

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты в химической технологии

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки
18.03.01 Химическая технология

направленность (профиль)
Химическая технология органических и неорганических веществ

Форма обучения: очная

Год набора: 2025

Общая трудоемкость: 16 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	5	6	Итого
Форма контроля	Зачёт, КР	Экзамен	
Вид занятий			
Лекции	32	32	64
Лабораторные	64	16	80
Практические	64	16	80
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	1		1
Промежуточная аттестация	0,25	0,35	0,6
Контактная работа	161,25	64,35	225,6
Самостоятельная работа	198,75	116	314,75
Контроль	-	35,65	35,65
Итого	360	216	576

Рабочую программу составил(и):

Доцент, доцент, к.х.н. Орлов Ю.Н.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки 18.03.01 Химическая технология

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2029 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Химическая технология и ресурсосбережение»

(протокол заседания № 2 от «23» сентября 2024 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов системного представления о процессах химической технологии, протекающих в аппаратах для их осуществления.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: высшая математика; физика; общая и неорганическая химия; органическая химия; общая химическая технология; Неорганическая химия и химия элементов.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: химическая технология органических веществ; химическая технология неорганических веществ; технология производства капролактама и полиамида; технология производства синтетического каучука.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-1. Способен осуществлять расчет материальных и тепловых балансов в химико-технологических процессах для аппаратов синтеза и очистки крупнотоннажной продукции	ПК-1.1. Проводит контроль качества сырья, промежуточных и готовых продуктов химико-технологического процесса на соответствие технологическим требованиям	Знать: основные параметры и технологические требования к качеству сырья, промежуточных и конечных продуктов при проведении процессов химической технологии и биотехнологии
		Уметь: использовать технические средства для контроля основных параметров при проведении процессов химической технологии и биотехнологии
		Владеть: навыками контроля основных параметров при проведении процессов химической технологии и биотехнологии
	ПК-1.2. Проводит технологические операции на различных этапах получения продукции	Знать: технологические особенности процессов химической технологии и биотехнологии
		Уметь: осуществлять процессы химической технологии и биотехнологии в соответствии с заданными технологическими параметрами
		Владеть: навыками проведения технологических операций процессов химической технологии и биотехнологии

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
	ПК-1.3. Контролирует соблюдение технологической дисциплины, принимает корректирующие меры в случае выявления отклонения параметров от технологических требований	Знать: технические средства для измерения основных параметров процессов химической технологии и биотехнологии
		Уметь: принимать корректирующие меры при отклонении параметров процессов химической технологии и биотехнологии от технологических требований
		Владеть: методами контроля и техническими средствами для измерения основных параметров процессов химической технологии и биотехнологии

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Структура и содержание дисциплины «Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии-1»

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Гидромеханические процессы	Лек1	Классификация основных химико-технологических процессов. Общие принципы расчета химических процессов и аппаратов.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 1-2
	Пр1	Расчёт насоса	5	4	5	-	Отчет по практическому занятию № 1
	Лаб1	Гидростатическое давление и его свойства	5	4	2	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек2	Идеальные и реальные жидкости. Гидравлика и гидравлические	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 3-4
	Пр2	Расчёт вентилятора	5	4	5	-	Отчет по практическому занятию № 2
	Лаб2	Защита работы «Гидростатическое давление и его свойства»	5	4	3	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек3	Основы гидрокинетики и гидродинамики. Трубопроводы. Насосы	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 4-10
	Пр3	Расчёт отстойника	5	4	3	-	Отчет по практическому занятию № 3
	Лаб3	Гидродинамические режимы течения жидкости	5	4	2	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек4	Гидромеханические процессы разделения неоднородных систем. Материальный баланс процесса	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 11-12
	Пр4	Расчёт барабанного вакуум-фильтра	5	4	5	-	Отчет по практическому занятию № 4
	Лаб4	Защита работы «Гидродинамические режимы течения жидкости»	5	4	3	-	Отчет по лабораторной работе

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Гидромеханические процессы	Лек5	Осаждение под действием центробежных сил, электрического поля	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 13-14
	Пр5	Расчёт пенного аппарата	5	4	4	-	Отчет по практическому занятию № 5
	Лаб5	Осаждение твёрдых частиц в жидкой среде	5	4	2	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек6	Фильтрация. Мокрая очистка газов.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 15-18
	Пр6	Расчёт пластинчатого теплообменника	5	4	5	-	Отчет по практическому занятию № 6
	Лаб6	Защита работы «Осаждение твёрдых частиц в жидкой среде»	5	4	3	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек7	Перемешивание в жидкой среде. Псевдоожижение твердого зернистого материала.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 19-21
Модуль 2. Тепловые процессы	Пр7	Расчёт кожухотрубчатого теплообменника	5	4	5	-	Отчет по практическому занятию № 7
	Лаб7	Скорость гравитационного осаждения частиц	5	4	2	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек8	Основы теории тепловых процессов. Способы передачи тепла. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 22-23
	Пр8	Расчёт двухкорпусной выпарной установки. Концентрации упариваемого раствора	5	4	2	-	Отчет по практическому занятию № 8
	Лаб8	Защита работы «Скорость гравитационного осаждения частиц»	5	4	3	-	Отчет по лабораторной работе

