

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

**«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»)**

Северодонецкий технологический институт (филиал)

Кафедра Машиностроения и строительства

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
Ю.В. Бородач
(подпись)
« 26 » 09 2024 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Процессы и аппараты химических технологий»

По направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

профиль «Автоматизация нефтегазовой и химической технологий»

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль «Автоматизация нефтегазовой и химической технологий» - 37 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» разработана в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 09.08.2021 № 730 (с изменениями и дополнениями).

СОСТАВИТЕЛЬ:

К.т.н., заведующий кафедрой
машиностроения и строительства С.В. Шабрацкий

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры машиностроения и строительства «_02_» ____09____20_24_ г., протокол № _1_.

Заведующий кафедрой

машиностроения и строительства



С.В. Шабрацкий

Переутверждена: «__» ____20__ г., протокол № ____.

СОГЛАСОВАНА:

И.о. заведующего кафедрой управления

инновациями в промышленности



Е. А. Бойко

Переутверждена: «__» ____20__ года, протокол № ____

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» «_16_» ____09____20__ г., протокол № __1__.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»



Ю.В. Бородач

© Шабрацкий С.В., 2024 год

© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» СТИ (филиал), 2024 г.

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель дисциплины - изучение науки о процессах и аппаратах химических производств, составляющей теоретическую и практическую основу современной химической технологии и позволяющей решать разнообразные задачи и проблемы, возникающие при эксплуатации оборудования химико-технологических систем (ХТС).

Основные задачи дисциплины: обучение теоретическим и практическим основам гидравлических, тепловых и массообменных процессов; обучение основам рационального аппаратного оформления типовых процессов; развитие у обучаемых навыков самостоятельного принятия технических решений, связанных с эксплуатацией действующих и освоением новых ХТС.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: курс входит в обязательную часть блока 1 «Дисциплины (модули)» подготовки студентов по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль «Автоматизация нефтегазовой и химической технологий»

Дисциплина реализуется кафедрой Машиностроения и строительства.

Основывается на базе дисциплин: Высшая математика, Физика, Теоретическая механика.

Является основой для изучения следующих дисциплин: Оборудование заводов неорганических веществ, Оборудование заводов катализаторных производств, Технологическое проектирование производств неорганических веществ, Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

Дисциплина нацелена на формирование:

Общепрофессиональных (ОПК-2, ОПК-4) и профессиональных (ПК-1) компетенций выпускника.

Содержание дисциплины: Классификация основных процессов химической технологии. Гидромеханические процессы Режимы течения жидкостей. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет мощности насоса (вентилятора). Работа насоса (вентилятора) на сеть. Конструкции насосов и вентиляторов. Классификация и основные характеристики неоднородных систем. Основные способы разделения неоднородных систем и их аппаратное оформление. Гидродинамика взвешенного слоя. Тепловые процессы. Тепловой баланс. Механизмы переноса теплоты. Уравнение конвективного переноса теплоты. Уравнения теплоотдачи и теплопередачи. Основные промышленные теплоносители, их сравнительная характеристика. Основные конструкции теплообменных аппаратов, их сравнительная характеристика. Расчет теплообменной аппаратуры. Массообменные процессы. Законы фазового равновесия. Направление протекания массообменных процессов. Материальный баланс и уравнение рабочей линии процесса. Теоретические модели переноса массы. Уравнение массоотдачи. Абсорбция. Дистилляция. Ректификация. Экстракция. Адсорбция. Конвективная сушка.

Виды контроля по дисциплине: текущий контроль знаний на практических занятиях и при тестировании, промежуточный контроль – экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1 Знать и использовать дифференциальные и интегральные исчисления, дифференциальные уравнений, теорию вероятностей и математическую статистику ОПК-2.2 Знать и использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности ОПК-2.3. Знать и использовать законы электротехники, принципы действия и методы расчета типовых электротехнических и электронных устройств для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств. ОПК-2.4. Уметь выбирать и рассчитывать оборудование для проведения химико-технологических процессов ОПК-2.5. Уметь применять в профессиональной деятельности естественнонаучные и общинженерные знания ОПК-2.6. Уметь использовать в профессиональной деятельности основы моделирования реальных объектов, основы расчетов и конструирования элементов технического оборудования по критериям работоспособности ОПК-2.7. Владеть навыками решение инженерных задач с применением методов математического анализа, теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам ОПК-2.8. Владеть навыками математического моделирования технологических процессов и обработки экспериментальных данных	Знать: Знать и использовать дифференциальные и интегральные исчисления, дифференциальные уравнений, теорию вероятностей и математическую статистику Знать и использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности Знать и использовать законы электротехники, принципы действия и методы расчета типовых электротехнических и электронных устройств для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств. Уметь: выбирать и рассчитывать оборудование для проведения химико-технологических процессов Уметь применять в профессиональной деятельности естественнонаучные и общинженерные знания Уметь использовать в профессиональной деятельности основы моделирования реальных объектов, основы расчетов и конструирования элементов технического оборудования по критериям работоспособности Владеть: Владеть навыками решение инженерных задач с применением методов математического анализа, теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам Владеть навыками математического моделирования технологических процессов и обработки

		экспериментальных данных
--	--	--------------------------

ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ОПК-4.1. Знать: комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших параметров работы всех технологических аппаратов; комплекс локальных средств регулирования, определяющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса ОПК-4.2. Уметь: применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов ОПК-4.3. Владеть: навыками работы на современных приборах и устройствах; методами управления и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов, изделий	Знать: комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших параметров работы всех технологических аппаратов; комплекс локальных средств регулирования, определяющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса Уметь: применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов Владеть: навыками работы на современных приборах и устройствах; методами управления и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов, изделий
ПК-1. Способен использовать знания свойств химических веществ, соединений и материалов	ПК 1.1. Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов ПК-1.2. Уметь: обосновывать выбор условий проведения процес-	Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов

на их основе, технологии производства и оценки качества производимой продукции для решения задач профессиональной деятельности	сов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность ПК-1.3. Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов	и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	180	-
Обязательная контактная работа (всего)	85	-
в том числе:		
Лекции	34	-
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	34	-
Лабораторные работы	17	-
Курсовая работа (курсовой проект)	-	-
Другие формы и методы организации образовательного процесса (расчетно-графические работы, индивидуальные задания и т. п.)	-	-
Самостоятельная работа студента (всего)	95	-
Форма аттестации	Экзамен	-

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Процессы и аппараты химической технологии, основные понятия, требования. Предмет курса «Процессы и аппараты химической технологии». Возникновение и развитие курса. Классификация основных процессов. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов.

