

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

Б1.О.22
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая химическая технология

(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: 28 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по сессиям

Сессия	3	4	4	5	Итого
Форма контроля	Зачет	Экзамен	Зачет	Экзамен	
Вид занятий					
Лекции	4	4	4	2	14
Лабораторные	4	4	4	6	18
Практические	8	8	8		24
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР					
Промежуточная аттестация	0.25	0.35	0.25	0.35	1.2
Контактная работа	16.25	16.35	16.25	8.35	57.2
Самостоятельная работа	268	263	88	307	926
Контроль	3.75	8.65	3.75	8.65	24.8
Итого	288	288	108	324	1008

Рабочую программу составил(и):

Доцент, доцент, канд. тех. наук. Капустин П.П.

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

Преподаватель, ученое звание отсутствует, ученая степень отсутствует, Гущина Т.П.

(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 – изучение теоретических закономерностей основных процессов химической технологии, знакомство с теорией химических реакторов и общими принципами разработки химико-технологических процессов на основе системного подхода.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Проблемы устойчивого развития», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Аналитическая химия и физико-химические методы анализа».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Коллоидная химия», «Технологии переработки и утилизации отходов», «Инструментальные методы химического анализа в рациональном использовании сырьевых и энергетических ресурсов», «Химия и технология неорганических веществ», «Процессы и аппараты защиты окружающей среды», «Экологическая экспертиза».

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1 – Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов	ОПК-1.1. Знает теоретические основы общей и неорганической химии и понимает принципы строения вещества и протекания химических процессов	Знать: – основные концепции создания химико-технологических систем; – типы моделей химико-технологической системы.
		Уметь: – применять основные концепции создания химико-технологических систем при анализе существующей и моделировании новой химико-технологической систем; – применять различные модели при анализе существующей и моделировании новой химико-технологической системы.
		Владеть: – способами анализа эффективности работы химических производств, расчета и анализа процессов в химических реакторах.
ПК-1 – Способен осуществлять технологический процесс в соответствии с способностью участвовать в совершенствовании	ПК-1.5. Использовать в профессиональной деятельности методы управления технологическими процессами органического синтеза и способы	Знать: – сформированные и систематические знания методов совершенствования технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, методов

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду	рекуперации и утилизации отходов производств органического синтеза	минимизации воздействия на окружающую среду.
		Владеть: – успешно и систематически методами совершенствования технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, методами минимизации воздействия на окружающую среду.
		Уметь: – успешно и систематически совершенствовать технологический процесс с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду.
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: – показатели эффективности химико-технологической системы; – показатели экологичности химико-технологической системы.
		Уметь: – рассчитать показатели эффективности технологического процесса; – определить показатели экологичности химико-технологического процесса.
		Владеть: – методами расчета показателей эффективности технологического процесса; – методами определения показателей экологичности химико-технологического процесса.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура и содержание дисциплины «Общая химическая технология 1»

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Общие сведения о химической технологии. Химико-технологическая система.	Лек 1	Физико-химические закономерности в химической технологии	3	2	-	-	
	Пр 1	Решение задач по химическим уравнениям. Расчеты с применением газовых законов	3	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 1
	Лаб 1	Определение плотности растворителей	3	4	-	-	Отчет по лабораторной работе № 1
	Ср 1	Определение степени влагопоглощения адсорбента	3	10	-	-	
	Лек 2	Химическое производство и химико-технологический процесс, структура, состав и компоненты химического производства (сырьевая и энергетическая база химической промышленности)	3	2	-	-	
	Пр 2	Состав исходных и реакционных смесей	3	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 2

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр 3	Анализ изменения расходных коэффициентов по сырью на основании расчета материального баланса реактора	3	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 3
	Ср 2	Особенности составления материальных балансов для необратимых реакция	3	10	-	-	
	Ср 3	Особенности составления материальных балансов для обратимых реакций	3	10	-	-	
	Ср 4	Схемы производства. операционная и технологическая схемы производства, открытая и циркуляционная схемы. Условные обозначения аппаратов и машин	3	10	-	-	
	Пр 4	Методика расчета тепловых балансов	3	4	-	-	Отчет по практическому занятию № 4
	Ср 5	Основные характеристики, показатели качества и параметры управления химико-технологических процессов	3	10	-	-	
	Ср 6	Основные технологические показатели химико-технологических процессов	3	10	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср 7	Исследование влияния управляющих параметров на изменение равновесного состава реакционной смеси	3	10	-	-	
	Ср 8	Исследование равновесия «двухкомпонентный раствор – пар» для полностью смешивающихся жидкостей, не образующих азеотропных смесей	3	10	-	-	
	Ср 9	Исследование влияния управляющих параметров на наблюдаемую скорость ХТП	3	10	-	-	
	Ср 10	Исследование равновесия «раствор – пар» полностью смешивающихся жидкостей, образующих азеотропные смеси	3	10	-	-	
	Ср 11	Системный уровневый метод анализа химико-технологических процессов	3	10	-	-	
	Ср 12	Анализ энергозатрат для реакторов с различным температурным режимом	3	10	-	-	
	Ср 13	Расчет исходных коэффициентов	3	10	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср 14	Перспективы развития химической технологии как науки. Развитие новых поколений высокоэффективных химико-технологических процессов, включая каталитические, электрохимические, фотохимические, мембранные	3	10	-	-	
	Ср 15	Процессы гидролиза, гидратации, этерификации	3	10	-	-	
	Ср 16	Гидролиз карбоната натрия	3	10	-	-	
	Ср 17	Определение энтальпии гидратации (теплоты гидратации) вещества	3	10	-	-	
	Ср 18	Решение задач по химической термодинамике и термохимии	3	10	-	-	
	Ср 19	Процессы сернокислотной гидратацией олефинов	3	10	-	-	
	Ср 20	Процессы переработки нефтяного сырья	3	10	-	-	
	Ср 21	Определение физических свойств нефтепродуктов	3	10	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср 22	Получение синтетических жирных кислот окислением нормальных парафиновых	3	10	-	-	
	Ср 23	Защита лабораторных работ	3	10	-	-	
	Ср 24	Контрольная работа «Решение материальных и энергетических балансов»	3	10	-	-	
	Ср 25	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по лабораторным работам и практическим занятиям	3	28	-	-	
	ПА		3	0.25	-	-	
	Подготовка к зачету		3	3.75	-	-	Зачет
Итого:				288	-		

4.2 Структура и содержание дисциплины «Общая химическая технология 2»