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	СР	Изучение теоретического материала	5	98.75	-	-	
Модуль 2. Тепловые процессы	Лек9	Конвективный теплообмен. Закон Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 24-27
	Пр9	Расчёт двухкорпусной выпарной установки. Температуры кипения растворов	5	4	2	-	Отчет по практическому занятию № 9
	Лаб9	Определение скорости фильтрования	5	4	2	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек10	Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Движущая сила тепловых процессов.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 28-29
	Пр10	Расчёт двухкорпусной выпарной установки. Полезная разность температур	5	4	2	-	Отчет по практическому занятию № 10
	Лаб10	Защита работы «Определение скорости фильтрования»	5	4	3	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек11	Процессы нагревания и испарения.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 30-33
	Пр11	Расчёт двухкорпусной выпарной установки. Определение тепловых нагрузок	5	4	2	-	Отчет по практическому занятию № 11
	Лаб11	Механическое перемешивание в жидкой среде с определением мощности, необходимой для вращения мешалки	5	4	2	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек12	Процессы охлаждения и конденсации.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 34-36

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 2. Тепловые процессы	Пр12	Расчёт двухкорпусной выпарной установки. Выбор конструкционного материала	5	4	2	-	Отчет по практическому занятию № 12
	Лаб12	Защита работы «Механическое перемешивание в жидкой среде с определением мощности, необходимой для вращения мешалки»	5	4	3	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек13	Классификация и конструкции теплообменных аппаратов. Схема расчета теплообменных аппаратов.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 37-40
	Пр13	Расчёт двухкорпусной выпарной установки. Расчёт коэффициентов теплопередачи	5	4	2	-	Отчет по практическому занятию № 13
	Лаб13	Определение коэффициента теплоотдачи от поверхности к псевдоожиженному слою	5	4	2	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек14	Выпаривание и его применение в химической технологии. Простое выпаривание.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 41-43
	Пр14	Расчёт двухкорпусной выпарной установки. Распределение полезной разности температур	5	4	2	-	Отчет по практическому занятию № 14
	Лаб14	Защита работы «Определение коэффициента теплоотдачи от поверхности к псевдоожиженному слою»	5	4	3	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек15	Многократное выпаривание. Сущность и преимущества многократного выпаривания. Схема расчёта выпарных	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 44-45
	Пр15	Расчёт двухкорпусной выпарной установки. Уточнённый расчёт поверхности теплопередачи	5	4	2	-	Отчет по практическому занятию № 15

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 2. Тепловые процессы	Лаб15	Изучение гидродинамики зернистого слоя	5	4	2	-	Отчет по лабораторной работе
	Лек16	Конструкции выпарных аппаратов и их классификация.	5	2	-	-	Вопросы к зачёту № 46
	Пр16	Расчёт двухкорпусной выпарной установки. Определение толщины тепловой изоляции	5	4	2	-	Отчет по практическому занятию № 16
	Лаб16	Защита работы «Изучение гидродинамики зернистого слоя»	5	4	3	-	Отчет по лабораторной работе
	КР	Курсовая работа	5	1			Отчет по курсовой работе
	Псщ	Посещаемость занятий	5	-	10	-	
	СР	Изучение теоретического материала	5	100	-	-	
	ПА	Промежуточная аттестация	5	0.25	-	-	
	ТИ	Итоговый тест по курсу через ЦТ			100		
Итого:				360	200		

Схема расчета итогового балла $\langle (Сумма + T_{cp})/2 \rangle$ - сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе + среднее арифметическое по всем промежуточным тестам, проводимым через ОТ.

4.2. Структура и содержание дисциплины «Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии-2»

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Массообменные процессы	Лек1	Основы теории массообменных процессов, массопередача. Способы выражения составов фаз. Материальный баланс массообменных процессов.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 12-13
	Пр1	Расчёт насадочного абсорбера	6	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 1
	Лек2	Основное уравнение массопередачи. Средняя движущая сил массообменных процессов. Зависимость между коэффициентами массопередачи и массоотдачи.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 14-16
	Лаб1	Испытание теплообменника типа «труба в трубе»	6	2	4	-	Отчет по лабораторной работе № 1
	Лек3	Абсорбция. Материальный и тепловой балансы процесса абсорбции. Принципиальные схемы абсорбционных процессов.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 17-19
	Пр2	Расчёт насадочного абсорбера	6	2	10	-	Отчет по практическому занятию № 1
	Лек4	Разделение жидких смесей перегонкой. Простая перегонка, перегонка с дефлегмацией, перегонка в токе водяного пара, инертного газа, молекулярная перегонка.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 20
	Лаб2	Защита работы «Испытание теплообменника типа «труба в трубе»»	6	2	6	-	Отчет по лабораторной работе № 1