Тема 2. Гидромеханические процессы. Основные понятия гидромеханики: гидравлика, гидростатика, гидродинамика. Свойства жидкости. Различные системы единиц измерения. **Гидростатика.** Дифференциальное уравнение относительного покоя жидкости. Основное уравнение гидростатики. Некоторые практические приложения уравнения гидростатики. **Гидродинамика.** Основные характеристики движения идеальной жидкости. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Дифференциальное уравнение движения реальной жидкости (уравнение Навье - Стокса). Интеграл уравнения движения Эйлера – уравнение Бернулли. Некоторые примеры практического приложения уравнения Бернулли. **Теория подобия.** Применение методов теории подобия к изучению химико-технологических процессов. Геометрическое и физическое подобие (теоремы подобия, преобразования дифференциальных уравнений к безразмерному виду). Модифицированные и производные критерии гидродинамического подобия. Основные принципы анализа, размерностей **Расчет трубопроводов** Уравнение Бернулли реальной жидкости. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Потери на трение по длине и местные сопротивления. Расчет диаметра трубопровода. **Перемещение жидкостей и газов.** Классификация насосов. Основные параметры насосов: производительность, напор, мощность, высота всасывания насоса, различные виды потерь. Поршне-

вые насосы. Другие типы насосов. Области применения насосов различных типов. Центробежные насосы. Уравнение центробежного насоса (уравнение Эйлера). Характеристики центробежных насосов. Работа на сеть. Перемещение и сжатие газов. Процессы сжатия газов. Работа сжатия и потребляемая мощность. Поршневые компрессоры. Классификация. Теоретический и действительный процессы в поршневом компрессоре. Индикаторная диаграмма. Коэффициент подачи. Многоступенчатое сжатие. Причины перехода на многоступенчатое сжатие. Центробежные и осевые компрессоры.

Тема 3. Внешняя и смешанная задачи гидродинамики. Классификация неоднородных систем. Движение тел в жидкостях. Сопротивление движению. Расчет скорости осаждения частицы в жидкостях и газах. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои. Расчет гидравлического сопротивления зернистых слоев. Гидродинамика кипящих (псевдоожигенных) зернистых слоев. Скорость начала псевдоожигения, число псевдоожигения, скорость уноса. **Материальный баланс** гидромеханических процессов. Стесненное гравитационное осаждение. Отстойники для пыли, суспензий, эмульсий. Осаждение под действием центробежной силы. Циклонный процесс. Отстойное (осадительное) центрифугирование. Схемы конструкций отстойных центрифуг. **Фильтрование** Способы процесса фильтрования, уравнение, скорость. Определение постоянных в уравнениях фильтрования. Конструкции фильтратов. Фильтрующее центрифугирование. Схемы конструкций фильтрующих центрифуг. **Мокрая очистка газов.** Скрубберы, пенные аппараты, аппараты с 3-х фазным псевдоожигенным слоем. **Перемешивание в жидкой среде.** Пневматическое, циркуляционное и механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Конструкции мешалок, области применения.

Тема 4. Тепловые процессы. Способы переноса тепла. Основное уравнение теплопередачи. Теплообменные аппараты. Классификация. Конструкции кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре **Методика теплового расчета теплообменных аппаратов** Движущая сила тепловых процессов (средний температурный напор). Уравнение теплового баланса теплообменника. Определение поверхности теплообменника. **Теплопроводность** Температурное поле и температурный градиент. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенок **Тепловое излучение** Законы Стефана – Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Лучистый теплообмен. **Конвективный теплообмен** Уравнение Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена Фурье – Кирхгофа. Критерии теплового подобия. **Теплопередача** Теплообмен при постоянных температурах теплоносителей. Коэффициент теплопередачи. Опытные данные по конвективному теплообмену. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкостей и газов внутри и снаружи труб. Теплоотдача при конденсации и кипении жидкостей.

Тема 5. Массообменные процессы. Общие понятия о массообменных процессах. Виды процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Закон Дальтона. Закон Рауля. Равновесие при массопередаче. Коэффициент распределения. Линия равновесия. Направление процесса. Материальный баланс массообменных процессов. Рабочая линия процесса. Основное уравнение массопередачи. Движущая сила массообменных процессов. Число единиц переноса. Модифицированные уравнения массопередачи. Высота единиц переноса. Скорость процесса массопередачи. Молекулярная диффузия (I закон Фика). Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии. Дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде. Механизм процесса массопереноса. Уравнение массоотдачи. Связь коэффициента массопередачи с коэффициентами массоотдачи. Подobie процессов переноса массы. Критерии подобия. **Абсорбция** Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс процесса. Связь удельного расхода абсорбента с размерами аппарата. Тепловой баланс и температура абсорбента. Десорбция. Устройство абсорбционных аппаратов. Поверхностные и пленочные абсорберы. Насадочные абсорберы.

Режимы работы. Требования, предъявляемые к насадкам. Барботажные абсорберы. Гидродинамические режимы работы. Типы тарелок. Принципы расчета насадочных и тарельчатых абсорберов.

Перегонка жидкостей Смеси жидкостей с неограниченной взаимной растворимостью. Фазовые диаграммы. Идеальные и реальные смеси. Фракционная перегонка. Материальный баланс процесса перегонки. Перегонка с дефлегмацией. **Ректификация** Схемы установок для разделения бинарных смесей. Непрерывно и периодически действующие установки. Материальный баланс ректификационной колонны непрерывного действия. Уравнение рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей частей колонны. Минимальное и действительное флегмовое число. Подача исходной смеси в различных агрегатных состояниях. Тепловой баланс ректификационной колонны. Устройство ректификационных аппаратов. Ректификация многокомпонентных смесей. Принципы расчета ректификационных колонн. **Экстракция** Процессы экстракции в системе жидкость – жидкость. Равновесие в процессах экстракции. Схемы экстракции. Устройство экстракционных аппаратов. **Адсорбция** Равновесие при адсорбции. Промышленные адсорбенты. Материальный баланс процесса адсорбции. Кинетика процесса адсорбции. Принципиальные схемы адсорбции. Устройство адсорбционных аппаратов. Ионный обмен. **Процессы мембранного разделения смесей** Сущность процесса. Кинетика процесса. Аппараты для мембранного разделения смесей и их расчет.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Процессы и аппараты химической технологии, основные понятия, требования.	5	-
2.	Гидромеханические процессы.	6	-
3.	Внешняя и смешанная задачи гидродинамики. Классификация неоднородных систем.	6	-
4.	Тепловые процессы.		
5.	Массообменные процессы. Общие понятия о массообменных процессах.		
Итого:		34	-

