидромеханические процессы. Понятие неоднородной системы. Классификация неоднородных систем.
- 46 Цели процесса разделения неоднородных систем. Выбор методов разделения. Классификация методов разделения неоднородных систем.
- 47 Материальный баланс процесса разделения. Стесненное осаждение.
- 48 Физические основы разделения неоднородных систем под действием силы тяжести. Режимы осаждения и их характеристика.
- 49 Осаждение частиц под действием силы тяжести. Расчет скорости осаждения частиц в любом режиме, недостаток метода. Формула Стокса.
- 50 Метод Лященко. Диаграмма Лященко. Порядок расчета скорости осаждения по диаграмме Лященко.
- 51 Сущность процесса отстаивания. Схема процесса отстаивания на примере простого отстойника-сгустителя. Расчет отстойника-сгустителя.
- 52 Классификация отстойников. Устройство и принцип работы отстойников: с наклонными перегородками, с гребковой мешалкой.
- 53 Классификация отстойников. Устройство и принцип работы отстойника для разделения эмульсий.
- 54 Очистка газов. Устройство и принцип работы пылеосадительной камеры. Расчет пылеосадительной камеры.
- 55 Физическая сущность мокрой очистки газов. Способы осуществления контакта запыленного газа с жидкостью. Устройство и принцип работы скруббера Вентури.
- 56 Устройство и принцип работы полого и насадочного скрубберов. Расчет аппаратов мокрой очистки газов.
- 57 Физические основы фильтрования (понятия: фильтрата, осадка; типы фильтрующих перегородок и требования, предъявляемые к ним; типы образующихся осадков; виды фильтрования и их характеристика).
- 58 Принципиальная схема фильтрования. Классификация фильтров. Движущая сила фильтрования и способы ее создания.
- 59 Дифференциальное уравнение фильтрования. Физический смысл входящих в него величин.
- 60 Уравнение фильтрования при постоянной движущей силе процесса (вывод).
- 61 Уравнение фильтрования при постоянной скорости процесса (вывод). Уравнение фильтрования при постоянных перепаде давления и скорости процесса (вывод).

- 62 Экспериментальное определения констант сжимаемых осадков. Определение показателя сжимаемости.
- 63 Классификация конструкций фильтров. Устройство и принцип работы нутч – фильтра, характеристика стадий процесса.
- 64 Конструкции фильтров для очистки газовых систем. Устройство и принцип работы рукавного фильтра.
- 65 Расчет фильтров. Расчет периодически действующих фильтров. Устройство и принцип работы вертикального листового фильтра.
- 66 Расчет непрерывно действующих фильтров. Устройство и принцип работы барабанного вакуум-фильтра.
- 67 Физические основы электроочистки газов. Сущность метода электроосаждения. Формы электродов для создания неоднородного электрического поля.
- 68 Скорость электроосаждения. Расчет электрофильтра. Устройство и принцип работы трубчатого электрофильтра.
- 69 Принцип разделения неоднородных систем в электрофильтрах. Устройство и принцип работы пластинчатого электрофильтра.
- 70 Разделение неоднородных систем под действием центробежной силы. Скорость осаждения под действием центробежной силы.
- 71 Определение скорости центробежного осаждения при ламинарном режиме. Фактор разделения. Определение скорости центробежного осаждения по методу Лященко.
- 72 Конструкции простейшего и батарейного циклонов. Преимущества и недостатки циклонов. Расчет циклонов.
- 73 Центрифугирование. Классификация центрифуг. Фактор разделения. Принцип работы отстойных центрифуг. Приведите схему и опишите конструкцию подвесной отстойной центрифуги.
- 74 Центрифугирование. Принцип работы фильтрующих центрифуг. Приведите схему и опишите конструкцию фильтрующей центрифуги с пульсирующим поршнем.
- 75 Приведите схему и опишите конструкцию центрифуги со шнековым устройством для выгрузки осадка. Расчет центрифуг.
- 76 Применение процесса центрифугирования для разделения эмульсий. Приведите схему и опишите принцип работы тарельчатого сепаратора.
- 77 Перемешивание в жидких средах. Цели процесса перемешивания. Способы перемешивания. Интенсивность и эффективность процесса.
- 78 Механическое перемешивание. Классификация мешалок. Конструкции механических мешалок, их характеристика.