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Химизм и механизмы основных химико-технологических процессов	Лек 1	Термические процессы. Пиролиз и крекинг нефтепродуктов. Радикально-цепной механизм деструкции углеводородов. Термическое дегидрирование. Возможности управления процессом	4	4	-	-	
	Пр 1	Гетерогенные реакции	4	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 1
	Пр 2	Расчет равновесия процесса пиролиза	4	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 2
	Пр 3	Цепные газофазные термические реакции углеводородов	4	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 3
	Лаб 1	Термический крекинг углеводородов	4	4	-	-	Отчет по лабораторной работе № 1
	Ср 1	Каталитические процессы. Каталитический крекинг и алкилирование	4	14	-	-	
	Пр 4	Расчет выхода продуктов каталитического риформинга	4	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 4

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср 2	Расчет выхода продуктов каталитического крекинга	4	14	-	-	
	Ср 3	Каталитическая конверсия жидких углеводородов водяным паром	4	14	-	-	
	Ср 4	Гидрогенизационные процессы. Гидрирование и дегидрирование. Гидроочистка. Механизм гетерогенно-каталитического процесса. Риформинг. Гидрокрекинг	4	14	-	-	
	Ср 5	Расчет выхода продуктов гидрокрекинга	4	14	-	-	
	Ср 6	Расчет выхода продуктов гидроочистки	4	14	-	-	
	Ср 7	Расчет выхода продуктов гидроочистки	4	14	-	-	
	Ср 8	Синтезы на основе оксида углерода и водорода, механизмы и возможности управления	4	14	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср 9	Расчет синтеза на основе оксида углерода и водорода	4	14	-	-	
	Ср 10	Производство синтез-газа из различного углеводородного сырья	4	14	-	-	
	Ср 11	Производство водорода	4	14	-	-	
	Ср 12	Окислительные процессы. Окисление углеродсодержащих веществ. Механизмы: радикальный цепной и нецепной. Окисление и стабилизация	4	14	-	-	
	Ср 13	Синтез метанола	4	14	-	-	
	Ср 14	Молекулярно-кинетический уровень анализа протекания химических процессов	4	14	-	-	
	Ср 15	Синтез аммиака	4	14	-	-	
	Ср 16	Производство серной кислоты	4	14	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср 17	Производство азотной кислоты и минеральных удобрений	4	14	-	-	
	Ср 18	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по лабораторным работам и практическим занятиям	4	25	-	-	
	ПА		4	0.35	-		
	Подготовка к экзамену		4	8.75	-	-	Экзамен
Итого:				288	-		

4.3 Структура и содержание дисциплины «Общая химическая технология 3»

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Моделирование химико-технологических	Лек 1	Общие принципы моделирования. Классификации моделей. Методология построения математических моделей ХТП	4	2	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Лаб 1	Статические модели многокомпонентные регрессии	4	4	-	-	Отчет по лабораторной работе № 1
	Ср 1	Построение эмпирических моделей	4	5	-	-	
	Лек 2	Математические модели ХТП (гидродинамика, тепловые, кинетические модели)	4	2	-	-	
	Ср 2	Математическое описание гидродинамической структуры потоков	4	5	-	-	
	Пр 1	Решение задач по уравнениям Бернулли	4	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 1
	Пр 2	Режимы движения жидкости и гидравлические сопротивления	4	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 2
	Ср 3	Моделирование динамики теплообменного аппарата	4	5	-	-	
	Ср 4	Моделирование процесса абсорбции аммиака водой из газообразной смеси	4	5	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср 5	Расчет аппарата однократного испарения (расчет доли отгона многокомпонентной смеси)	4	5	-	-	
	Ср 6	Математическое моделирование кинетики химических реакций (гомогенные и гетерогенные реакции)	4	5	-	-	
	Ср 7	Равновесие двухкомпонентной системы	4	5	-	-	
	Ср 8	Изучение кинетики конвективной сушки капиллярно-пористых материалов	4	5	-	-	
	Пр 3	Массопередача в экстракционных аппаратах	4	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 3
	Ср 9	Моделирование ХТП и реакторов	4	5	-	-	
	Ср 10	Моделирование процесса регулирования температуры в химическом реакторе	4	5	-	-	
	Ср 11	Моделирование процесса управления ректификационной колонной	4	5	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр 4	Расчет ректификационной колонны К-1	4	2	-	-	Отчет по практическому занятию № 4
	Ср 12	Изучение процесса ректификации бинарной смеси	4	5	-	-	
	Ср 13	Изучение адсорбции в аппарате с неподвижным слоем зернистого адсорбента	4	5	-	-	
	Ср 14	Расчет адсорбционной установки с псевдоожиженным слоем адсорбера	4	5	-	-	
	Ср 15	Изучение процесса периодической ректификации бинарной смеси жидкостей	4	5	-	-	
	Ср 16	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по лабораторным работам и практическим занятиям	4	13	-	-	
	ПА		4	0.25	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Подготовка к зачету		4	3.75	-		Зачет
Итого:				108	-		

4.4 Структура и содержание дисциплины «Общая химическая технология 4»

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Методы анализа эффективности энергопотребления в химико-технологических системах	Лек 1	Технологические, аппаратно-конструкционные, режимно-параметрические и организационно-технические приемы и операции	5	2	-	-	
	Лаб 1	Причины потерь материальных и энергетических ресурсов	5	2	-	-	Отчет по лабораторной работе № 1
	Лаб 2	Расчет стоимости сырья и материалов	5	2	-	-	Отчет по лабораторной работе № 2

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Лаб 3	Расчет затрат и стоимости энергии на технологические и бытовые нужды	5	2	-	-	Отчет по лабораторной работе № 3
	Ср 1	Расчет годовых расходов теплоты, холода и электроэнергии	5	38	-	-	
	Ср 2	Роль термодинамического подхода в решении задач энерго- и ресурсосбережения в химическом производстве. Методы анализа эффективности энергопотребления в химико-технологических системах: энергетический, энтропийный и эксергетический методы	5	38	-	-	
	Ср 3	Расчет эксергетических составляющих технологических процессов	5	38	-	-	
	Ср 4	Энергетический анализ эффективности перемещения насыщенного водяного пара по трубопроводу	5	38	-	-	
	Ср 5	Энергетический анализ эффективности работы генератора теплоты	5	38	-	-	

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Сессия	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср 6	Анализ эффективности использования энергии в кожухотрубном теплообменнике (жидкостной обогрев без изменения фазового состояния среды)	5	38	-	-	
	Ср 7	Топливо-энергетический баланс объекта	5	38	-	-	
	Ср 8	Изучение теоретического материала. Подготовка отчетов по лабораторным работам и практическим занятиям	5	41	-	-	
	ПА		5	0.35	-	-	
	Подготовка к экзамену		5	8.65	-	-	Экзамен
Итого:				324	-		

5. Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используется технология традиционного обучения, включающая лекции и практические занятия, которые предполагают последовательное изложение материала преподавателем. Лекция с элементами дискуссии, с использованием технологий развития критического мышления. Лабораторное занятие с решением прикладных задач, проводится обсуждение результатов деятельности.