4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Ознакомление с различными системами единиц измерения физических величин. Выражение концентраций смесей в различных единицах измерения.	3	-
2.	Свойства жидкости: плотность, сжимаемость, расширение. Основной закон гидростатики Характеристики движущейся жидкости.	3	-
3.	Закон Бернулли. Определение сопротивления в трубопроводах. Расчет мощности поршневых и центробежных насосов. Гидромеханические методы разделения смесей	3	-
4.	Тепловой баланс теплообменника Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенок	3	-

5.	Коэффициенты теплоотдачи при теплообмене без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Коэффициенты теплоотдачи при теплообмене при конденсации и испарении.	3	-
6.	Построение диаграмм фазового равновесия идеальной двухкомпонентной смеси. Расчет высоты абсорбционной колонны	3	-
7.	Материальный баланс ректификационной колонны и построение рабочих линий для верхней и нижней частей колонны.	4	-
8.	Графический метод определения теоретического числа тарелок.	4	-
9.	Тепловой баланс ректификационной колонны.	4	-
10.	Знакомство с правилами оформления работ и проектов, в т. ч. знакомство с правилами оформления чертежей. Знакомство с каталогами заводов-изготовителей оборудования для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Разъяснение методик расчета процесса и аппарата в соответствии с темами	4	-
Итого:		34	-

4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1.	Измерение гидростатического давления	1	-
2.	Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли	1	-
3.	Истечение жидкости через отверстие в тонкой стенке	1	-
4.	Определение характеристик центробежного насоса	1	-
5.	Изучение процесса гравитационного осаждения.	1	-
6.	Экспериментальное определение фактора формы зернистых материалов и гидравлического сопротивления слоя.	1	-
7.	Исследование процесса псевдоожижения.	1	-
8.	Фильтрация при постоянном перепаде давления.	2	-
9.	Двухтрубный теплообменник	2	-
10.	Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около горизонтального цилиндра методом имитационного моделирования процесса теплообмена.	2	-
11.	Перегонка бинарной смеси.	2	-
12.	Отработка лабораторных работ	2	-
Итого:		17	-

4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1.	Решение задачи на определение плотности газа.	проработка конспектов лекций работа с учебной литературой и Интернет-ресурсами подготовка к практическим занятиям подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, по темам самостоятельного изучения выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях	11	-
2.	Решение задач на определение характеристик движения жидкости (расход, средняя и локальная скорости, эквивалентный диаметр, закон неразрывности потока)	проработка конспектов лекций работа с учебной литературой и Интернет-ресурсами подготовка к практическим занятиям подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, по темам самостоятельного изучения выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях	12	-
3.	Решение задач с использованием закона Бернулли для реальной жидкости: определение сопротивления в трубопроводах, определение напора и мощности насоса.	проработка конспектов лекций работа с учебной литературой и Интернет-ресурсами подготовка к практическим занятиям подготовка к проверочным работам в рамках текущего кон-	12	-

		троля, по темам самостоятельного изучения выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях		
4.	Решение задачи на гидромеханические методы разделения смеси.	проработка конспектов лекций работа с учебной литературой и Интернет-ресурсами подготовка к практическим занятиям подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, по темам самостоятельного изучения выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях	12	-
5.	Решение задач на определение поверхности теплообмена	проработка конспектов лекций работа с учебной литературой и Интернет-ресурсами подготовка к практическим занятиям подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, по темам самостоятельного изучения выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях	12	-
6.	Построение диаграммы фазового равновесия идеальной двухкомпонентной смеси	проработка конспектов лекций работа с учебной литературой и Интернет-ресурсами подготовка к практическим занятиям подготовка к	12	-

		проверочным работам в рамках текущего контроля, по темам самостоятельного изучения выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях		
7.	Решение задачи на расчет высоты абсорбционной колонны графическим и аналитическим методами	проработка конспектов лекций работа с учебной литературой и Интернет-ресурсами подготовка к практическим занятиям подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, по темам самостоятельного изучения выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях	12	-
8.	Расчет материального и теплового балансов ректификационной колонны, определение теоретического числа тарелок графическим методом.	проработка конспектов лекций работа с учебной литературой и Интернет-ресурсами подготовка к практическим занятиям подготовка к проверочным работам в рамках текущего контроля, по темам самостоятельного изучения выполнение индивидуальных домашних заданий с целью закрепления теоретического материала и развития навыков и умений, приобретаемых на аудиторных занятиях	12	-
Итого:			95	-

4.7. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Процессы и аппараты химических технологий» не предполагаются учебным планом.

5. Образовательные технологии.

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» используются различные образовательные технологии:

1. Информационно-развивающие технологии, направленные на формирование системы знаний, запоминание и свободное оперирование ими. Используется лекционно-семинарский метод, самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации.

2. Деятельностные практико-ориентированные технологии, направленные на формирование системы профессиональных практических умений при проведении экспериментальных исследований, обеспечивающих возможность качественно выполнять профессиональную деятельность. Используется анализ, сравнение методов проведения физико-химических исследований, выбор метода, в зависимости от объекта исследования в конкретной производственной ситуации и его практическая реализация.

3. Развивающие проблемно-ориентированные технологии, направленные на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения.

Используются виды проблемного обучения: освещение основных проблем процессов химической технологии на лекциях, учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность в группах при выполнении аналитических лабораторных работ, решение задач повышенной сложности. При этом используется, в основном, следующий уровень сложности и самостоятельности: проблемное изложение преподавателем учебного материала и создание преподавателем таких проблемных ситуаций, которые разрешаются либо совместными усилиями, либо самостоятельно.