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Массообменные процессы	Лек5	Ректификация. Принципиальные схемы процессов ректификации. Материальный баланс разделения. Флегмовое число.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 21-23
	Пр3	Расчёт тарельчатой ректификационной колонны	6	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 2
	Лек6	Уравнения рабочих линий процесса ректификации. Положение рабочих линий на у-х диаграмме и их построение. Метод нахождения оптимального флегмового числа.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 24-25
	Лаб3	Изучение конструкции теплообменных аппаратов с определением их коэффициентов теплопередачи	6	2	4	-	Отчет по лабораторной работе № 2
	Лек7	Тепловой баланс процесса ректификации. Установки для ректификации многокомпонентных смесей, экстрактивной и азеотропной	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 26-27
	Пр4	Расчёт тарельчатой ректификационной колонны	6	2	15	-	Отчет по практическому занятию № 2
	Лек8	Аппаратурное оформление процессов абсорбции и ректификации. Расчёт аппаратов для проведения абсорбции и ректификации.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 28-31
	Лаб4	Защита работы «Изучение конструкции теплообменных аппаратов с определением их коэффициентов	6	2	6	-	Отчет по лабораторной работе № 2
	СР	Изучение теоретического материала	6	58	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лек9	Экстракция и её применение в химической технологии. Принципиальная схема процесса. Равновесие в процессах экстракции. Треугольная диаграмма.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 32-34
	Пр5	Расчёт распылительной экстракционной колонны	6	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 3
	Лек10	Методы экстракции. Материальный баланс процесса.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 35-37
	Лаб5	Определение температуры кипения смеси четырёххлористого углерода, бензола и воды	6	2	4	-	Отчет по лабораторной работе № 3
	Лек11	Устройство и расчёт экстракционных аппаратов.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 38-39
	Пр6	Расчёт распылительной экстракционной колонны	6	2	15	-	Отчет по практическому занятию № 3
	Лек12	Адсорбция и её применение в химической технологии. Равновесие в процессах адсорбции. Условия десорбции. Адсорбенты.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 40
	Лаб6	Защита работы «Определение температуры кипения смеси четырёххлористого углерода, бензола и	6	2	6	-	Отчет по лабораторной работе № 3
	Лек13	Материальный баланс процесса адсорбции. Принципиальные схемы адсорбционных процессов.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 41-43
Модуль 1. Массообменные	Пр7	Расчет сушилки с псевдоожиженным слоем.	6	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 4

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
процессы	Лек14	Адсорбционная аппаратура. Схема расчёта адсорберов. Сушка и её применение в химической технологии.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 44, 45
	Лаб7	Изучение процесса ректификации	6	2	4	-	Отчет по лабораторной работе № 4
	Лек15	Способы проведения сушки. Равновесная влажность и связь влаги с материалом. Скорость сушки. Материальный и тепловой балансы сушки.	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 45-47
	Пр8	Расчет сушилки с псевдооживленным слоем.	6	2	10	-	Отчет по практическому занятию № 4
	Лек16	Диаграмма Рамзина. Изображение процессов изменения состояния воздуха и рабочей линии сушки на диаграмме. Принципиальные схемы процессов сушки. Типы сушилок. Схема расчёта	6	2	-	-	Вопросы к экзамену № 48-50
	Лаб8	Защита работы «Изучение процесса ректификации»	6	2	6	-	Отчет по лабораторной работе № 4
	Псц	Посещаемость занятий	6	-	10	-	
	СР	Изучение теоретического материала	6	58	-	-	
		Подготовка к экзамену	6	35.65	-	-	
	ПА	Промежуточная аттестация	6	0.35	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	ТИ	Итоговый тест по курсу через ЦТ			100		
Итого:				216	200		

Схема расчета итогового балла $\langle (\text{Сумма} + T_{\text{ср}})/2 \rangle$ - сумма баллов по всем учебным мероприятиям, предусмотренным в курсе + среднее арифметическое по всем промежуточным тестам, проводимым через ОТ.

5. Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используется технология традиционного обучения – организация учебного процесса в вузе, основанная на лекционно-семинарско-зачетной формах обучения. К формам обучения относятся лекции, практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа. На лекциях в основном используются наглядные и словесные методы обучения, а на практических и лабораторных занятиях – наглядные, словесные и практические методы. Самостоятельная работа включает изучение теоретического материала дисциплины с использованием лекционного курса, *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы.