6. Методические указания по освоению дисциплины

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по дисциплине «Общая химическая технология», используя лекционный материал и материал библиотечного фонда по данной тематике;
- акцентировать внимание на изучении химико-технологических процессов; основных технологических показателях, моделей реакторов различного типа, основных промышленных процессов.

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:

1. Изучение теоретического материала по изучаемой теме, изложенного в учебно-методическом пособии.

2. Вопросы для самостоятельной работы студентов

- общая технологическая структура химического производства;
- основные показатели эффективности химического производства;
- классификация химических производств;
- закономерности гомогенных и гетерогенных реакций;
- основные стадии каталитических реакций;
- основные характеристики реакторов идеального смешения;
- основные характеристики реакторов идеального вытеснения;
- классификация реакторов по температурному режиму;
- способы теплообмена в химическом реакторе;
- способы повышения массообмена в реакторах для процессов между реагентами, находящимися в разных фазах;
- характеристики катализаторов каталитических стадий производства аммиака: парового риформинга метана, конверсии оксида углерода, синтеза аммиака;
- основные технологические параметры стадии синтеза аммиака;
- стадии производства серной и азотной кислот.

3. Подготовка к аудиторным занятиям (практическим и лабораторным работам и промежуточной аттестации).

4. Самостоятельное прочтение, просмотр, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала.

5. Подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам.

6. Практические занятия включают в себя решение прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.

7. Подготовка отчетов по практическим занятиям:

7.1. Предоставление отчета в электронном виде с названием файла в соответствии с вариантом и требованиями к содержанию отчета.

7.2. При сдаче отчета студент должен ответить на вопросы преподавателя по теме практической работе в устной форме, используя отчет по практической работе.

7.3. Форма отчета по лабораторной работе

Название лабораторного занятия и вариант

Теоретическая часть

Реактивы, материалы, оборудование, посуда

Ход работы

Результаты и выводы по работе

Ответы на контрольные вопросы

7.4 Форма отчета по практическому занятию
Название практического занятия и вариант

Цель и задачи

Теоретическая часть

Ход работы (расчеты)

Результаты и выводы по работе

Ответы на контрольные вопросы

Темы письменных работ

Письменные работы учебным планом не предусмотрены.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Сессия	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
6	ОПК-1.1, ПК-1.5	Отчеты по лабораторной работе №1. Отчеты по практическим занятиям № 1-4. Вопросы к зачету 1-52.
7	ОПК-1.1, ПК-1.5	Отчеты по лабораторной работе №1. Отчеты по практическим занятиям № 1-4. Вопросы к экзамену 1-50.
8	ОПК-1.1, ПК-1.5	Отчеты по лабораторной работе №1. Отчеты по практическим занятиям № 1-4. Вопросы к зачету 1-54.
9	ОПК-1.1, ПК-1.5, ПК-2.1	Отчеты по лабораторным занятиям № 1-3. Вопросы к экзамену 1-50.

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

7.2.1 Отчет по лабораторному занятию

(наименование оценочного средства)

Типовой пример задания

Лабораторная работа №1 «Определение плотности растворителей».

Цель работы: определить плотность различных растворителей с использованием пикнометра.

Определение плотности пикнометром является давним способом определения плотности, как жидкостей, так и твердых тел.

Пикнометр представляет собой стеклянный сосуд определённой формы и известным объёмом. Принцип действия пикнометра основан на взвешивании находящегося в нём вещества. Зная массу и объём пикнометра можно рассчитать плотность вещества по формуле $\rho = m / V$, где ρ — плотность, m – масса вещества (без массы пикнометра), V — объём пикнометра.

Процесс определения плотности пикнометром можно описать поэтапно:

1. Наполнение пикнометра веществом до определённой отметки;
2. Взвешивание наполненного пикнометра;
3. Математический расчёт плотности.

Главным недостатком данного метода измерения плотности является трудоемкость процесса и необходимость в высокоточных весах, для уменьшения погрешности. С другой стороны, данный метод очень прост и его возможно реализовать практически в любых, в том числе и бытовых, условиях.

Плотность измеряется массой тела в единице объема и выражается в $г/см^3$.

При измерении плотности иногда используют относительную плотность ρ_{t2}^{t1} , равную отношению массы тела при температуре t_1 к массе того же объема воды при температуре t_2 ; относительная плотность величина безразмерная, ее значение определяют обычно при $20^\circ C$ и относят к плотности воды при $4^\circ C$. Так как масса 1 см^3 воды при $4^\circ C$ равна 1 г , то плотность, выраженная в $г/см^3$, численно равна относительной плотности ρ_4^{20} .

Плотности растворителей, как правило, увеличиваются с увеличением молекулярного веса углеводородов и с переходом от парафинов к олефинам, нафтенам и углеводородам ароматического ряда.

Методика определения:

Определение относительной плотности при помощи пикнометра основано на измерении массы исследуемой фракции, помещенной в сосуд определенного объема (пикнометр) и отнесенной к массе воды, взятой в том же объеме и при той же температуре. Продукт и воду взвешивают на аналитических весах.

Взвешенный пикнометр при помощи пипетки наполняют дистиллированной водой. Жгутиком из фильтровальной бумаги удаляют избыток воды из горлышка пикнометра, закрывают его, вытирают снаружи и взвешивают.

Удаляют воду из пикнометра, высушивают его, заполняют нефтяной фракцией, вытирают досуха и взвешивают в третий раз.

«Водное число» пикнометра m определяют по формуле

$$m = m_2 - m_1$$

где m_2 — масса пикнометра с водой, определяемая взвешиванием, в г;

m_1 — масса пикнометра с воздухом, определяемая взвешиванием, в г.

Относительную плотность определяют по формуле

$$\rho_{20}^{20} = \frac{m_3 - m_1}{m}$$

где m_3 — масса пикнометра с исследуемой фракцией, определенная взвешиванием при 20 °С.

Полученная величина дает только приближенное значение относительной плотности и называется «видимой».