4. Личностно-ориентированные технологии обучения, обеспечивающие в ходе учебного процесса учёт различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе. Личностно-ориентированные технологии обучения реализуются в результате индивидуального общения преподавателя и студента при сдаче коллоквиумов, при выполнении расчётных домашних индивидуальных заданий, выполнения индивидуальных заданий и подготовке индивидуальных отчетов по лабораторным работам, решению задач повышенной сложности на практических семинарах, на еженедельных консультациях.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 14-е изд. (перепечатано с 9-го изд. 1973 г.). - М.:Альянс, 2008.-750с.

2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд.2-е. В 2-х кн. Часть 1 и 2. М.: Химия, 1995.- 668с.

3. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. 14 изд. (перепеч. с изд. 1987 г.), -М.:Альянс, 2007.-576с.

4. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.:Химия, 1981.-812с.

5. Руководство к практическим занятиям по лаборатории процессов и аппаратов химической технологии. Под ред. П.Г. Романкова. 5-е изд.Л.: Химия, 1979.-256с.

б) дополнительная литература:

1. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. 3-е изд. М.: Химия, 1987 г. - 496 с.
2. Коган В.Б. Теоретические основы типовых процессов химической технологии. Л.: Химия, 1977. - 592 с.
3. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. 3-е изд. - Л.: Химия, 1982. - 288 с.
4. Кафаров В.В. Основы массопередачи. 3-е изд. М.: Высшая школа, 1979 г. 439 с.
5. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. 2-е изд. Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991. - 494 с.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для успешного осуществления занятий необходимо: лаборатория с установками для изучения технологических процессов, компьютерный класс для проведения части лабораторных работ с возможностью выхода в систему поддержки учебного процесса Eduson, альбомы технологических эскизов изучаемых аппаратов, примеры чертежей аппаратов, рассчитываемых в курсовых проектах, модели насосов.

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Процессы и аппараты химических технологий»

Описание уровней сформированности и критериев оценивания компетенций на этапах их формирования в ходе изучения дисциплины

Этап	Код компетенции	Уровни сформированности компетенции	Критерии оценивания компетенции
------	-----------------	-------------------------------------	---------------------------------

Начальный	ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	Пороговый ОПК-2.1 Знать и использовать дифференциальные и интегральные исчисления, дифференциальные уравнений, теорию вероятностей и математическую статистику ОПК-2.2 Знать и использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности ОПК-2.3. Знать и использовать законы электротехники, принципы действия и методы расчета типовых электротехнических и электронных устройств для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств.	Знать: Знать и использовать дифференциальные и интегральные исчисления, дифференциальные уравнений, теорию вероятностей и математическую статистику Знать и использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности Знать и использовать законы электротехники, принципы действия и методы расчета типовых электротехнических и электронных устройств для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств.
Основной		Базовый ОПК-2.4. Уметь выбирать и рассчитывать оборудование для проведения химико-технологических процессов ОПК-2.5. Уметь применять в профессиональной деятельности естественнонаучные и общинженерные знания ОПК-2.6. Уметь использовать в профессиональной деятельности основы моделирования реальных объектов, основы расчетов и конструирования элементов технического оборудования по критериям работоспособности	Уметь: выбирать и рассчитывать оборудование для проведения химико-технологических процессов Уметь применять в профессиональной деятельности естественнонаучные и общинженерные знания Уметь использовать в профессиональной деятельности основы моделирования реальных объектов, основы расчетов и конструирования элементов технического оборудования по критериям работоспособности

Заключительный		ВысокийОПК-2.7. Владеть навыками решение инженерных задач с применением методов математического анализа, теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам ОПК-2.8. Владеть навыками математического моделирования технологических процессов и обработки экспериментальных данных	Владеть: навыками решение инженерных задач с применением методов математического анализа, теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам Владеть навыками математического моделирования технологических процессов и обработки экспериментальных данных
Начальный	ОПК-4. Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств	Пороговый ОПК-4.1. Знать: комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших параметров работы всех технологических аппаратов; комплекс локальных средств регулирования, определяющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса	Знать: комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших параметров работы всех технологических аппаратов; комплекс локальных средств регулирования, определяющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса

Основной		Базовый ОПК-4.2. Уметь: применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов	Уметь: применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов
		Высокий ОПК-4.3. Владеть: навыками работы на современных приборах и устройствах; методами управления и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов, изделий	Владеть: навыками работы на современных приборах и устройствах; методами управления и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов, изделий
Начальный	свойств химических веществ, соединений и материалов на их основе, технологии производства и оценки качества производ-	Базовый: ПК 1.1. Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов	Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов
Основной		Пороговый: ПК-1.2. Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность	Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность

Заключитель- ный		Высокий: ПК-1.3. Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов	Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов
-----------------------------	--	---	---

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижения компетенции (по дисциплине)	Темы учебной дисциплины	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	ОПК-2.	ОПК-2. Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1. Знать и использовать дифференциальные и интегральные исчисления, дифференциальные уравнений, теорию вероятностей и математическую статистику ОПК-2.2 Знать и использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности ОПК-2.3. Знать и использовать законы электротехники, принципы действия и методы расчета типовых электротехнических и электронных устройств для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств. ОПК-2.4. Уметь выбирать и рассчитывать оборудование для проведения хи-	Тема 1-5.	6-й семестр

			мико-технологических процессов ОПК-2.5. Уметь применять в профессиональной деятельности естественно-научные и инженерные знания. ОПК-2.6. Уметь использовать в профессиональной деятельности основы моделирования реальных объектов, основы расчетов и конструирования элементов технического оборудования по критериям работоспособности. ОПК-2.7. Владеть навыками решение инженерных задач с применением методов математического анализа, теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам. ОПК-2.8. Владеть навыками математического моделирования технологических процессов и обработки экспериментальных данных		
2	ОПК-4	Способен обеспечить проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осу-	ОПК-4.1. Знать: комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших параметров работы всех технологических аппаратов; комплекс локальных средств регулирования, опре-	.Тема 1-5	6й

		ществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	деляющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса ОПК-4.2. Уметь: применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов ОПК-4.3. Владеть: навыками работы на современных приборах и устройствах; методами управле-		
--	--	---	---	--	--