6. Методические указания по освоению дисциплины

1. Рассмотреть физические, физико-химические, гидромеханические, тепловые основы процессов химической технологии.
2. Сформировать представления об особенностях конструкции химических аппаратов и оборудования.
3. Закрепить умения и навыки расчёта химического оборудования.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
5	ПК-1	Отчеты по практическим занятиям № 1-16 Отчеты по лабораторным работам № 1-8 Отчёт по курсовой работе Тестовые задания № 1-300 Вопросы к зачету № 1-46
6	ПК-1	Отчеты по практическим занятиям № 1-4 Отчеты по лабораторным работам № 1-4 Тестовые задания № 1-400 Вопросы к экзамену № 1-50

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Банки тестовых заданий (размещены на Образовательном портале ТГУ или в системе электронного обучения Moodle)

(наименование оценочного средства)

Типовой(ые) пример(ы) задания(ий)

Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии - 1

1. К какой группе процессов химической технологии относится фильтрование жидкостей или газов через пористую перегородку?

- а) гидромеханические процессы
- б) тепловые процессы
- в) массообменные процессы
- г) механические процессы

2. Какой интервал значений критерия Рейнольдса соответствует переходному режиму движения жидкости в прямых трубах с малой шероховатостью стенок?

- а) $1000 < Re < 2300$
- б) $1000 < Re < 4900$
- в) $2300 < Re < 10000$
- г) $2300 < Re < 4900$

3. Какой интервал значений критерия Рейнольдса соответствует турбулентному режиму осаждения шарообразной частицы в неподвижной неограниченной среде?

- а) $Re > 0,2$
- б) $Re < 0,2$
- в) $0,2 < Re < 500$
- г) $Re > 500$

4. Что представляет собой коэффициент теплопроводности?

- а) количество тепла, переходящее в единицу времени от теплоносителя к хладагенту через единицу поверхности теплообмена при средней разности температур 1°C
- б) количество тепла, переходящее в единицу времени через единицу поверхности при разности температур 1°C на единицу толщины стенки

- в) количество тепла, передаваемое от единицы теплообменной поверхности в окружающую среду (или наоборот) в единицу времени при разности температур теплообменной поверхности и окружающей среды 1°C
- г) количество тепла, необходимое для нагрева единицы количества вещества на 1°C

5. Чему будет равно гидростатическое давление на глубине 15 м от поверхности воды, если давление на поверхность составляет 1 кгс/см^2 ?

- а) $1,15 \text{ кгс/см}^2$
- б) $2,5 \text{ кгс/см}^2$
- в) $8,5 \text{ кгс/см}^2$
- г) 16 кгс/см^2

6. Какое количество осветлённого продукта может быть получено при разделении 1 т суспензии, если содержание твёрдого вещества в суспензии составляет 10% (масс.), в осадке – 80% (масс.), а его содержанием в осветлённом продукте можно пренебречь?

- а) 900 кг
- б) 875 кг
- в) 850 кг
- г) 800 кг

Процессы и аппараты в химической технологии и биотехнологии - 2

1. Какой процесс химической технологии не относится к группе тепловых процессов?

- ☐ конденсация
- ☐ испарение
- ☐ кристаллизация
- ☐ охлаждение

2. Какой критерий характеризует изменение агрегатного состояния вещества в процессе теплообмена?

- ☐ критерий Нуссельта
- ☐ критерий Прандтля
- ☐ критерий Грасгофа
- ☐ критерий Кутателадзе

3. Что является причиной увеличения интенсивности теплообмена в многоходовых теплообменниках по сравнению с одноходовыми?

- ☐ Увеличение скорости движения теплоносителей
- ☐ Увеличение поверхности теплопередачи
- ☐ Увеличение движущей силы теплопередачи
- ☐ Снижение гидравлического сопротивления

4. В многоходовом кожухотрубчатом теплообменнике проходящий по межтрубному пространству толуол охлаждается водой от 106 до 30°C . Вода, проходящая по трубам, нагревается от 11 до 35°C . Определить расход воды, если расход толуола составляет $2,5 \text{ т/ч}$, а его теплоёмкость – $1,80 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$.

- ☐ $3,4 \text{ т/ч}$
- ☐ $14,25 \text{ т/ч}$
- ☐ $18,4 \text{ т/ч}$
- ☐ $4,4 \text{ т/ч}$