- 79 Пневматическое и циркуляционное перемешивание. Перемешивание в трубопроводах.
- 80 Определение мощности, затрачиваемой на перемешивание. Расчет рабочей мощности механической мешалки (с выводом). Расчет пусковой мощности мешалки. Расчет мощности двигателя.
- 81 Основное критериальное уравнение процесса перемешивания с модифицированными критериями подобия. Режимы перемешивания. Определение констант критериального уравнения.
- 82 Принцип псевдооживления. Достоинства и недостатки кипящего слоя. Области применения. Типы зернистых слоев.
- 83 Разновидности псевдооживленного слоя.
- 84 Основные характеристики псевдооживленного слоя.
- 85 Кривые псевдооживления. Расчет критических и оптимальной рабочей скоростей.
- 86 Основные конструкции аппаратов с псевдооживленным слоем. Расчет аппаратов с псевдооживленным слоем.

Тепловые и массообменные процессы

- 87 Три способа переноса теплоты. Физические основы теплопередачи, основные понятия и определения. Тепловые балансы.
- 88 Передача теплоты теплопроводностью. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его физический смысл, размерность.
- 89 Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности, его физический смысл, размерность.
- 90 Уравнения теплопроводности плоской и цилиндрической стенок.
- 91 Уравнения теплопроводности плоской многослойной и цилиндрической многослойной стенок.
- 92 Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана, закон Кирхгофа. Определение количества теплоты при взаимном излучении двух твердых тел.
- 93 Конвективный теплообмен. Закон теплоотдачи Ньютона. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, размерность. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи.
- 94 Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.
- 95 Тепловое подобие. Основные критерии подобия и их физический смысл. Обобщенное критериальное уравнение.
- 96 Теплоотдача при конденсации паров и кипении жидкостей.
- 97 Теплопередача как сложный вид теплообмена. Уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи, его физический смысл, размерность и расчет.

- 98 Взаимные направления движения теплоносителей. Определение средней движущей силы процесса теплопередачи при различных взаимных направлениях теплоносителей.
- 99 Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменники. Разновидности конструкций, области применения.
- 100 Классификация теплообменных аппаратов. Спиральные, пластинчатые, оросительные теплообменники. Области применения.
- 101 Нагревающие агенты и способы нагревания.
- 102 Охлаждающие агенты, способы охлаждения и конденсации.
- 103 Физические основы выпаривания. Способы выпаривания.
- 104 Однокорпусное выпаривание. Тепловой и материальный балансы.
- 105 Температурные потери и полезная разность температур. Расчет температуры кипения раствора.
- 106 Физическая сущность многокорпусного выпаривания. Определение оптимального числа корпусов выпарной установки.
- 107 Материальный и тепловой балансы многокорпусных установок.
- 108 Классификация массообменных процессов. Основные понятия и определения. Способы выражения составов фаз.
- 109 Равновесие между фазами. Линия равновесия. Правило фаз. Закон Генри. Закон Рауля.
- 110 Материальный баланс массообменного аппарата (на примере противоточного абсорбера). Уравнение рабочей линии. Направление массопередачи и движущая сила массообменного процесса.
- 111 Молекулярная диффузия. Первый и второй законы Фика. Коэффициент молекулярной диффузии, его физический смысл и от каких факторов он зависит.
- 112 Массоотдача. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
- 113 Уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи. Понятие фазовых сопротивлений.
- 114 Уравнение массопередачи при переменной движущей силе процесса. Расчет среднего значения движущей силы процесса массопередачи. Число единиц переноса.
- 115 Подобие диффузионных процессов. Критерии диффузионного подобия. Обобщенное критериальное уравнение конвективно-массообмена.
- 116 Абсорбция: физическая сущность и разновидности процесса. Закон равновесия при абсорбции. Тепловой эффект абсорбции. Материальный баланс противоточного абсорбера.
- 117 Уравнение рабочей линии противоточного абсорбера. Влияние удельного расхода абсорбента на габариты аппарата.