			ния и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов, изделий		
3	ПК-1	Способен использовать знания свойств химических веществ, соединений и материалов на их основе, технологии производства и оценки качества производимой продукции для решения задач профессиональной деятельности	ПК 1.1. Знать: основные химические реакции и кинетические закономерности гомогенных и гетерогенных процессов ПК-1.2. Уметь: обосновывать выбор условий проведения процессов и типа реакционных аппаратов, обеспечивающих максимальную производительность и селективность ПК-1.3. Владеть: методами расчетов реакторов для проведения химико-технологических процессов	Тема 1-5	бй

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1.	ОПК-2. Способен использовать математические, физические, фи-	ОПК-2.1. Знать и использовать дифференциальные и интегральные исчисления, дифференциальные уравнений, теорию вероятностей	Знать и использовать дифференциальные и интегральные исчисления, дифференци-	Тема 1-5	Вопросы для обсуждения (в виде докладов и сообщения), реферат, контрольная ра-

	зико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	и математическую статистику ОПК-2.2 Знать и использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности ОПК-2.3. Знать и использовать законы электротехники, принципы действия и методы расчета типовых электротехнических и электронных устройств для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств. ОПК-2.4. Уметь выбирать и рассчитывать оборудование для проведения химико-технологических процессов ОПК-2.5. Уметь применять в профессиональной деятельности естественнонаучные и общетеоретические знания. ОПК-2.6. Уметь использовать в профессиональной деятельности основы моделирования реальных объектов, основы расчетов и конструирования элементов технического оборудования по критериям работоспособности. ОПК-2.7. Владеть навыками решения инженерных задач с	альные уравнений, теорию вероятностей и математическую статистику. Знать и использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности. Знать и использовать законы электротехники, принципы действия и методы расчета типовых электротехнических и электронных устройств для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств. Уметь выбирать и рассчитывать оборудование для проведения химико-технологических процессов. Уметь применять в профессиональной деятельности естественнонаучные и общетеоретические знания Уметь исполь-		бота
--	---	--	---	--	------

		применением методов математического анализа, теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам. ОПК-2.8. Владеть навыками математического моделирования технологических процессов и обработки экспериментальных данных	зовать в профессиональной деятельности основы моделирования реальных объектов, основы расчетов и конструирования элементов технического оборудования по критериям работоспособности Владеть навыками решение инженерных задач с применением методов математического анализа, теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам. Владеть навыками математического моделирования технологических процессов и обработки экспериментальных данных		
2.	ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, ис-	ОПК-4.1. Знать: комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших параметров работы всех технологических аппаратов; ком-	Знать: Знать: комплекс измерительных средств (приборов), фиксирующих значения важнейших парамет-	Тема 1-5	Вопросы для обсуждения (в виде докладов и сообщения), реферат, контрольная работа

	пользовать технические средства для контроля-параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	плекс локальных средств регулирования, определяющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса ОПК-4.2. Уметь: применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов ОПК-4.3. Владеть: навыками работы на современных приборах и устройствах;	ров работы всех технологических аппаратов; комплекс локальных средств регулирования, определяющих нормальную и безопасную работу оборудования и технологии в целом; технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; физико-химические закономерности протекающих процессов на различных стадиях технологического процесса Уметь: Уметь: применять знания смежных и сопутствующих дисциплин при решении профессиональных задач; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологиче-		
--	--	--	--	--	--

		методами управления и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов, изделий	ского процесса; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; определять основные статические и динамические характеристики объектов; анализировать технологические параметры процесса и выполнять обработку полученных результатов Владеть: . Владеть: навыками работы на современных приборах и устройствах; методами управления и регулирования химико-технологических процессов; способностью анализировать технологический процесс как объект управления; навыками проведения стандартных и сертификационных испытаний материалов, изделий		
--	--	---	--	--	--

**Фонд оценочных средств по дисциплине
«Процессы и аппараты химических технологий»
Вопросы к контрольным работам**

1. Используя материалы лекций и учебной литературы, подготовьте ответы на вопросы
2. Массообменные процессы. Место и роль процессов массообмена в технологии. Классификация и общая характеристика
3. Статика процессов. Способы выражения составов фаз. Законы фазового равновесия. Коэффициент распределения. Материальный баланс и уравнение рабочей линии.
4. Направление массопередачи. Кинетика процессов массопередачи. Механизмы и теоретические модели переноса массы.
5. Молекулярная диффузия. Законы и коэффициенты молекулярной диффузии. Конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективной и молекулярной диффузий (2 закон Фика).
6. Турбулентная диффузия. Уравнение и коэффициенты массоотдачи. Движущая сила процесса. Подobie процессов переноса массы. Основные критерии диффузионного подобия и их физический смысл. Обобщенное уравнение массоотдачи.
7. Массопередача. Основное уравнение массопередачи. Коэффициенты массопередачи и их связь с коэффициентами массоотдачи. Средняя движущая сила процессов массопередачи. Число и высота единиц переноса Способы расчета. Коэффициент извлечения.
8. Влияние гидродинамической структуры потоков на величину средней движущей силы. Особенности массопередачи в системах с твердой фазой.
9. Расчет основных размеров массообменных аппаратов. Непрерывный и ступенчатый контакт фаз в массообменных аппаратах.
10. Расчет диаметра и рабочей высоты аппарата. Аналитический и графический метод определения числа ступеней. Определение числа теоретических ступеней. Кинетическая кривая. Коэффициент полезного действия ступени.
11. Массообмен в системах со свободной границей раздела. Абсорбция. Характеристика и области применения. Хемосорбция. Равновесие при абсорбции.
12. Материальный баланс расход абсорбента. Уравнение рабочей линии. Тепловой баланс процесса. Кинетика процесса. Абсорберы. Классификация и сравнительная характеристика.
13. Перегонка жидкостей. Общие сведения. Характеристики двухфазных систем жидкость-пар. Классификация бинарных смесей. Идеальные смеси.
14. Фазовые диаграммы, взаимное положение кривых равновесия (законы Коновалова и Вревского). Реальные смеси (азеотропные смеси). Простая перегонка. Фракционная перегонка. Простая перегонка с дефлегмацией, в токе носителя и т.д.
15. Ректификация. Принцип ректификации. Схемы ректификационных установок для разделения бинарных смесей. Непрерывно и периодически действующие установки.
16. Материальные и тепловые балансы непрерывной ректификации. Допущения, уравнения рабочих линий укрепляющей и исчерпывающей части колонны. Расчет минимального и действительного флегмового числа.
17. Экстракция. Характеристика процесса и области его применения. Материальный баланс и определение расхода экстрагента. Графоаналитический расчет многоступенчатой экстракции. Классификация и основные типы экстракторов.
18. Процессы массообмена с фиксированной границей раздела фаз. Адсорбция. Общие сведения. Характеристика адсорбентов и их виды
19. Равновесие при адсорбции, изотерма адсорбции. Массопередача при адсорбции, ионный обмен.
20. Сушка. Общая характеристика процесса и области его применения. Классификация процессов. Основные параметры влажного газа. Классификация влажных материалов.
21. Равновесие при сушке. Формы и энергия связи влаги с материалами. Материальный и тепловой балансы процессов сушки.
22. Теоретический и действительный процессы. Методы аналитического и графоаналитиче-

ского расчетов. Варианты процесса сушки. Сравнительная характеристика.