5. Что характеризует число единиц переноса в массообменных процессах?
- Изменение концентрации одной из фаз
 - Среднюю движущую силу процесса
 - Поверхность фазового контакта
 - Изменение рабочей концентрации фазы, приходящееся на единицу движущей силы
6. Какая схема проведения абсорбции используется, если уходящий газ на выходе из аппарата контактирует со свежим абсорбентом?
- Прямоточная
 - Противоточная
 - Одноступенчатая с рециркуляцией
 - Многоступенчатая с рециркуляцией
7. Какое соотношение соблюдается между содержаниями легколетучего компонента в исходной смеси (x_F), дистилляте (x_P) и кубовом остатке (x_W) при проведении ректификации?
- $x_F < x_P < x_W$
 - $x_P < x_W < x_F$
 - $x_W < x_F < x_P$
 - $x_P < x_F < x_W$
8. Укажите, какая характеристика соответствует режиму эмульгирования при работе насадочной колонны:
- При данном гидродинамическом режиме работы насадочной колонны количество задерживаемой в насадке жидкости практически не зависит от скорости газа
 - При данном гидродинамическом режиме работы насадочной колонны с возрастанием скорости газа увеличивается смоченная поверхность насадки и, соответственно, интенсивность процесса массопередачи
 - При данном гидродинамическом режиме работы насадочной колонны достигается максимальная эффективность работы колонны по массообмену, но гидравлическое сопротивление колонны при этом резко возрастает
 - Данный гидродинамический режим работы насадочной колонны на практике не используется
9. Определить коэффициент массопередачи K_y в абсорбере, в котором $\beta_y = 6,1 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·с), а $\beta_x = 1,7 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·с). Уравнение линии равновесия в относительных массовых долях: $\bar{Y}^* = 0,61\bar{X}$.
- $1,5 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·с)
 - $1,2 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·с)
 - $1,9 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·с)
 - $1,3 \cdot 10^{-2}$ кг/(м²·с)
10. Уравнение рабочей линии верхней (укрепляющей) части ректификационной колонны: $y = 0,6x + 0,39$. Определить флегмовое число.
- 1,54
 - 1,50
 - 1,46
 - 1,58

Темы письменных работ

№ п/п	Темы
1	Расчет и проектирование ректификационной установки разделения бинарной смеси ацетон - бензол
2	Расчет и проектирование ректификационной установки разделения бинарной смеси ацетон - вода
3	Расчет и проектирование ректификационной установки разделения бинарной смеси ацетон – этанол
4	Расчет и проектирование ректификационной установки разделения бинарной смеси бензол – уксусная кислота
5	Расчет и проектирование ректификационной установки разделения бинарной смеси вода – уксусная кислота
6	Расчет и проектирование ректификационной установки разделения бинарной смеси метанол - вода
7	Расчет и проектирование ректификационной установки разделения бинарной смеси метанол - этанол
8	Расчет и проектирование ректификационной установки разделения бинарной смеси хлороформ - бензол
9	Расчет и проектирование ректификационной установки разделения бинарной смеси этанол - вода
10	Расчет и проектирование ректификационной установки разделения бинарной смеси этилацетат – уксусная кислота
11	Расчет и проектирование установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
12	Расчет и проектирование установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси CuSO_4
13	Расчет и проектирование установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси KCl
14	Расчет и проектирование установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси MgCl_2
15	Расчет и проектирование установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси MgSO_4
16	Расчет и проектирование установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси NH_4Cl
17	Расчет и проектирование установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси NaNO_3
18	Расчет и проектирование установки концентрирования сточных вод, содержащих примеси Na_2SO_4
19	Расчет и проектирование абсорбционной установки для поглощения водой аммиака из воздушноаммиачной смеси
20	Расчет и проектирование абсорбционной установки для поглощения водой диоксида серы из инертного газа (азота)
21	Расчет и проектирование абсорбционной установки для поглощения водой пара метилового спирта из инертного газа
22	Расчет и проектирование абсорбционной установки для поглощения паров бензола из парогазовой смеси поглотительным маслом

Краткое описание и регламент выполнения

Основная цель курсовой работы заключается в закреплении и расширении теоретических знаний студентов, в приобретении ими навыков проведения инженерных расчётов.

По индивидуальному варианту студент проводит расчёты технологической установки. Анализирует конструктивные схемы, выявляя достоинства и недостатки. По полученным расчетным данным студент чертит чертежи в программе Компас 3D.

Законченная и полностью оформленная работа сдаётся на проверку преподавателю. В случае отсутствия ошибок в расчётах студент должен ответить на вопросы преподавателя по теоретическим основам технологического процесса установки.

Критерии оценки:

Оценки	Критерии и нормы оценки
«отлично»	Курсовая работа выполнена в полном объеме и в срок, оформление пояснительной записки соответствует стандарту СТП. Графическая часть выполнена согласно ЕСКД. Защита курсовой работы прошла на высоком уровне, студент показал отличное знание материала, дал чёткие и логичные ответы на вопросы.
«хорошо»	Курсовая работа выполнена в полном объёме и в срок, оформление пояснительной записки соответствует стандарту СТП, с небольшими замечаниями. Графическая часть выполнена согласно ЕСКД, с незначительными ошибками. Защита курсовой работы прошла на хорошем уровне, студент показал хорошее знание материала, дал достаточно логичные и правильные ответы на вопросы.
«удовлетворительно»	Курсовая работа выполнена с нарушением графика и не в срок. Пояснительная записка оформлена с нарушениями СТП, в пояснительной записке допущены неточности в расчётах. Графическая часть также выполнена с нарушениями ЕСКД. Защита прошла на невысоком уровне, были даны нечёткие и неточные ответы на вопросы.
«неудовлетворительно»	Курсовая работа выполнена менее чем на 50%, защита и ответы на вопросы неудовлетворительны.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 5