- 118 Классификация абсорбционных аппаратов. Конструкции поверхностных и насадочных абсорберов.
- 119 Классификация абсорбционных аппаратов. Конструкции насадочных и барботажных абсорберов. Типы тарелок.
- 120 Дистилляция и ректификация: назначение и физическая сущность процессов. Иллюстрация принципа осуществления этих процессов на диаграмме температура-состав.
- 121 Простая дистилляция. Варианты осуществления и области применения процесса. Схема установки. Материальный баланс процесса.
- 122 Физические основы непрерывной ректификации. Схема установки и ее принцип работы. Общий материальный баланс.
- 123 Схема ректификационной установки непрерывного действия и ее принцип работы. Материальный баланс верхней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций для этой части.
- 124 Схема ректификационной установки непрерывного действия и ее принцип работы. Материальный баланс нижней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций для этой части.
- 125 Изображение процесса непрерывной ректификации на У-Х диаграмме. Построение рабочих линий, определение теоретического и действительного числа тарелок.
- 126 Сушка. Физическая сущность процесса. Способы тепловой сушки. Формы связи влаги с материалом.
- 127 Основные параметры влажного воздуха. I-х диаграмма влажного воздуха.
- 128 I-х диаграмма влажного воздуха. Изображение теоретического процесса сушки на I-х диаграмме. Определение температуры мокрого термометра и точки росы.
- 129 Способы количественной оценки влагосодержания материала. Материальный баланс процесса сушки.
- 130 Тепловой баланс воздушной калориферной сушилки. Изображение действительного процесса сушки на I-х диаграмме. Определение расхода воздуха и теплоты на сушку.
- 131 Изображение вариантов сушильного процесса I-х диаграмме: сушка с промежуточным подогревом воздуха по зонам, сушка с частичной рециркуляцией отработанного воздуха. Определение расхода воздуха и теплоты.
- 132 Кинетические закономерности процесса сушки. Скорость сушки. Кривые сушки и скорости сушки, температурная кривая. Их анализ. Периоды процесса сушки.

- 133 Конструкции туннельной и барабанной сушилок.
- 134 Конструкции ленточной и вальцевой сушилок.
- 135 Конструкции сушилок кипящего слоя и распылительной.

Критерии оценки вопросов к зачету

Отметка "зачтено"

1. Глубокое и прочное усвоение материала, все предоставленные задания выполняются правильно.
2. Ответ сформирован полно, правильно обоснован ход суждения.
3. Материал изложен в определенной логической последовательности, литературным языком.
4. Ответ самостоятельный.

Отметка "зачтено"

- 1, 2, 3 – аналогично отметке "Отлично".
4. Допущены 1-2 несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.

Отметка "зачтено"

1. Знание только основного материала, но не деталей.
2. Допущены ошибки и неточности в ответах.
3. Ответ неполный, хотя и соответствует требуемой глубине, имеет нарушения логической последовательности.

Отметка "Не зачтено"

1. Незнание или непонимание наиболее существенной части учебного материала.
2. Не выполнена значительная часть задания, имеются существенные ошибки.

2 Примеры вопросов и тестовых заданий для контрольных работ

Часть А

Ответом заданий части "А" является изображение (рисунок, график, ...). В поле ответа дайте изображения и необходимые подписи.

Для обратимых экзотермической и эндотермической реакций изобразите зависимости степеней превращения от температуры



Изобразите графически зависимости $s=f(x,y,z)$ и $\chi=f(x,y,z)$ для РИС и РИВ



Изобразите схемы рецикла и байпаса:

Часть В

Ответом заданий части “В” могут быть слова, фразы или формулы, пропущенные в высказываниях, приведенных в заданиях. (Ответ должен дополнять утверждение, приведенное в задании, так, чтобы оно превратилось в истинное).

Нагревание глухим паром означает

Рекуператоры – это

Содержание низкокипящего компонента в парах снизу вверх по ректификационной колонне

Содержание высококипящего компонента в жидкой фазе снизу вверх по ректификационной колонне

Верхняя и нижняя части ректификационной колонны называются соответственно

Флегмовое число – это

Часть С

В заданиях части “С” в поле ответа рядом с числом, обозначающим объект из первого столбца, напишите буквы, обозначающие соответствующие объекты из второго столбца. Одному числу может соответствовать несколько букв. Если элементу левого столбца не соответствует ни одного элемента правого столбца, поставьте прочерк.

С1. Движущей силой ... процесса является	1. механического 2. гидродинамического 3. теплообменного 4. массообменного 5. химического	А. концентрации веществ – продуктов реакции Б. концентрации реагирующих веществ В. разность между рабочей и равновесной концентрациями веществ Г. разность между концентрациями исходных веществ и веществ – продуктов реакции Д. разность давлений Е. разность температур
---	---	---

1 – 2 – 3 – 4 – 5 –

С2.	1. Пример критериального уравнения для вычисления скорости осаждения частиц в поле сил тяжести 2. Пример критериального уравнения для вычисления константы теплообмена 3. Пример критериального уравнения для вычисления константы массообмена	А. $\varepsilon = \left(\frac{18Re + 0.36Re^2}{Ar} \right)^{0.21}$ Б. $Q = KF \frac{(\Delta t_i - \Delta t_e)}{\ln(\Delta t_i / \Delta t_e)}$ В. $Nu' = 0.035 Re_y^{0.8} (Pr')^{0.3}$ Г. $Re = \frac{Ar}{18 + 0.61\sqrt{Ar}}$ Д. $Nu = 0.008 Re^{0.9} Pr^{0.43}$
------------	--	---

1 – 2 – 3 –

С3. Размерность величины соответствует	1. $\frac{Вт}{м \cdot К}$ 2. $\frac{кг \cdot м^3}{м^2 \cdot с \cdot кмоль}$ 3. $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	А. коэффициенту теплопередачи Б. коэффициенту массопередачи В. коэффициенту теплопроводности Г. коэффициенту теплоотдачи
---	---	---

1 – 2 – 3 –

С4.	1. Тарелка – это 2. Теоретическая тарелка – это 3. Теоретическая ступень изменения концентрации – это	А. гипотетический участок массообменного аппарата, на котором потоки фаз, покидающие этот участок, находятся в равновесии Б. изменение концентрации, соответствующее процессу полного обмена распределяемого вещества между фазами В. специально организованная горизонтальная перегородка в массообменной колонне Г. специально организованная вертикальная
------------	---	---

1 – 2 – 3 –

C5.	1. Перенос вещества из одной фазы в другую – 2. Перемещение вещества с потоком фазы – 3. Массоперенос нормально к поверхности раздела фаз через пограничную пленку –	А. массообмен Б. массопроводность В. массопередача Г. массоотдача Д. потоковый массоперенос
------------	--	---

1 – 2 – 3 –

C6. Балансовая линия соответствует процессу при относительном движении потоков	1.		3.	А. прямоток Б. противоток В. идеальное перемешивание фазы x Г. идеальное перемешивание фазы y Д. идеальное перемешивание обеих фаз
	2.		4.	
	3.		5.	
	4.		6.	

1 – 2 – 3 – 4 –

C7. Рабочая линия соответствует процессу при относительном движении потоков	1.		4.	А. прямоток Б. противоток В. идеальное перемешивание фазы x Г. идеальное перемешивание фазы y Д. идеальное перемешивание обеих фаз
	2.		5.	
	3.		6.	
	4.		7.	
	5.		8.	
	6.		9.	

1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 –

<p>С8. Сети ректификационных колонн, наиболее подходящие для перегонки четырехкомпонентных смесей (К,Л,М,Н) с приблизительно равным содержанием веществ, если температуры кипения этих веществ отличаются следующим образом</p>	<p>1. $K > L \gg M \approx N$ 2. $K \gg L \approx M > N$ 3. $K \approx L > M \gg N$</p>	
--	---	--

1 – 2 – 3 –

Часть D

В поле ответа для заданий части “D” запишите последовательность цифр, которые соответствуют закономерному изменению характеристики объектов, указанных в заданиях.

Д1. Ориентировочные наивысшие значения коэффициентов теплоотдачи увеличиваются в ряду:

- а) кипение органических жидкостей
- б) пленочная конденсация паров воды
- в) нагревание и охлаждение газов
- г) кипение воды и водных растворов
- д) нагревание и охлаждение органических жидкостей
- е) нагревание и охлаждение масел

Д2. Содержание низкокипящего компонента в дистилляте возрастает в ряду:

- а) ректификация с малым флегмовым числом
- б) ректификация с большим флегмовым числом
- в) однократная перегонка с частичной дефлегмацией
- г) простая перегонка