23. Кинетика и механизм процесса сушки. Кривые сушки и температурные кривые. Определение продолжительности процесса. Динамика сушки. Способы сушки.

24. Методы расчета и оптимизации процессов

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «контрольная работа»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
4	Контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89% вопросов/задач)
3	Контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 50-74% вопросов/задач)
2	Контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

Тестовые задания

1. Укажите какому процессу соответствует каждая формулировка.

1. абсорбция;
2. адсорбция;
3. сушка;
4. экстракция;
5. выщелачивание;
6. ректификация (перегонка);
7. кристаллизация.

а) удаление влаги из твердых или жидких влажных материалов посредством ее испарения. здесь имеет место переход влаги в паровую или газовую фазу.

б) избирательное поглощение газов или паров жидкими поглотителями.

в) разделение смеси жидкостей на составляющие компоненты. происходит переход веществ из жидкой фазы в паровую и из паровой в жидкую.

г) извлечение одного или нескольких веществ из растворов с помощью растворителей.

д) избирательное поглощение газов, паров или растворенных в жидкостях веществ твердым поглотителем, способным поглощать одно или несколько веществ из их смеси.

е) выделение из растворов или расплавов твердой фазы.

ж) извлечение одного или нескольких веществ из твердых веществ с помощью растворителей.

варианты ответов:

- 1) 1 – д, 2 – б, 3 – г, 4 – в, 5 – е, 6 – а, 7 – ж;
- 2) 1 – д, 2 – б, 3 – а, 4 – ж, 5 – г, 6 – е, 7 – в;
- 3) 1 – б, 2 – д, 3 – е, 4 – ж, 5 – в, 6 – г, 7 – а;
- 4) 1 – б, 2 – д, 3 – а, 4 – г, 5 – ж, 6 – в, 7 – е;
- 5) 1 – д, 2 – а, 3 – б, 4 – г, 5 – ж, 6 – в, 7 – е;
- 6) 1 – б, 2 – д, 3 – а, 4 – г, 5 – в, 6 – ж, 7 – е.

2. Укажите правильное выражение для правила фаз. варианты ответов:

1. $f - c = k + 2$

где f – число фаз; c – число степеней свободы, т.е. число независимых переменных, значения которых можно произвольно изменять без нарушения числа или вида (состава) фаз в системе; k – число компонентов системы.

2. $f + c = k + 2$

где f – число фаз; c – число степеней свободы; k – число компонентов системы, т.е. число неза-

висимых переменных, значения которых можно произвольно изменять без нарушения числа или вида (состава) фаз в системе.

3. $f + c = k + 2$

где f – число фаз; c – число степеней свободы, т.е. число независимых переменных, значения которых можно произвольно изменять без нарушения числа или вида (состава) фаз в системе; k – число компонентов системы.

3. Что является движущей силой массообменных процессов? варианты ответов:

1. разность между рабочими концентрациями в фазах.
2. разность между рабочими концентрациями в фазе и на границе раздела фаз.
3. разность между граничными концентрациями в фазах.
4. разность между фактической концентрацией распределяемого вещества в данной фазе и равновесной концентрацией.

4. Что такое экстракционный процесс? варианты ответов:

1. процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или паровой смеси жидким поглотителем;
2. процесс избирательного поглощения компонента газа, пара или раствора твердыми телами;
3. процесс извлечения из твердой или жидкой смеси одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем.

5. Что называется процессом ректификации? каким образом осуществляется процесс? варианты ответов:

1. процесс разделения взаиморастворимых компонентов различающихся по температуре кипения. процесс осуществляется путем многократного контактирования восходящего потока паров и нисходящего потока жидкости.
2. процесс поглощения газа (паров или жидкостей) твердыми пористыми материалами.
3. процесс извлечения из твердой или жидкой смеси одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем.

6. Что такое процесс ректификации? варианты ответов:

1. многократное испарение легколетучего компонента из жидкости с последующей их конденсацией;
2. однократное частичное испарение разделяемой смеси с последующей конденсацией образующихся паров;
3. разделение бинарных смесей за счет подвода тепла;
4. получение чистых однородных жидкостей;

7. Дайте правильную формулировку процессу адсорбции варианты ответов:

1. процесс разделения взаиморастворимых компонентов различающихся по температуре кипения. процесс осуществляется путем многократного контактирования восходящего потока паров и нисходящего потока жидкости.
2. процесс поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидким поглотителем
3. процесс поглощения газа (паров или жидкостей) твердыми пористыми материалами

8. Что называется процессом абсорбции? варианты ответов:

1. процесс поглощения газа (паров или жидкостей) твердыми пористыми материалами
2. процесс поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидким поглотителем;
3. процесс разделения взаиморастворимых компонентов различающихся по температуре кипения. процесс осуществляется путем многократного контактирования восходящего потока паров и нисходящего потока жидкости.