№ п/п	Вопросы к зачету
1	Классификация химико-технологических процессов и аппаратов.
2	Общие принципы расчета химических процессов и аппаратов.
3	Понятие жидкости в гидромеханике. Гидростатика и гидродинамика. Закон Паскаля.
4	Уравнение неразрывности (сплошности) потока для неустановившегося и

№ п/п	Вопросы к зачету
	установившегося течения.
5	Дифференциальные уравнения движения Эйлера. Уравнение Бернулли.
6	Режимы движения жидкости. Критерий Рейнольдса.
7	Дифференциальное уравнение Навье-Стокса. Теория подобия.
8	Трубопроводы и трубопроводная арматура. Расчёт трубопровода.
9	Насосы: принцип действия и классификация.
10	Компрессоры: принцип действия и классификация.
11	Разделение неоднородных систем: классификация неоднородных систем, основные методы их разделения. Материальный баланс процесса разделения.
12	Отстаивание: сущность процесса, определение производительности отстойника и скорости осаждения.
13	Центрифугирование: сущность процесса, определение производительности аппарата, скорости и продолжительности осаждения.
14	Осаждение под действием электрического поля: сущность процесса, определение скорости и времени осаждения.
15	Фильтрование: сущность процесса и его применение. Движущая сила, сопротивление и скорость процесса.
16	Режимы постоянного перепада давления и постоянной скорости при фильтровании. Основное уравнение фильтрования. Определение поверхности фильтра.
17	Скорость и кинетическое уравнение фильтрования под действием центробежной силы. Определение фильтрующей поверхности центрифуг.
18	Мокрая очистка газов: сущность процесса, аппаратное оформление.
19	Основные способы и характеристика процесса перемешивания в жидкой среде. Типы мешалок.
20	Определение расхода энергии на перемешивание. Подбор мешалок методом последовательных приближений.
21	Сущность процесса псевдоожижения твердого зернистого материала. График изменения перепада давления в зернистом слое.
22	Общая характеристика тепловых процессов. Основное уравнение теплопередачи. Виды передачи тепла.
23	Передача тепла теплопроводностью.
24	Конвективный теплообмен.
25	Тепловое излучение.
26	Лучистый теплообмен между двумя плоскими параллельно расположенными телами.
27	Совместная передача тепла конвекцией и тепловым излучением.
28	Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Зависимость между коэффициентом теплопередачи и коэффициентами теплоотдачи.
29	Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Средняя движущая сила тепловых процессов.
30	Нагревание водяным паром. Тепловой баланс процесса, определение расхода пара.
31	Нагревание топочными газами. Тепловой баланс процесса, определение расхода топлива.
32	Нагревание промежуточными теплоносителями. Определение тепловой производительности установки и расхода промежуточного теплоносителя.
33	Нагревание электрическим током. Тепловой баланс процесса.
34	Охлаждение.
35	Поверхностная конденсация.

№ п/п	Вопросы к зачету
36	Конденсация смешением.
37	Конструкции трубчатых теплообменных аппаратов.
38	Конструкции теплообменных аппаратов с плоской поверхностью теплопередачи.
39	Конструкции смесительных и регенеративных теплообменников.
40	Схема расчёта теплообменных аппаратов.
41	Выпаривание, его основные способы. Выпаривание с применением теплового насоса.
42	Простое выпаривание: материальный и тепловой балансы процесса.
43	Определение поверхности нагрева выпарного аппарата и полезной разности температур.
44	Сущность многократного выпаривания, материальный и тепловой балансы процесса.
45	Определение общей полезной разности температур многокорпусных выпарных установок и ее распределение по корпусам.
46	Устройство выпарных аппаратов.

Семестр _____ 6 _____

№ п/п	Вопросы к экзамену
1	Нагревание водяным паром. Тепловой баланс процесса, определение расхода пара.
2	Нагревание топочными газами. Тепловой баланс процесса, определение расхода топлива.
3	Нагревание промежуточными теплоносителями. Определение тепловой производительности установки и расхода промежуточного теплоносителя.
4	Нагревание электрическим током. Тепловой баланс процесса.
5	Охлаждение.
6	Поверхностная конденсация.
7	Конденсация смешением.
8	Конструкции трубчатых теплообменных аппаратов.
9	Конструкции теплообменных аппаратов с плоской поверхностью теплопередачи.
10	Конструкции смесительных и регенеративных теплообменников.
11	Схема расчёта теплообменных аппаратов.
12	Массообменные процессы, их виды и характеристика. Способы выражения составов фаз.
13	Материальный баланс массообменных процессов. Основное уравнение массопередачи.
14	Средняя движущая сила массообменных процессов.
15	Основные законы массопередачи.
16	Зависимость между коэффициентами массопередачи и массоотдачи.
17	Сущность процесса абсорбции. Законы Генри, Дальтона.
18	Материальный баланс процесса абсорбции. Минимальный расход поглотителя.
19	Принципиальные схемы процессов абсорбции.
20	Разделение жидких смесей перегонкой. Способы проведения данного процесса.
21	Сущность процесса ректификации. Изображение процесса на t-x-y диаграмме.
22	Принципиальные схемы периодически действующих ректификационных установок.
23	Принципиальные схемы непрерывно действующих ректификационных установок.

