

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 и биотехнологии

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

направленность (профиль)

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов

Форма обучения: заочная

Год набора: 2021

Общая трудоемкость: 10 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7	8	Итого
Форма контроля	Зачет	КР, экзамен	
Вид занятий			
Лекции	8	8	16
Лабораторные	4	2	6
Практические	4	6	10
Руководство: курсовые работы		1	1
Промежуточная аттестация	0.25	0.35	0.6
Контактная работа	16.25	17.35	33.6
Самостоятельная работа	160	154	314
Контроль	3.75	8.65	12.4
Итого	180	180	360

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 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2026 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Химическая технология и ресурсосбережение»

(протокол заседания № 1 от «07 » сентября 2020 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; физическая и коллоидная химия.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: химия и технология органических веществ; технология переработки и утилизации отходов; химия и технология неорганических веществ; процессы и аппараты защиты окружающей среды.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-1. Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с способностью участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду	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 технологическое сопровождение всех этапов химико-технологического процесса получения продукции и обеспечения ее качества производства неорганических и органических веществ для решения задач профессиональной деятельности	Знать: основы современной технологии и особенности работы оборудования в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии
		Уметь: использовать знания о процессах и аппаратах химической технологии и биотехнологии для решения задач профессиональной деятельности
		Владеть: навыками технологического сопровождения процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
	ПК-1.3. Разрабатывает и реализует мероприятия по реконструкции и модернизации производственных мощностей с позиций энерго- и ресурсосбережения и минимизации воздействия на окружающую среду	Знать: условия проведения процессов химической технологии и биотехнологии с целью энерго- и ресурсосбережения и минимизации воздействия на окружающую среду
		Уметь: определять пути повышения эффективности процессов химической технологии и биотехнологии с целью энерго- и ресурсосбережения и минимизации воздействия на окружающую среду
		Владеть: методами оптимизации проведения отдельных стадий процессов химической технологии и биотехнологии с целью энерго- и ресурсосбережения и минимизации воздействия на окружающую среду
	ПК-1.4. Использует в профессиональной деятельности методы управления технологическими процессами органического синтеза и способы рекуперации и утилизации отходов производств органического синтеза	Знать: способы рекуперации и утилизации отходов при проведении процессов химической технологии и биотехнологии
		Уметь: использовать в профессиональной деятельности знания в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии
		Владеть: методами управления процессами химической технологии и биотехнологии
ПК-2. Способен использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ и баз данных для расчета технологических параметров оборудования и мониторинга природных сред	ПК-2.1. Использует современные ИТ-технологии при сборе, анализе, обработке и представлении информации о химико-технологическом процессе и анализе состояния природных сред	Знать: возможности применения прикладных программ и баз данных для проведения расчётов в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии
		Уметь: использовать современные ИТ-технологии при сборе, анализе, обработке и представлении информации в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии
	ПК-2.2. Имеет практический опыт	Знать: методы расчёта технологических параметров

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
	применения прикладных программ для расчета технических параметров энерго- и ресурсосберегающих процессов и проведения мониторинга природных сред	оборудования, материальных и тепловых балансов в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии
		Уметь: применять программные средства для расчётов и обработки экспериментальных данных в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии
		Владеть: навыками применения компьютера как средства управления графической и текстовой информацией, базами данных в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии
ПК-3. Способен изучать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований	ПК-3.1. Проводит поиск и анализ научно-технической информации в области использования ресурсосберегающих технологий в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Знать: основные направления поиска и анализа научно-технической информации в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии
		Уметь: проводить обработку информации и отбирать необходимые и достаточные исходные данные для последующего расчёта технологических параметров в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии
	ПК-3.2. Критически анализирует информацию, необходимую для оптимизации проведения энерго- и ресурсосберегающих процессов, с целью повышения эффективности производства	Владеть: навыками работы с информационными и сетевыми технологиями в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии
		Знать: источники научно-технической информации в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии Уметь: использовать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт в области процессов и аппаратов химической технологии и биотехнологии