9. Как понимаете абсолютное давление? варианты ответов:

1. давление выше атмосферного;
2. давление атмосферное плюс избыточное;
3. давление атмосферное;
4. давление вакуума;
10. Что такое тепловые процессы? варианты ответов:
 1. перенос энергии в форме тепла, происходящий между телами, имеющую различную температуру;
 2. перенос тепла от более нагретого тела к менее нагретому;
 3. перенос тепла вследствие беспорядочного движения микрочастиц;
 4. процесс распространения электромагнитных колебаний с различной длиной волн.
11. Что является движущей силой тепловых процессов? варианты ответов:
 1. разность давлений между средами более нагретого и менее нагретого;
 2. разность температур между средами более нагретого и менее нагретого.
12. Преимущества противотока в тепловых процессах по сравнению с прямотоком? варианты ответов:
 1. умеренный нагрев раствора и нет зависимости между конечными температурами теплоносителя и раствора;
 2. при противотоке наблюдается уменьшение теплообменной поверхности при равных условиях;
 3. меньше затрат тепла при проведении процесса теплообмена;
 4. увеличивается коэффициент теплопередачи.
13. Что такое выпаривание? варианты ответов:
 1. концентрирование растворов летучих веществ в жидких летучих растворителях при температуре кипения;
 2. концентрирование растворов практически нелетучих или малолетучих веществ в жидких летучих растворителях при температуре кипения.
14. Что такое массообменные процессы? варианты ответов:
 1. процесс, при котором одно или несколько веществ переходит из одной фазы в другую;
 2. процесс распределения нескольких компонентов в жидкой фазе;
 3. концентрирование распределяемого компонента в газовой фазе.
15. Что такое адсорбционный процесс? варианты ответов:
 1. процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или паровой смеси жидким поглотителем;
 2. процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или жидкой смеси твердыми поглотителями;
 3. процесс извлечения из твердого или жидкого вещества одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «тестирование»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	85-100% правильных ответов
4	71-85% правильных ответов
3	61-70% правильных ответов
2	60% правильных ответов и ниже

Темы индивидуальных заданий для самостоятельной работы:

Задание №1.

Рассчитать и построить гидравлическую характеристику трубопроводной сети заданных параметров, подобрать центробежный насос (или вентилятор) для транспортировки жидкости (или газа) и определить рабочую точку насоса.

Задание №2.

Рассчитать процесс разделения неоднородной системы Г-Т (или Ж-Т) осаждением в поле действия сил тяжести и определить необходимые размеры пылесадительной камеры (или отстойника).

Задание №3.

Выполнить тепловой расчёт теплообменника заданной конструкции (подогревателя, охладителя, конденсатора или испарителя) для заданного процесса теплообмена с определением необходимой поверхности теплопередачи.

Задание №4.

Выполнить материальный и тепловой расчёт однокорпусной выпарной установки для заданного процесса выпаривания с определением необходимой поверхности кипяточной камеры.

Задание №5.

Выполнить технологический расчёт насадочной абсорбционной колонны для проведения изотермического (или адиабатического) процесса физической абсорбции газа (или пара) из парогазовой смеси при заданных условиях и параметрах процесса. Определить геометрические размеры абсорбера.

Задание №6.

Выполнить технологический расчёт тарельчатой ректификационной колонны непрерывного действия для разделения бинарной смеси заданного состава при заданных условиях и параметрах процесса. Определить геометрические размеры ректификационной колонны.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «разноуровневые задания и задачи»

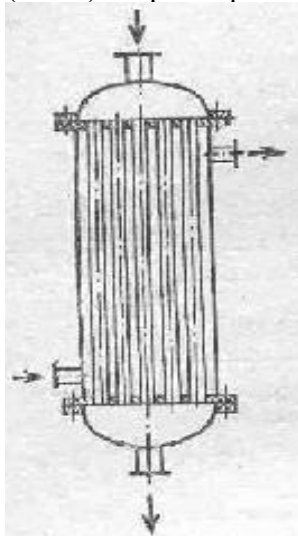
Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
5	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Работа оформлена аккуратно в соответствии с предъявляемыми требованиями
4	Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками, применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Есть недостатки в оформлении работы
3	Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками, применяя их при решении задач
2	Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала

Список теоретических экзаменационных заданий

Вариант 1.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность диоксида азота при $p_{изб}=5 \text{ кгс/см}^2$ и $t=30^\circ\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.
2. Задача №2. Холодильник состоит из 19 труб диаметром 20x2 мм (рис.1). В трубное пространство холодильника поступает вода по трубопроводу диаметром 57x3,5 мм. Скорость воды в трубопроводе 1,4 м/с. Вода идет снизу вверх. Определить скорость воды в трубах холодильника.

3. Задача №3 Какое количество влажного осадка будет собрано на фильтре в результате фильтрования 10 м³ суспензии относительного удельного веса 1,12, содержащей 20% (масс.) твердой фазы? Влажность осадка 25%.



Вариант 2.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность диоксида углерода при вакууме 300 мм. рт. ст. и температуре $t = -30^\circ\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.
2. Задача №2. По трубам теплообменника, состоящего из 379 труб диаметром 16x1,5 мм, проходит азот в количестве 6400 м³/ч (считая при 0°C и 760 мм рт. ст.) под давлением $p_{\text{изб}} = 3 \text{ кгс/см}^2$ ($\sim 0,3 \text{ МПа}$). Азот входит в теплообменник при 120°C , выходит при 30°C . Определить скорость азота в трубах теплообменника на входе. (рис.1)
3. Задача №3. Определить диаметр частиц свинцового блеска угловатой формы, осаждающихся со скоростью 0,25 м/с в воде при температуре 15°C . Плотность свинцового блеска 7500 кг/м³

Вариант 3.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность воздуха при $p_{\text{изб}} = 0,5 \text{ кгс/см}^2$ и $t = 65^\circ\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.
2. Задача №2 По трубам теплообменника, состоящего из 379 труб диаметром 16x1,5 мм, проходит азот в количестве 6400 м³/ч (считая при 0°C и 760 мм рт. ст.) под давлением $p_{\text{изб}} = 3 \text{ кгс/см}^2$ ($\sim 0,3 \text{ МПа}$). Азот входит в теплообменник при 120°C , выходит при 30°C . Определить скорость азота в трубах теплообменника на выходе. (рис.1)
3. Задача №3. В результате фильтрования водной суспензии с содержанием 20% (масс.) твердой фазы собрано 15 м³ фильтрата. Влажность осадка 30%. Сколько получено осадка, считая на сухое вещество?