Для пересчета «видимой» плотности в плотность по отношению к воде при 4 °С служит формула

$$\rho_4^{20} = \rho_{20}^{20} * 0.99823$$

где 0,99823 — температурная поправка плотности воды (от 4° С к 20° С), численно равная плотности воды при 20° С (см. табл.).

Температурные поправки плотностей (по Худяковой, Чистович, Кусакову)

Пределы плотности	Температурные поправки на 1° С	Пределы плотности	Температурные поправки на 1° С
0,70-0,71	0,000897	0,85—0,86	0,000699
0,71-0,72	0,000884	0,86—0,87	0,000686
0,72-0,73	0,000870	0,87—0,88	0,000673
0,73-0,74	0,000857	0,88-0,89	0,000660
0,74-0,75	0,000844	0,89-0,90	0,000647
0,75-0,76	0,000831	0,90—0,91	0,000633
0,76-0,77	0,000818	0,91-0,92	0,000620
0,77-0,78	0,000805	0,92-0,93	0,000607
0,78-0,79	0,000792	0,93-0,94	0,000594
0,79-0,80	0,000778	0,94-0,95	0,000581
0,80-0,81	0,000765	0,95-0,96	0,000567
0,81-0,82	0,000752	0,96—0,97	0,000554
0,82-0,83	0,000738	0,97-0,98	0,000541
0,83-0,84	0,000725	0,98-0,99	0,000528
0,84-0,85	0,000712	0,99-1,00	0,000515

В тех случаях, когда плотность продуктов определяют не при 20°C, а при какой-либо другой температуре, полученный результат пересчитывают. Для этого пользуются температурными поправками плотности.

С повышением температуры плотность уменьшается. Поэтому в случае измерений плотности при температурах выше 20 °С следует поправку, умноженную на число градусов отклонения, прибавить к «видимой» плотности; при измерениях плотности при температурах ниже 20 °С произведение поправки на разницу температур следует вычесть из «видимой» плотности.

Пример записи и расчета

Вес пикнометра с воздухом при 20 °С, г	11,1732
с водой при 20 °С, г	18,1314
с растворителем при 20° С, г	17,2318

Водное число $m_2 - m_1 = 6,9582$.

Плотность «видимая» $= (m_3 - m_1) / m = 0.87071$

$$\rho_4^{20} = 0,87071 (0,9982 - 0,0012) + 0,0012 = 0,8693$$

Расчёт итоговых значений

Температурные поправки использовать лишь в случае фиксации комнатной температуры.

При записи полученных данных необходимо привести все фиксируемые в ходе проведения лабораторной работы массы.

Привести все рассчитанные по экспериментальным данным значения плотности для заданных растворителей.

Рассчитать относительную погрешность определения плотности по сравнению со справочными данными (привести литературные ссылки на источник справочного материала) и по сравнению с данными измерения плотности ареометром, если такие проводились.

Контрольные вопросы

1. На каком принципе основан пикнометрический метод?
2. Что такое относительная плотность?
3. Какие два вида плотности, полученные с использованием пикнометра, различают?
4. Почему определение плотности желательно проводить при 20 °С либо с фиксацией температуры?
5. Каковы преимущества и недостатки пикнометрического метода

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет по лабораторной работе включает 50% и более от требуемого объема и выполнен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии.

«не зачтено» выставляется студенту, если отчет по лабораторной работе включает менее 50% от требуемого объема.

7.2.2 Отчет по практическому занятию

(наименование оценочного средства)

Типовой пример задания

Практическое занятие № 1 «Расчеты по химическим уравнениям. Расчеты с применением газовых законов».

Отчет должен содержать выполненные расчеты примерного содержания.

Условие задачи:

В баллоне находится 0,65 г кислорода при 14,5°C. Определить концентрацию кислорода в кмоль/м³, если его давление 0,85 кН/м².

Расчет

1) Количество кмоль кислорода

32 кг – 1 кмоль O_2

$0,65 \cdot 10^{-3}$ кг – n кмоль O_2

$$n = \frac{0,65 \cdot 10^{-3}}{32}; n = 0,02 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль}$$

2) Объем кислорода

$$PV = nRT; \quad V = \frac{nRT}{P}$$

$$T = 273 + 14,5 = 287,5 \text{ К}$$

$$R = 8,3 \text{ кДж/кмоль} \cdot \text{град}$$

$$V = \frac{0,02 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 287,5}{0,85}; \quad V = 0,056 \text{ м}^3$$

3) Объем кислорода при нормальных условиях

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}; \quad V_1 = \frac{P_2 V_2 T_1}{T_2 P_1}$$

$$V_1 = \frac{0,85 \cdot 0,056 \cdot 273}{287,5 \cdot 101,3}; \quad V_1 = 0,00045 \text{ м}^3$$

4) Концентрация кислорода в кмоль/ м^3

$$0,02 \cdot 10^{-3} \text{ кмоль} - 0,00045 \text{ м}^3$$

кмоль - 1 м^3

$$n = \frac{0,02 \cdot 10^{-3}}{0,00045}; \quad n = 0,044 \text{ кмоль/м}^3$$

Ответ: Концентрация кислорода $0,044 \text{ кмоль/м}^3$

Условие задачи: В скруббере, орошаемом водой, входит 300 м^3 в час газа (приведенного к нормальным условиям), состав которого: 50% H_2 , 25% CO , 13% CO_2 , 8% N_2 и 4% других газов. Манометрическое давление газа на выходе из скруббера 155 мм вод.ст.; давление барометрическое 101 кН/ м^2 ; температура 12°C . По выходе из скруббера газ имеет следующий состав: 56,2% H_2 , 27,8% CO , 1,9% CO_2 , 9,6% N_2 и 4,5% других газов. Определить: а) количество газа на выходе из скруббера; б) скорость его, если диаметр трубопровода 110 мм; в) концентрацию CO_2 в водном растворе, выходящем из скруббера, если в последний подается $8 \text{ м}^3/\text{мин}$ воды.