№ п/п	Вопросы к экзамену
24	Материальный баланс процесса ректификации.
25	Положение линий рабочих концентраций на y - x диаграмме. Нахождение оптимального флегмового числа.
26	Тепловой баланс процесса ректификации.
27	Ректификация многокомпонентных смесей, экстрактивная и азеотропная ректификация.
28	Аппаратурное оформление процессов абсорбции и ректификации. Плёночные и насадочные аппараты.
29	Аппаратурное оформление процессов абсорбции и ректификации. Тарельчатые, роторные аппараты и распыливающие абсорберы.
30	Схема расчёта насадочных аппаратов для проведения абсорбции и ректификации.
31	Схема расчёта тарельчатых аппаратов для проведения абсорбции и ректификации.
32	Сущность процесса экстракции, его принципиальная схема. Равновесие в процессах экстракции.
33	Треугольная диаграмма. Изображение процессов разбавления и смешения на треугольной диаграмме. Виды треугольных диаграмм.
34	Кривая равновесия процесса экстракции на треугольной диаграмме. Нахождение хорд равновесия и критической точки. Влияние температуры и давления на равновесие в процессах экстракции.
35	Методы экстракции: однократная экстракция; многократная экстракция с перекрёстным током растворителя; многократная экстракция двумя экстрагентами.
36	Многократная экстракция с противотоком растворителя. Материальный баланс экстракции. Определение числа теоретических ступеней.
37	Непрерывная и ступенчатая противоточные экстракции.
38	Устройство и расчёт смесительно-отстойных экстракторов. Центробежные экстракторы.
39	Устройство и расчёт колонных экстракторов.
40	Сущность процессов адсорбции. Виды адсорбентов. Равновесие в процессах адсорбции.
41	Адсорберы с неподвижным зернистым адсорбентом: устройство, принципиальная схема и определение продолжительности процесса адсорбции.
42	Адсорберы с движущимся зернистым адсорбентом: устройство, принципиальная схема процесса, определение высоты зоны адсорбции и времени адсорбции.
43	Адсорберы с циркулирующим псевдооживленным пылевидным адсорбентом: устройство, принципиальная схема процесса адсорбции; определение времени пребывания адсорбента в аппарате.
44	Схема расчёта адсорберов.
45	Сушка. Способы ее проведения. Равновесие в процессах сушки.
46	Скорость и продолжительность сушки.
47	Материальный и тепловой балансы сушки.
48	Диаграмма I - x для влажного воздуха. Изображение процессов изменения состояния воздуха и построение рабочей линии сушки на диаграмме.
49	Принципиальные схемы процессов сушки.
50	Виды и расчёт сушилок.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
5	Зачёт (тестирование)	«зачтено»	оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент в результате тестирования и за выполнение и защиту лабораторных работ получает 55 и более баллов по формуле: «(Сумма/2) - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + тестирование), предусмотренным в курсе
		«не зачтено»	оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент в результате тестирования и за выполнение и защиту лабораторных работ получает менее 55 баллов по формуле: «(Сумма/2) - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + тестирование), предусмотренным в курсе
	Зачёт (устно)	«зачтено»	оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент дал ответы на не менее, чем на 80% вопросов для устного зачёта, заданных преподавателем (задаётся не менее 2 вопросов)
		«не зачтено»	оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент дал ответы менее, чем на 80% вопросов, заданных преподавателем (задаётся не менее 2 вопросов)
6	Экзамен (тестирование)	«отлично»	оценка «отлично» выставляется студенту, если итоговая оценка составляет 85-100 баллов по формуле: «(Сумма/2) - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + практические занятия + тестирование), предусмотренным в курсе
		«хорошо»	оценка «хорошо» - если итоговая оценка составляет 70-84 баллов по формуле:

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			«(Сумма/2)» - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + практические занятия + тестирование), предусмотренным в курсе
		«удовлетворительно»	оценка «удовлетворительно» - если итоговая оценка составляет 55-69 баллов по формуле: «(Сумма/2)» - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + практические занятия + тестирование), предусмотренным в курсе
		«неудовлетворительно»	оценка «неудовлетворительно» - если итоговая оценка составляет менее 55 баллов по формуле: «(Сумма/2)» - сумма баллов по всем учебным мероприятиям (лабораторные работы + практические занятия + тестирование), предусмотренным в курсе
	Экзамен (устно)	«отлично»	оценка «отлично» выставляется, если экзаменуемый правильно, четко и в полном объеме изложил теоретический материал, проявив полную самостоятельность и творческий подход при обосновании утверждений
		«хорошо»	оценка «хорошо» выставляется, если ответ в целом отвечает требованиям к оценке «отлично», но проверяемый допускал отдельные неточности, вызвал необходимость дополнительных (уточняющих) вопросов и дал на них правильные ответы
		«удовлетворительно»	оценка «удовлетворительно» выставляется, если проверяемый показал при ответе знания основного учебного материала, но затруднялся подтвердить теоретические положения

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			конкретными примерами или обосновать их, докладывал материал недостаточно четко, иногда требовал наводящих вопросов
		«неудовлетворительно»	оценка «неудовлетворительно» выставляется, если проверяемый допускал грубые ошибки при ответе на поставленные вопросы, не знал порядок применения полученных знаний на практике

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.; под ред. В.Ф. Фролова.	Массообменные процессы химической технологии	Учебное пособие	2020	ЭБС «IPRbooks»
2	Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.	Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи)	Учебное пособие	2020	ЭБС «IPRbooks»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Таранцева К. Р., Таранцев К.В.	Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды	Учебное пособие	2014	ЭБС «Znanium.com»
2	Макаренков Д.А., Назаров В.И., Баринский Е.А.	Процессы и аппараты химических технологий	Учебное пособие	2016	ЭБС «Znanium.com»
3	Потехин В.М., Потехин В.В.	Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»
4	Поникаров И.И., Поникаров С.И.,	Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки	Учебное пособие	2017	ЭБС «Лань»

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Таранцева К. Р., Таранцев К.В.	Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды	Учебное пособие	2014	ЭБС «Znanium.com»
2	Макаренков Д.А., Назаров В.И., Баринский Е.А.	Процессы и аппараты химических технологий	Учебное пособие	2016	ЭБС «Znanium.com»
	Рачковский С. В..				

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Интернет-портал «Лекториум»;
- Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов;
- Федеральный портал «Открытое образование».
- **Oriental Journal Of Chemistry** Научный рецензируемый журнал открытого доступа. **Страна:** Индия. **Язык:** английский. Публикует результаты научных исследований в области общей химии, биохимии, спектроскопии, химии окружающей среды. Доступен полнотекстовый архив с 2008 года: <http://www.orientjchem.org/Archive.php>
- **American Journal of Engineering and Applied Sciences**. Рецензируемый журнал - публикует результаты исследований в области инженерных наук (прикладная физика и прикладная математика, автоматизация и управление, химическая технология, компьютерная техника, информатику, инженерные данные и разработка программного обеспечения, экологическая инженерия, электротехника, промышленная инженерия, информационные технологии и информатика, материаловедение, измерение и метрология, машиностроение, медицинская физика, энергетика, обработка сигналов и телекоммуникации: <http://thescipub.com/journals/ajeas>
- **Philosophical Transactions**. Журнал предоставляет свободный доступ к научным публикациям по следующим темам: инженерные, физические, математические науки: <http://rsta.royalsocietypublishing.org/>
- **Journal of Engineering and Applied Sciences (Medwell Journals)**. Журнал представляет статьи с результатами научных исследований в области инженерных наук (математика, электротехника, машиностроение, энергетика, автомобилестроение, биохимическая инженерия, строительная инженерия и т.д.): <http://www.medwelljournals.com/archive.php?jid=1816-949x>
- **DOAJ**. Ресурс, который обеспечивает доступ к полнотекстовым электронным журналам предназначен для поиска по названию статьи (журнала) или по теме. DOAJ ставит целью всестороннее освещение научной периодики, находящейся в открытом доступе и использующей определенные меры, гарантирующие достойное качество их содержания: <https://doaj.org/>

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	бессрочная
2	Office Standart	бессрочная

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория "Процессов и АХП". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная	Лабораторные установки по изучению процесса ректификации, процесса теплопередачи (труба в трубе),

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-118)	лабораторная установка для измерения давления, стационарное медиа оборудование, интерактивная доска. Столы ученические , стулья ученические.
2	Лаборатория «Технология органических соединений». Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. (А-311)	Столы лабораторные островные физические; Столы островные химические; полки для посуды; мойки; Столы лабораторные; Столы письменные; шкаф вытяжной 1500ШВ; шкафы сушильный WS31; баня водяная многоместная; печь муфельная.; плитка электрическая; магнитная мешалка.; термостат VT8; аппарат для определения температуры вспышки; лабораторная ректификационная колонна; весы аналитические ВЛР200; весы электронные HL100; штативы лабораторные; табуреты лабораторные; стул; химическая посуда, доска меловая.
3	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (А-306)	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), таблица Менделеева .
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся. (Г-401)	Столы, стулья, компьютеры