Вариант 4.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность водорода при $p_{\text{изб}} = 3,5 \text{ кгс/см}^2$ и $t = 85^\circ\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.
2. Задача №2. Холодильник состоит из двух концентрических стальных труб диаметром 29x2,5 мм и 54x2,5 мм. По внутренней трубе протекают 3,73 т/ч рассола плотностью 1150 кг/м³. Найти скорость жидкости в холодильнике.
3. Задача №3. С какой скоростью будут осаждаться шарообразные частицы кварца ($\rho = 2600 \text{ кг/м}^3$) диаметром 10 мкм: а) в воде при 15°C ; б) в воздухе при 15 и 500°C ?

Вариант 5.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность оксида углерода при $p_{\text{изб}} = 4 \text{ кгс/см}^2$ и $t = 55^\circ\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.
2. Задача №2. Холодильник состоит из двух концентрических стальных труб диаметром 29x2,5 мм и 54x2,5 мм. В межтрубном пространстве проходит 160 кг/ч газа под давлением

$\rho_{\text{газ}} = 3 \text{ кг/см}^2$ ($\sim 0,3 \text{ МПа}$) при средней температуре 0°C . Плотность газа при 0°C и 760 мм. рт. ст. равна $1,2 \text{ кг/м}^3$. Найти скорость газа в холодильнике.

3. Задача № 3. Какой должна быть скорость воздуха в вертикальной трубе пневматической сушилки, чтобы обеспечить перемещение кристаллов плотностью 2000 кг/м^3 с наибольшим диаметром 3 мм ? Температура воздуха 60°C . Скорость воздуха должна быть на 25% больше скорости витания частиц.

Вариант 6.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность водяного пара при $\rho_{\text{изб}} = 6 \text{ кг/см}^2$ и температуре $t = 160^\circ\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.

2. Задача №2. Определить необходимый диаметр наружной трубы в холодильнике, который состоит из двух концентрических стальных труб. Диаметр внутренней трубы $29 \times 2,5 \text{ мм}$, толщина наружной стенки $2,5 \text{ мм}$. В межтрубном пространстве проходит 160 кг/ч газа под атмосферным давлением при средней температуре 0°C . Плотность газа при 0°C и 760 мм. рт. ст. равна $1,2 \text{ кг/м}^3$. Скорость газа в холодильнике $10,4 \text{ м/с}$.

3. Задача №3. Рассчитать скорость восходящего потока воздуха в воздушном сепараторе, необходимую для отделения мелких ($d < 1 \text{ мм}$) частиц апатита от более крупных. Температура воздуха 20°C . Плотность апатита 3230 кг/м^3 .

Вариант 7.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность азота при $\rho_{\text{изб}} = 5 \text{ кг/см}^2$ и $t = -95^\circ\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.

2. Задача №2. Определить эквивалентный диаметр межтрубного пространства кожухотрубчатого теплообменника (рис 1.), состоящего из 61 трубы диаметром $38 \times 2,5 \text{ мм}$. Внутренний диаметр кожуха 625 мм .

3. Задача №3. Через пылевую камеру (см. рис. 3.9 2) с расстоянием между полками 100 мм проходят $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$ запыленного газа плотностью $1,6 \text{ кг/м}^3$ (расход и плотность даны при нормальных условиях). Температура газа 400°C . Динамический коэффициент вязкости газа при этой температуре $0,03 \cdot 10^{-3} \text{ Пас}$. Плотность пыли 3700 кг/м^3 . Длина камеры $4,55 \text{ м}$, ширина $1,71 \text{ м}$, высота 4 м . Какого размера частицы пыли будут улавливаться в камере, если считать что действительная скорость осаждения вдвое меньше теоретической?

Вариант 8.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность бутана при вакууме 230 мм. рт. ст. и температуре $t = 25^\circ\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.

2. Задача №2. Определить режим течения воды в кольцевом пространстве теплообменника типа «труба в трубе». Наружная труба $96 \times 3,5 \text{ мм}$, внутренняя — $57 \times 3 \text{ мм}$, расход воды $3,6 \text{ м}^3/\text{ч}$, средняя температура воды 20°C .

3. Задача №3. Определить скорость осаждения в воде при 25°C продолговатых частиц угля ($\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$) и пластинчатых частиц сланца ($\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$), имеющих эквивалентный диаметр 2 мм .

Вариант 9.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность аммиака при вакууме 530 мм. рт. ст. и температуре $t = 20^\circ\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.

2. Задача №2. Определить режим течения этилового спирта в прямой трубе диаметром $40 \times 2,5 \text{ мм}$. Скорость спирта $0,13 \text{ м/с}$, средняя температура 52°C .

3. Задача №3. Определить скорость воздуха, необходимую для начала образования взвешенного слоя частиц гранулированного алюмосиликагеля при следующих условиях: температура воздуха 100°C ; плотность алюмосиликагеля (кажущаяся) $= 968 \text{ кг/м}^3$; диаметр частиц $1,2 \text{ мм}$. Каково будет гидравлическое сопротивление, если высота неподвижного слоя 400 мм ?

Вариант 10.

1. Задача №1. Определить в СИ плотность этана при вакууме 115 мм. рт. ст. и температуре $t = 60^\circ\text{C}$. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст.

2. Задача №2. Определить местную скорость по оси трубопровода диаметром 57х3,5 мм при протекании по нему уксусной кислоты в количестве 200 дм³/ч при 38°С.
3. Задача №3. Определить наибольший диаметр гранулированных частиц угля, начинающих переходить во взвешенное состояние в воздухе при скорости его в аппарате 0,2 м/с. Температура 180 С. Определить также объемную концентрацию частиц, если скорость воздуха повысится до 0,4 м/с. Плотность угля (кажущаяся) 660 кг/м³.

Критерии и шкала оценивания к промежуточной аттестации «экзамен»

Шкала оценивания	Характеристика знания предмета и ответов
Отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач
Хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач
Удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах
Неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы.

9. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а также в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

- 1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
 - письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,
 - специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),
 - индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,
 - при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;
- 2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:
- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),
 - обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
 - обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- 3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
 - по желанию студента задания могут выполняться в устной форме.

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)

Лист дополнений к рабочей программе

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой _____

_____ И.О. Фамилия

« _____ » _____ 202__ г.

Список литературы к рабочей программе дисциплины
_____ направление подготовки/специальность
_____ по состоянию на « _____ » _____ 20__ г.

Основная литература:

- 1.
- 2.
- 3.

Дополнительная литература:

- 1.
- 2.
- 3.

Преподаватель _____
(подпись) (И.О.Ф.)