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		Владеть: опытом анализа научно-технической информации в области процессов и аппаратов 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.	7	2	-	-	Вопросы к зачёту № 1-2
	Пр1	Расчёт насоса	7	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 1
	Лек2	Идеальные и реальные жидкости. Гидравлика и гидравлические процессы.	7	2	-	-	Вопросы к зачёту № 3-4
	Лаб1	Гидростатическое давление и его свойства	7	2	-	-	Отчет по лабораторной работе № 1
	Лек3	Основы гидрокинетики и гидродинамики. Трубопроводы. Насосы и компрессоры.	7	2	-	-	Вопросы к зачёту № 4-10
	Пр2	Расчёт вентилятора	7	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 2
	Лек4	Гидромеханические процессы разделения неоднородных систем. Материальный баланс процесса разделения. Отстаивание	7	2	-	-	Вопросы к зачёту № 11-12
	Лаб2	Осаждение твёрдых частиц в жидкой среде	7	2	-	-	Отчет по лабораторной работе № 2
	СР	Осаждение под действием центробежных сил, электрического поля.	7	12	-	-	Вопросы к зачёту № 13-14

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Гидромеха- нические процессы	СР	Фильтрация. Мокрая очистка газов.	7	12	-	-	Вопросы к зачёту № 15-18
	СР	Перемешивание в жидкой среде. Псевдоожижение твердого зернистого материала.	7	12	-	-	Вопросы к зачёту № 19-21
Модуль 2. Тепловые процессы	СР	Основы теории тепловых процессов. Способы передачи тепла. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.	7	13	-	-	Вопросы к зачёту № 22-23
	СР	Конвективный теплообмен. Закон Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа.	7	13	-	-	Вопросы к зачёту № 24-27
	СР	Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Движущая сила тепловых процессов. Вычисление средней разности температур для прямотока, противотока, перекрестного и смешанного тока теплоносителей.	7	13	-	-	Вопросы к зачёту № 28-29
	СР	Процессы нагрева и испарения.	7	12	-	-	Вопросы к зачёту № 30-33
	СР	Процессы охлаждения и конденсации.	7	12	-	-	Вопросы к зачёту № 34-36
	СР	Классификация и конструкции теплообменных аппаратов.	7	12	-	-	Вопросы к зачёту № 37-39
Модуль 2. Тепловые	СР	Основные методы расчета теплообменных аппаратов.	7	12	-	-	Вопросы к зачёту № 37-40

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
процессы	СР	Выпаривание и его применение в химической технологии. Простое выпаривание. Выпаривание с применением теплового насоса.	7	12	-	-	Вопросы к зачёту № 41-43
	СР	Многократное выпаривание. Сущность и преимущества многократного выпаривания. Схема расчёта выпарных установок.	7	12	-	-	Вопросы к зачёту № 44-45
	СР	Конструкции выпарных аппаратов и их классификация. Выпарные аппараты со свободной, естественной и принудительной циркуляцией раствора. Плёночные выпарные аппараты.	7	13	-	-	Вопросы к зачёту № 46
	ПА	Промежуточная аттестация	7	0.25	-	-	
		Подготовка к зачёту		3.75	100		
Итого:				180	100		

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. Массо- обменные процессы	Лек1	Основы теории массообменных процессов, массопередача. Способы выражения составов фаз. Материальный баланс массообменных процессов.	8	2	-	-	Вопросы к экзамену № 12-13
	Пр1	Расчёт насадочного абсорбера	8	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 1
	Лек2	Основное уравнение массопередачи. Средняя движущая сил массообменных процессов. Зависимость между коэффициентами массопередачи и массоотдачи.	8	2	-	-	Вопросы к экзамену № 14-16
	Лаб1	Испытание теплообменника типа «труба в трубе»	8	2	-	-	Отчет по лабораторной работе № 1
	Лек3	Абсорбция. Материальный и тепловой балансы процесса абсорбции. Принципиальные схемы абсорбционных процессов.	8	2	-	-	Вопросы к экзамену № 17-19
	Пр2	Расчёт тарельчатой ректификационной колонны	8	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 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. Массо- обменные процессы	Лек4	Разделение жидких смесей перегонкой. Простая перегонка, перегонка с дефлегмацией, перегонка в токе водяного пара, инертного газа, молекулярная перегонка.	8	2	-	-	Вопросы к экзамену № 20
	Пр3	Расчёт распылительной экстракционной колонны	8	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 3
	СР	Ректификация. Принципиальные схемы процессов ректификации. Материальный	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 21-23
	СР	Уравнения рабочих линий процесса ректификации. Положение рабочих линий на у-х диаграмме и их построение Метод нахождения оптимального флегмового числа.	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 24-25
	СР	Тепловой балансы процесса ректификации. Установки для ректификации многокомпонентных смесей, экстрактивной и азеотропной ректификации.	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 26-27
	СР	Аппаратурное оформление процессов абсорбции и ректификации. Расчёт аппаратов для проведения абсорбции и ректификации.	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 28-31
Модуль 1. Массо- обменные	СР	Экстракция и её применение в химической технологии. Принципиальная схема процесса. Равновесие в процессах экстракции. Треугольная диаграмма.	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 32-34