Решение:

1) Объем CO_2 в газе на входе в скруббер

$$300 \text{ м}^3 - 100\%$$

$$V_{\text{м}^3} - 13\%$$

$$V = 39 \text{ м}^3$$

2) Количество CO_2 , остающееся в газовой фазе на выходе

$$1,9 \cdot 3 = 5,7 \text{ м}^3$$

3) Количество CO_2 , поглощаемое водой

$$39 - 5,7 = 33,3 \text{ м}^3$$

4) Объем отходящего газа при нормальных условиях

$$300 - 33,3 = 266,7 \text{ м}^3$$

5) Объем отходящего газа при условиях выхода

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}; \quad V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}$$

$$T_2 = 273 + 12 = 285 \text{ K}$$

$$1 \text{ Па} = 0,1 \text{ мм вод.ст.}$$

$$155 \text{ мм вод.ст.} = 1,55 \text{ кН/м}^2$$

$$P_2 = 101 + 1,55 = 102,55 \text{ кН/м}^2$$

$$V_2 = \frac{101 \cdot 266,7 \cdot 285}{102,55 \cdot 273}; \quad V = 274 \text{ м}^3/\text{ч}$$

6) Свободное сечение трубопровода

$$S = \pi r^2$$

$$S = 3,14 \cdot (0,055)^2; \quad S = 0,0095 \text{ м}^2$$

7) Средняя скорость потока газа на выходе из скруббера

Среднюю скорость потока газа определяют, как объем его, проходящий через единицу поперечного сечения трубопровода в единицу времени.

$$\omega = V/S; \quad \omega = \frac{274}{0,0095} \text{ м/ч}$$

$$\omega = \frac{274}{3600 \cdot 0,0095} \text{ м/сек}; \quad \omega = 8 \text{ м/сек}$$

8) Количество поглощенного водой CO_2 в кмоль и в кг

$$22,4 \text{ м}^3 - 1 \text{ кмоль}$$

$$33,3 \text{ м}^3 - n$$

$$n = 1,49 \text{ кмоль/ч}$$

$$1 \text{ кмоль} - 44 \text{ кг}$$

$$1,49 - m$$

$$m = 65,41 \text{ кг/ч}$$

9) Поток орошаемой воды

$$8 \text{ м}^3/\text{мин} \cdot 60 = 480 \text{ м}^3/\text{ч}$$

10) Концентрация CO_2 в водном растворе, выходящем из скруббера

$$65,41 \text{ кг} - 480 \text{ м}^3$$

$$C - 1 \text{ м}^3 \quad C = \frac{65,41}{480}; \quad C = 0,136 \text{ кг/м}^3$$

$$1,49 \text{ кмоль} - 480 \text{ м}^3$$

$$C - 1 \text{ м}^3 \quad C = \frac{1,49}{480}; \quad C = 0,0031 \text{ кмоль/м}^3.$$

. В скруббере, орошаемом водой, входит 300 м^3 в час газа (приведенного к нормальным условиям), состав которого: 50% H_2 , 25% CO , 13% CO_2 , 8% N_2 и 4% других газов. Манометрическое давление газа на выходе из скруббера 155 мм вод.ст.; давление барометрическое 101 кН/м²; температура 12⁰С. По выходе из скруббера газ имеет следующий состав: 56,2% H_2 , 27,8% CO , 1,9% CO_2 , 9,6% N_2 и 4,5% других газов. Определить: а) количество газа на выходе из скруббера; б) скорость его, если диаметр трубопровода 110 мм; в) концентрацию CO_2 в водном растворе, выходящем из скруббера, если в последний подается 8 м³/мин воды.

11) Объем CO_2 в газе на входе в скруббер

$$300 \text{ м}^3 - 100\%$$

$$V_{\text{м}^3} - 13\%$$

$$V = 39 \text{ м}^3$$

12) Количество CO_2 , остающееся в газовой фазе на выходе

$$1,9 \cdot 3 = 5,7 \text{ м}^3$$

13) Количество CO_2 , поглощаемое водой

$$39 - 5,7 = 33,3 \text{ м}^3$$

14) Объем отходящего газа при нормальных условиях

$$300 - 33,3 = 266,7 \text{ м}^3$$

15) Объем отходящего газа при условиях выхода

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}; \quad V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1}.$$

$$T_2 = 273 + 12 = 285 \text{ К}$$

$$1 \text{ Па} = 0,1 \text{ мм вод.ст.}$$

$$155 \text{ мм вод.ст.} = 1,55 \text{ кН/м}^2$$

$$P_2 = 101 + 1,55 = 102,55 \text{ кН/м}^2$$

$$V_2 = \frac{101 * 266,7 * 285}{102,55 * 273}; \quad V = 274 \text{ м}^3/\text{ч}$$

16) Свободное сечение трубопровода

$$S = \pi r^2$$

$$S = 3,14 * (0,055)^2; \quad S = 0,0095 \text{ м}^2$$

17) Средняя скорость потока газа на выходе из скруббера

Среднюю скорость потока газа определяют, как объем его, проходящий через единицу поперечного сечения трубопровода в единицу времени.

$$\omega = V/S; \quad \omega = \frac{274}{0,0095} \text{ м/ч}$$

$$\omega = \frac{274}{3600 * 0,0095} \text{ м/сек}; \quad \omega = 8 \text{ м/сек}$$

18) Количество поглощенного водой CO_2 в кмоль и в кг

$$22,4 \text{ м}^3 - 1 \text{ кмоль}$$

$$33,3 \text{ м}^3 - n$$

$$n = 1,49 \text{ кмоль/ч}$$

$$1 \text{ кмоль} - 44 \text{ кг}$$

$$1,49 - m$$

$$m = 65,41 \text{ кг/ч}$$

19) Поток орошаемой воды

$$8 \text{ м}^3/\text{мин} * 60 = 480 \text{ м}^3/\text{ч}$$

20) Концентрация CO_2 в водном растворе, выходящем из скруббера

$$65,41 \text{ кг} - 480 \text{ м}^3$$

$$C - 1 \text{ м}^3 \quad C = \frac{65,41}{480}; \quad C = 0,136 \text{ кг/м}^3$$

$$1,49 \text{ кмоль} - 480 \text{ м}^3$$

$$C - 1 \text{ м}^3 \quad C = \frac{1,49}{480}; \quad C = 0,0031 \text{ кмоль/м}^3.$$

Контрольные вопросы

1. Назовите газовые законы.
2. Что такое изохорный процесс? Зарисуйте график зависимости.
3. Что такое изобарный процесс? Зарисуйте график зависимости.
4. Применение газовых законов в жизни.

Критерии оценки:

«зачтено» выставляется студенту, если отчет по практическому занятию включает 50% и более от требуемого объема и выполнен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии.