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
процессы	СР	Методы экстракции. Материальный баланс процесса.	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 35-37
	СР	Устройство и расчёт экстракционных аппаратов.	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 38-39
	СР	Адсорбция и её применение в химической технологии. Равновесие в процессах адсорбции. Условия десорбции. Адсорбенты.	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 40
	СР	Материальный баланс процесса адсорбции. Принципиальные схемы абсорбционных процессов.	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 41-43
	СР	Адсорбционная аппаратура. Схема расчёта адсорберов.	8	11	-	-	Вопросы к экзамену № 44
	СР	Сушка и её применение в химической технологии. Способы проведения сушки. Равновесная влажность и связь влаги с материалом. Скорость сушки.	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 45-46
	СР	Материальный и тепловой балансы сушки. Диаграмма Рамзина. Изображение процессов изменения состояния воздуха и рабочей линии сушки на диаграмме.	8	12	-	-	Вопросы к экзамену № 47-48
	СР	Принципиальные схемы процессов сушки. Типы сушилок. Схема расчёта сушилок.	8	11	-	-	Вопросы к экзамену № 49-50
	КР	Защита курсовой работы	8	1	-	-	
	ПА	Промежуточная аттестация	8	0.35	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
		Подготовка к экзамену	8	8.65	-	-	
Итого:				180	-		

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
7	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Отчёты по практическим занятиям №1-2. Отчёты по лабораторным работам № 1-2. Вопросы к зачёту № 1-46
8	ПК-1, ПК-2, ПК-3	Отчёты по практическим занятиям №1-3. Отчёты по лабораторным работам № 1. Курсовая работа. Вопросы к экзамену № 1-50

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

7.2.1. Комплект заданий для практических занятий

Расчёт насоса

Подобрать насос для перекачивания воды при температуре 20 °С из открытой ёмкости в аппарат, работающий под избыточным давлением p (МПа). Расход воды Q (м³/с). Геометрическая высота подъёма воды 15 м. Длина трубопровода на линии всасывания 10 м, на линии нагнетания 40 м. На линии нагнетания имеются два отвода под углом 120°, десять отводов под углом 90° с радиусом поворота, равным 6 диаметрам трубы, и два нормальных вентиля. На всасывающем участке трубопровода установлено два прямооточных вентиля, имеется четыре отвода под углом 90° с радиусом поворота, равным 6 диаметрам трубы. Проверить возможность установки насоса на высоте 4 м над уровнем воды в ёмкости.

Расчёт вентилятора

Подобрать вентилятор для перекачивания воздуха через адсорбер. Расход воздуха Q (м³/с), температура t (°С). Воздух вводится в нижнюю часть адсорбера. Давление исходного воздуха и над слоем адсорбента атмосферное. Сорбент представляет собой частицы, плотность которых $\rho_t = 800$ кг/м³, средний размер $d_{\text{ср}} = 0,00205$ м, фактор формы $\Phi = 0,8$. Высота неподвижного слоя сорбента 0,65 м, порозность $\varepsilon = 0,4$ м³/м³. Внутренний диаметр адсорбера $D = 1,34$ м. Длина трубопровода от точки забора воздуха до адсорбера составляет 20 м. На трубопроводе имеются четыре колена под углом 90° и одна задвижка.

Расчет насадочного абсорбера

Рассчитать насадочный абсорбер для улавливания бензольных углеводородов из коксового газа каменноугольным маслом при следующих условиях:

- производительность по газу при нормальных условиях V_0 (м³/с);
- концентрация бензольных углеводородов в газе при нормальных условиях:
 - на входе в абсорбер y_n (кг/м³);
 - на выходе из абсорбера $y_k = 2 \cdot 10^{-3}$ кг/м³;
- содержание углеводородов в поглотительном масле, подаваемом в абсорбер, x_n , % (масс.);
- абсорбция изотермическая, средняя температура потоков в абсорбере $t = 20$ °С;
- давление газа на входе в абсорбер $P = 0,119$ МПа.

Расчет тарельчатой ректификационной колонны

Рассчитать ректификационную колонну непрерывного действия с ситчатыми тарелками для разделения под атмосферным давлением G_F т/ч жидкой смеси, содержание легколетучего компонента в исходной смеси x_F , в дистилляте x_D , в кубовом остатке x_W (% масс.); греющий пар имеет давление $p_{изб} = 3$ кгс/см²

Расчёт экстракционной распылительной колонны

Определить размеры распылительной колонны для извлечения фенола из воды экстракцией бензолом при следующих условиях:

- расход исходной смеси V_x (м³/ч);
- начальная концентрация фенола в воде $c_{хн}$ (кг/м³);
- конечная концентрация фенола в воде $c_{хк}$ (кг/м³);
- начальная концентрация фенола в экстрагенте 0,01 кг/м³;
- температура в экстракторе $t = 20$ °С.

7.2.2 Темы письменных работ

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

Краткое описание и регламент выполнения

Курсовая работа включает расчёт типовой установки (выпарной, абсорбционной, ректификационной). При выполнении работы студент изучает действующие стандарты,

справочную литературу, приобретает навыки выбора аппаратуры, оформления технической документации.

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется, если курсовая работа выполнена в полном объеме и в срок, оформление пояснительной записки соответствует стандарту СТП. Защита курсовой работы прошла на высоком уровне, студент показал отличное знание материала, дал четкие и логичные ответы на вопросы;
- оценка «хорошо» выставляется, если курсовая работа выполнена в полном объеме и в срок, оформление пояснительной записки соответствует стандарту СТП, с небольшими замечаниями и пометками. Защита курсовой работы прошла на хорошем уровне, студент показал хорошее знание материала, дал достаточно логичные и правильные ответы на вопросы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется, если курсовая работа выполнена с нарушением графика и не в срок. Пояснительная записка оформлена с нарушениями СТП, в пояснительной записке допущены неточности в расчетах. Защита прошла на невысоком уровне, были даны нечеткие и неточные ответы на вопросы;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется, если 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 7

№ 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 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	Фильтрация: сущность процесса и его применение. Движущая сила, сопротивление и скорость процесса.
16	Режимы постоянного перепада давления и постоянной скорости при фильтрации. Основное уравнение фильтрации. Определение поверхности фильтра.
17	Скорость и кинетическое уравнение фильтрации 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

№ п/п	Вопросы к зачету
	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.
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 ____8____

№ 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.

№ п/п	Вопросы к экзамену
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.
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 псевдоожиженным пылевидным адсорбентом: устройство, принципиальная схема процесса адсорбции; определение времени пребывания адсорбента в аппарате.
44	Схема расчёта адсорберов.

№ п/п	Вопросы к экзамену
45	Сушка. Способы ее проведения. Равновесие в процессах сушки.
46	Скорость и продолжительность сушки.
47	Материальный и тепловой балансы сушки.
48	Диаграмма I -х 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	
7	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)
8	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,

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			но затруднялся подтвердить теоретические положения 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	2017	ЭБС «IPRbooks»
2	Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.	Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи)	Учебное пособие	2017	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	Потехин В.М., Потехин В.В.	Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»
3	Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С. В..	Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки	Учебное пособие	2017	ЭБС «Лань»
4	Макаренков Д.А., Назаров В.И., Баринский Е.А.	Процессы и аппараты химических технологий	Учебное пособие	2016	ЭБС «Znanium.com»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

– Бутлеровские сообщения

Научный англо-русскоязычный химический журнал. Публикует статьи по основным разделам химии и смежным дисциплинам. **Журнал входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ.** Для зарегистрированных пользователей сайта доступен полнотекстовый архив с 1999 года: <http://butlerov.com/stat/reports/view.asp?lang=ru>

– Химия в интересах устойчивого развития

В журнале публикуются оригинальные научные сообщения и обзоры по химии процессов, представляющих основу принципиально новых технологий, создаваемых в интересах устойчивого развития, или усовершенствования действующих, сохранения природной среды, экономии ресурсов, энергосбережения. **Входит в Перечень ВАК и систему РИНЦ.** Доступен полнотекстовый архив с 2001 по 2005 год: <http://www.sibran.ru/journals/Hviur/>

– **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/>

– 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>

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 «Процессы и АХП». 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-118	8 лабораторных установок, стационарное медиаоборудование, интерактивная доска, стол ученический – 12 шт.
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-307	Столы ученические трехместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский доска аудиторная (меловая).
4	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	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), таблица Менделеева .

№ 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
	проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. А-306	
6	Помещение для самостоятельной работы студентов. Г-401	Стол ученический-26 шт., стул-26 шт., компьютер с выходом в сеть интернет-16 шт.