«не зачтено» выставляется студенту, если отчет по практическому занятию включает менее 50% от требуемого объема

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Сессия 6

№ п/п	Вопросы к зачету
1.	Химическая технология как наука.
2.	Химико-технологическая система, технологическая схема.
3.	Значение химической технологии и химического машиностроения.
4.	История развития химической технологии.
5.	Основные тенденции развития химической технологии и химической промышленности.
6.	Производительность аппаратов. Интенсивность работы аппаратов.
7.	Характеристика периодических и непрерывных процессов.
8.	Сырье химической промышленности. Классификация.
9.	Рациональное и комплексное использование сырьевых ресурсов.
10.	Принципы обогащения сырья. Основные методы.
11.	Воздух как сырье. Другие области применения воздуха.
12.	Вода. Свойства. Природная вода. Жесткость воды.
13.	Промышленная водоподготовка.
14.	Области применения воды в химической промышленности. Требования к воде.
15.	Основные стадии технологического процесса. Лимитирующая стадия. Области протекания технологического процесса.
16.	Классификация процессов и аппаратов.
17.	Закон действия масс. Константа равновесия. Принцип Ле-Шателье. Равновесие в технологических процессах.
18.	Степень превращения. Избирательность. Выход продукта. Равновесный выход продукта.
19.	Скорость технологических процессов (гомогенных и гетерогенных). Коэффициент диффузии.
20.	Движущая сила технологического процесса.
21.	Абсорбция при прямотоке, противотоке и перекрестном токе.
22.	Способы повышения скорости технологического процесса. Влияние температуры. Уравнение Аррениуса и Вант-Гоффа.
23.	Влияние температуры на выход продукта обратимого экзотермического процесса. Экономически рациональная температура.
24.	Основные способы создания хороших условий контакта фаз в гетерогенных процессах с участием твердой фазы.
25.	Основные способы увеличения поверхности соприкосновения реагирующих фаз в системе газ-жидкость.
26.	Технологические схемы с открытой цепью и замкнутые. Характеристика.
27.	Технико-экономические показатели химико-технологических процессов. Расходный коэффициент. Мощность аппарата.
28.	Удельные капитальные затраты. Зависимость удельных капитальных затрат от единой мощности установки. Себестоимость.
29.	Основные положения материальных и тепловых балансов.
30.	Требования к химическим реакторам. Производительность и интенсивность.
31.	Классификация химических реакторов.

№ п/п	Вопросы к зачету
32.	Реакторы периодического и непрерывного действия. Основные характеристики.
33.	Классификация реакторов по режиму движения реагентов. Основные характеристики.
34.	Кинетическая модель реактора идеального вытеснения.
35.	Реакторы полного смещения. Характеристика. Математическое описание.
36.	Каскад реакторов полного смещения. Степень превращения. Движущая сила. Скорость процесса. Математическое описание.
37.	Классификация реакторов по температурному режиму. Сравнение реакторов.
38.	Гомогенные некаталитические процессы и реакторы. Технологические закономерности и характеристики. Типы реакторов.
39.	Закономерности гетерогенных процессов. Коэффициент массопередачи. Определение лимитирующей стадии.
40.	Процессы и реакторы системы газ-жидкость. Закон Генри. Критериальные уравнения. Коэффициент извлечения.
41.	Скорость процесса. Приемы увеличения скорости технологического процесса.
42.	Процессы и реакторы для систем твердое-жидкость. Скорость технологического процесса.
43.	Процессы и реакторы в системе газ-твердое. Адсорбция. Стадии процесса. Кинетические уравнения.
44.	Промышленные печи. Классификация промышленных печей. Основные характеристики.
45.	Основные уравнения теплопередачи. Интенсификация тепловых процессов.
46.	Процессы в системах твердое-твердое и жидкость-жидкость. Характеристика. Реакторы.
47.	Каталитические процессы. Закономерности каталитических процессов.
48.	Технологический режим каталитических процессов. Температурный режим. Выход продукта. Влияние давления и концентрации.
49.	Требования к контактному аппарату. Способы контакта фаз газ-твердое вещество в каталитических реакторах.
50.	Приемы теплообмена в контактных аппаратах для каталитических процессов.
51.	Топливо. Классификация. Теплота сгорания. Энергоемкость. Определение теплоты и температуры горения.
52.	Химическая переработка твердых топлив.

Сессия 7

№ п/п	Вопросы к экзамену
1.	Дайте определения понятиям: химическое производство, химико-технологический процесс, химико-технологическая система и объясните их.
2.	В чём заключается метод системного анализа для исследования химико-технологического процесса?
3.	Из каких частей состоит химико-технологическая система?
4.	Какие подсистемы можно выделить в химико-технологической системе?
5.	Какие элементы ХТС Вы можете указать? Их назначение и примеры в производстве.
6.	Что такое связь в химико-технологической системе? Какие типы связей и их назначения Вы знаете?
7.	Приведите пример химической, операционной и функциональной схем какого-либо производства?

№ п/п	Вопросы к экзамену
8.	Чем отличаются технологическая и структурная схемы химического производства? Покажите это на примере производства аммиака.
9.	Перечислите основные технологические показатели эффективности химико-технологического процесса.
10.	Что такое гомогенные и гетерогенные процессы ?
11.	От чего зависит скорость гомогенного процесса?
12.	От каких факторов зависит скорость гетерогенного процесса?
13.	Способы повышения движущей силы гетерогенных процессов.
14.	Стадии гетерогенного процесса.
15.	Способы увеличения поверхности контакта фаз в системах Ж – Т , Г - Ж, Г – Т.
16.	Что такое гомогенные и гетерогенные процессы ?
17.	От чего зависит скорость гомогенного процесса?
18.	Приведите примеры гомогенных и гетерогенных реакций.
19.	Что такое порядок и молекулярность реакции?
20.	От каких факторов зависит скорость гетерогенного процесса?
21.	Зависимость скорости гетерогенного процесса от поверхности контакта.
22.	Зависимость скорости гетерогенного процесса от коэффициента скорости процесса.
23.	Способы повышения движущей силы гетерогенных процессов.
24.	Стадии гетерогенного процесса.
25.	Способы увеличения поверхности контакта фаз в системах Ж – Т , Г - Ж, Г - Т
26.	Какие признаки легли в основу классификации химических реакторов?
27.	Нарисуйте графики изменения концентрации во времени и в объеме реактора идеального смешения.
28.	Нарисуйте графики изменения концентрации и степени превращения от длины реактора идеального вытеснения.
29.	Перечислите общие структурные элементы химических реакторов.
30.	Нарисуйте схемы реакторов для реализации гомогенных процессов и объясните их работу (вход сырья и выход продуктов, время проведения процесса, пути отвода и подвода теплоты и т.д.).
31.	Сопоставьте периодические и проточные реакторы: попробуйте объяснить, какой тип реактора может иметь преимущества для осуществления разных процессов.
32.	Нарисуйте схемы реакторов для гетерогенных процессов «газ-твердое» и объясните их работу.
33.	Как можно организовать поток твердого вещества через реактор? Нарисуйте схемы аппаратов, объясните их работу.
34.	Какие существуют способы организации взаимодействия газа с жидкостью?
35.	Как можно увеличить скорость гетерогенного процесса «газ-твердое» и как изменится организация процесса?
36.	Что такое катализ, виды катализа. Отношение катализатора к химическому равновесию.
37.	Как влияет температура на скорость каталитической реакции ?
38.	Что такое активность катализатора, и от каких факторов она зависит?
39.	Что такое селективность катализатора?
40.	Как производится теплообмен в каталитических реакторах?
41.	Что является сырьем для получения продуктов азотной промышленности?
42.	Из каких компонентов состоит синтез-газ, методы его получения, области использования?
43.	Что представляет собой сероочистка природного газа ?

№ п/п	Вопросы к экзамену
44.	Технологический процесс конверсии природного газа водяным паром.
45.	Кислородная конверсия и паровоздушнокислородная конверсия природного газа.
46.	Конверсия оксида углерода.
47.	Технологическая схема синтеза аммиака.
48.	Области применения азотной кислоты.
49.	Технологическая схема производства разбавленной азотной кислоты.
50.	Каковы основные технологические свойства серной кислоты и основное сырье для производства серной кислоты?

Сессия 8

№ п/п	Вопросы к зачету
1.	Расчет расхода материальных и энергетических ресурсов на осуществление производства.
2.	Определение потребного количества сырья.
3.	Расчёт потребного количества энергоресурсов.
4.	Причины потерь материальных и энергетических ресурсов.
5.	Методы анализа эффективности энергопотребления в химико-технологических системах: энергетический метод, энтропийный метод, эксергетический метод.
6.	Энергетический анализ эффективности перемещения насыщенного водяного пара по трубопроводу.
7.	Методика анализа эффективности использования энергии.
8.	Термодинамические функции, используемые в анализе.
9.	Анализ эффективности использования энергии при нагревании жидкости в аппарате с мешалкой (обогрев насыщенным паром).
10.	Эксергия. Эксергитическая функция.
11.	Некоторые положения эксергетического анализа.
12.	Окружающая среда Термодинамическое равновесие с окружающей средой. Уровни отсчёта эксергии.
13.	Эксергитический метод.
14.	Анализ эффективности использования энергии при нагревании жидкости в кожухотрубном теплообменнике (жидкостной обогрев без изменения фазового состояния среды).
15.	Уравнение ГЮИ-СТОДОЛЫ.
16.	Расчет эксергии и ее составляющих.
17.	Расчёт изменения эксергии при физических и химических процессах.
18.	Определение уровней отсчёта эксергии.
19.	Эксергетический анализ. Диаграмма Гроссмана – Шаргута.
20.	Анализ процесса теплопередачи.
21.	Диаграмма Сенкея для процесса теплопередачи без изменения агрегатного состояния сред.
22.	Оценка эффективности работы теплообменника с использованием эксергетического метода.
23.	Анализ эффективности использования энергии при нагревании жидкости в кожухотрубном теплообменнике (паровой обогрев без изменения фазового

	состояния энергоносителя).
24.	Оценка энергоэффективности энергопотребления в химической реакции (горение метана).
25.	Анализ эффективности сжигания топлива.
26.	Классификация потерь эксергии.
27.	Рекуперация тепла в сложных энерготехнологических схемах.
28.	Технические средства утилизации тепла. Использование котла-утилизатора.
29.	Теплоутилизаторы с применением тепловых труб.
30.	Термосифон.
31.	Контактно-поверхностные теплоутилизаторы.
32.	Тепловой насос (парокомпрессионного типа).
33.	Основные требования к конструкции технологического оборудования.
34.	Энергоемкость существующих технологических процессов в химической и нефтехимической технологии, биотехнологии.
35.	Показатели ресурсосбережения промышленных химических производств.
36.	Пути энерго- и ресурсосбережения на различных иерархических уровнях.
37.	Примеры моделей ряда систем: аппарат, агрегат, промышленное производство, химико-технологическая система.
38.	Внутрисистемная составляющая изменения энтропии как мера неравновесности системы.
39.	Потоки теплоты, работы, скорости генерации энтропии в системе.
40.	Модельные примеры закономерностей производства энтропии: тепло-и массообменные процессы, химические превращения веществ.
41.	Основное уравнение термодинамики неравновесных процессов для скорости роста энтропии, анализ дифференциальных уравнений для отдельных физико-химических процессов.
42.	Оценка возрастания энтропии применительно к реальным процессам теплопередачи, разделения и смешения веществ, химического превращения.
43.	Противоречивые требования второго закона термодинамики: принцип Ле Шателье, увеличение движущей силы процесса – рост термодинамической необратимости и энергетических потерь.
44.	Возможность управления процессом генерации энтропии в системе и снижением необратимости процесса.
45.	Системы уравнений материальных балансов по общим массовым расходам физических потоков.
46.	Системы уравнений материальных балансов по общим массовым расходам химических компонентов.
47.	Системы уравнений материальных балансов по общим массовым расходам химических элементов.
48.	Теоретический и практический материальный баланс.
49.	Различные варианты технологических схем производства азотной кислоты из аммиака как пример оценки эффективности использования сырьевых ресурсов.
50.	Интегральное уравнение сохранения энергии в технологической системе. Энтальпийный баланс, как частный случай энергетического баланса.
51.	Представление энтальпийного и энергетического балансов в форме потоковой диаграммы.
52.	Частные формы уравнения баланса энергии: течение жидкости в трубопроводе,

	противоточный теплообменник, адиабатный реактор и реактор с внешним теплообменом, электрохимический реактор.
53.	Частные формы уравнения баланса энергии: течение жидкости в трубопроводе, противоточный теплообменник.
54.	Частные формы уравнения баланса энергии: адиабатный реактор и реактор с внешним теплообменом, электрохимический реактор.

Сессия 9

№ п/п	Вопросы к экзамену
1.	Структура химико-технологической системы
2.	Особенности анализа химико-технологической системы
3.	Строение химико-технологических систем
4.	Понятие технологических операторов и типы связей между ними
5.	Особенности моделей химико-технологических систем
6.	Сущность топологического исследования химико-технологических систем
7.	Представление химико-технологической системы в форме графа
8.	Состав элементов графа
9.	Понятие матрицы применительно для описания химико-технологических систем
10.	Существующие принципы создания химико-технологических систем
11.	Определение метода математического моделирования
12.	Основные этапы математического моделирования
13.	Сущность детерминированной модели
14.	Сущность стохастической модели
15.	Представление сложной модели химико-технологической системы методами математического моделирования
16.	Начальные и конечные условия при составлении математической модели
17.	Сущность метода интегральных преобразований Лапласа
18.	Параметрическая идентификация - область применения
19.	Сущность метода наименьших квадратов.
20.	Сущность метода максимального правдоподобия.
21.	Качественные и количественные характеристики химического равновесия
22.	Математическое описание константы равновесия
23.	Понятие химического равновесия. Факторы, влияющие на равновесие
24.	Методы вычисления константы равновесия
25.	Двухкомпонентные системы. Уравнение состояния
26.	Уравнение материального баланса. Методы решения
27.	Уравнение теплового баланса. Методы решения
28.	Понятие модели идеального смешения
29.	Понятие модели идеального вытеснения
30.	Понятие однопараметрической диффузионной модели
31.	Понятие двухпараметрической диффузионной модели
32.	Основные характеристики химической кинетики
33.	Понятие молекулярности реакции
34.	Кинетика теплообменных процессов. Механизмы переноса теплоты
35.	Математическое выражение для описания теплопроводности
36.	Понятие граничных условий. Виды граничных условий
37.	Кинетика лучистого теплообмена
38.	Математическое описание сложного теплообмена

39.	Основные принципы математического описания кинетики массообмена
40.	Основные подходы к описанию кинетики массообмена для гетерогенно-каталитического процесса
41.	Математическое моделирование материального баланса
42.	Математическое моделирование гидродинамики структуры потоков
43.	Математическое моделирование теплового баланса
44.	Математическое моделирование кинетики химико-технологических процессов
45.	Математическое моделирование химической кинетики. Гомогенный катализ
46.	Математическое моделирование кинетики теплообменных процессов. Кислотно-основный катализ.
47.	Математическое моделирование кинетики массообменных процессов. Ферментативный катализ.
48.	Математическое моделирование кинетики массообменных процессов. Гетерогенный катализ.
48.	Математическое моделирование кинетики теплообменных процессов.
50.	Математическое моделирование кинетики массообменных процессов

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Сессия	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
6,8	Зачет (устно)	«зачтено»	Студент сдал все отчеты по лабораторным и практическим работам, активно участвовал в дискуссиях на лекциях, на зачете ответил на два теоретических вопроса, студент в полном объеме владеет материалом и отвечает на один дополнительный вопрос с пониманием, приводит примеры
		«не зачтено»	Студент не сдал отчеты по лабораторным и практическим работам, на зачете не ответил ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.

Сессия	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
7,9	Экзамен (устно)	«отлично»	Ответ на два теоретических вопроса, студент хорошо владеет материалом и отвечает на один дополнительный вопрос с пониманием, приводит

Сессия	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
			примеры
		«хорошо»	Ответ на два теоретических вопроса, студент хорошо владеет материалом, ответ на теоретический материал одного из вопросов экзаменационного билета неполный, отвечает на один дополнительный вопрос, приводит примеры
		«удовлетворительно»	Ответ на теоретический материал по одному из двух теоретических вопросов полный, ответы на дополнительные вопросы по теоретическому экзаменационному материалу билета должны быть близкими к теории
		«неудовлетворительно»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос

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.	Массообменные процессы химической технологии	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»
2	Москвичев Ю. А., Григоричев А.К., Павлов О.С.	Теоретические основы химической технологии	учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
3	Шадрина Е.М., Маркичев Н.А.	Расчет энергосберегающих технологических установок	учебное пособие	2016	ЭБС «Лань»
4	Рахманов Ю. А.	Теоретические основы энерго- и ресурсосбережения в химической технологии	учебно-методическое пособие	2018	ЭБС «Лань»
5	Баранов Д.А.	Процессы и аппараты химической технологии	учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
6	Заварухин С.Г.	Математическое моделирование химико-технологических процессов и аппаратов	учебное пособие	2017	ЭБС «Лань»
7	Гартман Т.Н., Клушин Д.В.	Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики	учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
8	Казиев В.М.	Введение в анализ, синтез и моделирование систем	учебное пособие	2016	ЭБС «IPRbooks»
9	Козадерова О.А.	Расчеты материальных и тепловых балансов в технологии минеральных удобрений	Учебное пособие	2018	ЭБС «IPRbooks»
10	Романков П.Г.	Массообменные процессы химической технологии	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	Липин А. А.	Системный анализ и методы химической кибернетики	учебное пособие	2016	ЭБС «Лань»
2	Айнштейн В.Г., Захаров М.К., Носов Г.А.	Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс	учебник	2019	ЭБС «Лань»
3	Москвичев Ю. А., Григоричев А.К., Павлов О.С.	Теоретические основы химической технологии	учебное пособие	2020	ЭБС «Лань»
4	Руденко Е.Ю.	Современные проблемы экологии, энерго- и ресурсосбережения в биотехнологии	лабораторный практикум	2018	ЭБС «Лань»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

– **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	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия, бессрочный
2	Office Standart	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия, бессрочный; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия, бессрочный
3	MathCAD версия 14 или 15	Акт п/п от 21.07.09 (Гос. Контракт 487 от 28.05.09), бессрочный

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 аппараты защиты окружающей среды». Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения	Столы ученические моноблоки, столы, стулья, доска аудиторная (меловая), проектор, ноутбук, экран переносной, установка технологического комплекса, позволяющая снизить распространение

№ 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
	курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации (А-409)	аэродисперсной системы в пространстве., установка, позволяющая создать аэродинамическую тягу
2	Лаборатория «Высокомолекулярные соединения». 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-220)	Столы лабораторные островные; столы лабораторные пристенные; столы лабораторные; шкаф вытяжной; шкаф вытяжной 1500ШВ; весы аналитические ВЛР200; сушильный шкаф Snol 58/350; стол виброустойчивый; стол письменный; шкафы для хим.реактивов; тумба для посуды и хим.реактивов; холодильник «Орск»; регулятор напряжения БП2100; магнитная мешалка ММ02; термостат UTU4; автоклав; полимеризатор; штатив лабораторный; доска аудиторная трехсекционная; табуреты лабораторные; химическая посуда
3	Компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. 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-415)	Столы ученические, стулья ученические, доска аудиторная (меловая), ПК, проектор, экран переносной, рабочий стол, письменный угловой стол, преподават. стол
4	Помещение для самостоятельной работы. (Г-401)	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет