



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора

Института электроэнергетики и
электроники

_____ В.В.Максимов

« 18 » февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.30 Химические реакторы

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Квалификация

Бакалавр

г. Казань, 2025

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
СПП	Доцент, к.т.наук, доцент	Котляр М.Н.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ИЭ	13.02.2025	2	_____ Зав.каф., д.т.н., проф.Николаева Л.А.
Согласована	Учебно- методический совет ИЭЭ	18.02.2025	6	_____ И.о. директора, к.т.н., доц. Максимов В.В.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	18.02.2025	8	_____ И.о. директора, к.т.н., доц. Максимов В.В.

Целью освоения дисциплины Целью освоения дисциплины Химические реакторы является формирование знаний и умений, общенаучных основ и типичных закономерностей химических процессов в реакторах, необходимых для выбора и расчета химических реакторов для осуществления химико-технологических процессов.

Задачами дисциплины являются:

- дать представление о наиболее распространенных химических реакторах;
- научить разбираться в химических процессах и осуществлять подбор реактора для его осуществления;
- привить студентам навыки решения задач с использованием справочной и методической литературы.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
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 Изучает и анализирует механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире
ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ОПК-4.1 Обеспечивает проведение технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья

1. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, Процессы и аппараты химических производств, Физико-химические основы технологических процессов.

Последующие дисциплины (модули), практики, др. Общая химическая технология.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр
			6
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	56	51
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,1	40	40
Лекции	0,38	14	14
Практические (семинарские) занятия	0,724	26	26
Лабораторные работы	-	0	0
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	0,89	32	32
Проработка учебного материала	0,89	32	32
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Подготовка к промежуточной аттестации	0	0	0
Промежуточная аттестация:			Э

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплин	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1	20	4		8	8	ТК1	ОПК-4.1(З ₅ ,З ₆ ,З ₇ ,В ₂ , В ₃ У ₂ ,У ₃), ОПК-1.1(З ₁ ,З ₂ , З ₃ , З ₄ ,У ₁ ,В ₁)
Раздел 2	30	6		8	16	ТК2	ОПК-4.1 (З ₅ ,З ₆ ,З ₇ ,В ₂ , В ₃ У ₂ ,У ₃), ОПК-1.1 (З ₁ ,З ₂ , З ₃ , З ₄ ,У ₁ , В ₁)
Раздел 3	22	4		10	8		ОПК-4.1 (З ₅ ,З ₆ ,З ₇ ,В ₂ , В ₃ У ₂ ,У ₃), ОПК-1.1 (З ₁ ,З ₂ , З ₃ , З ₄ ,У ₁ , В ₁)
экзамен	36				36	ОМ 1	
Итого за семестр	108	14		26	68		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Моделирование химических реакторов и процессов в них

Определение и назначение химического реактора. Реакторы в химических и нехимических отраслях промышленности. Обзор типов химических реакторов, их структурные элементы (реакционный элемент, устройства ввода и вывода, смешения, разделения и распределения потоков, теплообменные элементы), основные.

Раздел 2. Тепломассоперенос в химических реакторах

Физическое и математическое моделирование, определение и основные понятия, их место в инженерно-химических исследованиях и разработках. Иерархическая структура математической модели процесса в реакторе. Систематизация процессов в химическом реакторе по масштабу их

протекания: химическая реакция, химический процесс в элементарном объеме, процессы в реакционном элементе и в реакторе в целом, - их взаимосвязь и иерархическая структура математической модели процесса в реакторе.

Раздел 3. Промышленные химические реакторы.

Примеры системы процессов в различных видах химических реакторов. Классификация реакторов по различным признакам: структура материальных потоков (реакторы с режимами смешения и вытеснения), Организация процесса во времени (реакторы периодические, непрерывные, полупериодические), условия теплообмена (реакторы адиабатические, изотермические, с частичным теплообменом), характер изменения параметров процесса во времени (стационарный и нестационарный режим), вид химического процесса (реакторы для гомогенных и гетерогенных, каталитических и некаталитических процессов), конструктивные характеристики (емкостные, колонные, реакторы-теплообменники, реакторы типа печи и др.).

3.4. Тематический план практических занятий

1. Материальный баланс. Характеристическое уравнение.
2. Реакторы с идеальной структурой потока.
3. Реакторы с неидеальной структурой потока.
4. реакторы с различными тепловыми режимами.

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов прохождения практики:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
	ОПК--1.1	знать: основы теории переноса импульса, тепла и массы (31)				
			Свободно и в полном объеме описываетосновы теории переноса импульса, тепла и массы	Достаточно полно знаетосновы теории переноса импульса, тепла и массы	Плохо описываетосновы теории переноса импульса, тепла и массы	Не знает основы теории переноса импульса, тепла и массы
		знать: основные уравнения движения жидкостей (32)				
			Свободно и в полном объеме описывает основные уравнения движения жидкостей	Достаточно полно знаетосновные уравнения движения жидкостей	Плохо описываетосновные уравнения движения жидкостей	Не знает основные уравнения движения жидкостей
		знать: основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз (33)				

			Свободно и в полном объеме описывает основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз	Достаточно полно знает основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз	Плохо описывает основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз	Не знает основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз
		знать: основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии (34)				
			Свободно и в полном объеме описывает основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии	Достаточно полно знает основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии	Плохо описывает основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии	Не знает основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии
		уметь: рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного опродукта, оценивать технологическую эффективность производства т (У1)				
			Уверенно рассчитывает основные характеристики химического процесса, выбирает рациональную схему производства заданного продукта, оценивает технологическую эффективность производства	С небольшими недочетами рассчитывает основные характеристики химического процесса, выбирает рациональную схему производства заданного продукта, оценивает технологическую эффективность производства	Слабо рассчитывает основные характеристики химического процесса, выбирает рациональную схему производства заданного продукта, оценивает технологическую эффективность производства	Не может рассчитать основные характеристики химического процесса, выбирает рациональную схему производства заданного продукта, оценивает технологическую эффективность производства
		владеть: методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования (В1)				

			Свободно может владеть технологическими расчетами отдельных узлов и деталей химического оборудования	Осуществляет ошибки в методах технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования	Имеется минимальный набор навыков владения методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки владения методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования
	ОПК-4.1	знать: Принципы физического моделирования химико-технологических процессов (35)				
			Свободно и в полном объеме описывает принципы физического моделирования химико-технологических процессов	Достаточно полно знает принципы физического моделирования химико-технологических процессов	Плохо описывает принципы физического моделирования химико-технологических процессов	Не знает принципы физического моделирования химико-технологических процессов
		знать: методы расчета тепло- и массообменной аппаратуры (36)				
			Свободно и в полном объеме описывает методы рас-чета тепло- и массообменной аппаратуры	Достаточно полно знает методы рас-чета тепло- и массообменной аппаратуры	Плохо описывает методы рас-чета тепло- и массообменной аппаратуры	Не знает методы рас-чета тепло- и массообменной аппаратуры
		знать: методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов (37)				
			Свободно и в полном объеме описывает методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-	Достаточно полно знает методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-	Плохо описывает методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов	Не знает методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов

		технологических процессов	технологических процессов		
	уметь: применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения (У2)				
		Уверенно применяет методы вычислительной математики и математической статистики для решения	С небольшими недочетами применяет методы вычислительной математики и математической статистики для решения	Слабоприменяет методы вычислительной математики и математической статистики для решения	Не может применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения
	уметь: произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей (У3)				
		Уверенно производит выбор типа реактора и производит расчет технологических параметров для заданного процесса; определяет параметры наилучшей организации и процесса в химическом реакторе	С небольшими недочетами производит выбор типа реактора и производит расчет технологических параметров для заданного процесса; определяет параметры наилучшей организации и процесса в химическом реакторе	Слабо производит выбор типа реактора и производит расчет технологических параметров для заданного процесса; определяет параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе	Не может производить выбор типа реактора и производить расчет технологических параметров для заданного процесса; определять параметры наилучшей
	владеть: методами управления и регулирования химико-технологических процессов конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии (В2)				

			Свободно может владеть методами управления и регулирования химико-технологических процессов конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии	Осуществляет ошибки в методах управления и регулирования химико-технологических процессов конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии	Имеется минимальный набор навыков владения методами управления и регулирования химико-технологических процессов конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки владения методами управления и регулирования химико-технологических процессов конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии
		владеть: методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов (В3)				
			Свободно может владеть методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов	Осуществляет ошибки в методах расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов	Имеется минимальный набор навыков владения методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки владения методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Учебно-методическое обеспечение

5.1.1. Основная литература

1. Нестерова, Е. В. Общая химическая технология: Кинетика химических процессов. Химические реакторы : учебное пособие / Е. В. Нестерова. – Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2013. – 92 с. – ISBN 978-5-9239-0575-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/45521>.

2. Корытцева, А. К. Химические реакторы. Введение в теорию и практику : учебное пособие / А. К. Корытцева, В. И. Петьков. – Санкт-Петербург : Лань, 2019. – 112 с. – ISBN 978-5-8114-3501-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/113903>

5.1.2.Дополнительная литература

1. Муртазин, Ф. Р. Химические реакторы : учебное пособие / Ф. Р. Муртазин. – Уфа : УГНТУ, 2021. – 91 с. — ISBN 978-5-7831-2152-4. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/355004>

2. Примеры и задачи по общей химической технологии: учеб. пособ. для вузов / В. И. Игнатенков, В. С. Бесков. – М. : Академкнига, 2006. 198 с.

3. Банных О.П. Оборудование для нефтехимических производств. Часть 2: Учебное пособие – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 44 с.

5.2. Информационное обеспечение

5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

1. ЭБС «Лань»: Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>.
2. . Образовательная платформа «Юрайт»: Режим доступа: <https://urait.ru/>
3. ЭБС «Znanium»: Режим доступа: <https://znanium.ru/>
4. ЭБС IPR SMART: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
5. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>
6. Электронный информационный ресурс «ИВИС» : <https://eivis.ru/>

5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. ИСС «Кодекс» / «Техэксперт» <http://app.kgeu.local/Home/Apps>
2. «Гарант» <http://www.garant.ru/>
3. «Консультант плюс» <http://www.consultant.ru/>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Windows 7 Профессиональная (Pro)
2. Браузер Chrome

3. Adobe Flash Player
4. LMS Moodle
5. Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

3. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно- лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www/kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).
- Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо
- предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении

профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

Гражданское и патриотическое воспитание:

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности; развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

Духовно-нравственное воспитание:

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

Культурно-просветительское воспитание:

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;
- повышение познавательной активности обучающихся.

Научно-образовательное воспитание:

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;
- формирование умения получать знания;
- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					



КГУ

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
по дисциплине**

Б1.О.30 Химические реакторы

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Квалификация

Бакалавр

Оценочные материалы по дисциплине, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля (ТК) и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

1. Технологическая карта

Семестр 6

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							Промежуточная аттестация
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	
Раздел 1. «Моделирование химических реакторов и процессов в них»	ТК1	20	0-10					10-30	20-30
Тест		5							
Выполнение индивидуальных заданий (рефератов)		10							
Собеседование		5							
Раздел 2. «Тепломассоперенос в химических реакторах»	ТК2			20	0-10			10-30	20-30
Тест				10					
Практическая работа				10					
Раздел 3. «Промышленные химические реакторы»	ТК3	2				20	0-20	20-40	15-40
Тест						5			
Практическая работа						5			
Контрольная работа						10			
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен, КП, КР)	зачет								40
Задание промежуточной аттестации									0-10
В письменной форме по билетам									0-30

2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
	ОПК--1.1	знать: основы теории переноса импульса, тепла и массы (31)				
			Свободно и в полном объеме описывает основы теории переноса импульса, тепла и массы	Достаточно полно знает основы теории переноса импульса, тепла и массы	Плохо описывает основы теории переноса импульса, тепла и массы	Не знает основы теории переноса импульса, тепла и массы
		знать: основные уравнения движения жидкостей (32)				
			Свободно и в полном объеме описывает основные уравнения движения жидкостей	Достаточно полно знает основные уравнения движения жидкостей	Плохо описывает основные уравнения движения жидкостей	Не знает основные уравнения движения жидкостей
		знать: основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз (33)				

			Свободно и в полном объеме описывает основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз	Достаточно полно знает основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз	Плохо описывает основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз	Не знает основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз
		знать: основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии (34)				
			Свободно и в полном объеме описывает основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии	Достаточно полно знает основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии	Плохо описывает основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии	Не знает основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии
		уметь: рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства т (У1)				
			Уверенно рассчитывает основные характеристики химического процесса, выбирает рациональную схему производства заданного продукта, оценивает технологическую эффективность производства	С небольшими недочетами рассчитывает основные характеристики химического процесса, выбирает рациональную схему производства заданного продукта, оценивает технологическую эффективность производства	Слабо рассчитывает основные характеристики химического процесса, выбирает рациональную схему производства заданного продукта, оценивает технологическую эффективность производства	Не может рассчитать основные характеристики химического процесса, выбирает рациональную схему производства заданного продукта, оценивает технологическую эффективность производства
		владеть: методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования (В1)				

			Свободно может владеть технологическими расчетами отдельных узлов и деталей химического оборудования	Осуществляет ошибки в методах технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования	Имеется минимальный набор навыков владения методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки владения методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования
ОПК-4.1	знать: Принципы физического моделирования химико-технологических процессов (35)					
			Свободно и в полном объеме описывает принципы физического моделирования химико-технологических процессов	Достаточно полно знает принципы физического моделирования химико-технологических процессов	Плохо описывает принципы физического моделирования химико-технологических процессов	Не знает принципы физического моделирования химико-технологических процессов
	знать: методы расчета тепло- и массообменной аппаратуры (36)					
			Свободно и в полном объеме описывает методы рас-чета тепло- и массообменной аппаратуры	Достаточно полно знает методы рас-чета тепло- и массообменной аппаратуры	Плохо описывает методы рас-чета тепло- и массообменной аппаратуры	Не знает методы рас-чета тепло- и массообменной аппаратуры
	знать: методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов (37)					
			Свободно и в полном объеме описывает методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-	Достаточно полно знает методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-	Плохо описывает методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов	Не знает методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов

		технологических процессов	технологических процессов		
	уметь: применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения (У2)				
		Уверенно применяет методы вычислительной математики и математической статистики для решения	С небольшими недочетами применяет методы вычислительной математики и математической статистики для решения	Слабоприменяет методы вычислительной математики и математической статистики для решения	Не может применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения
	уметь: произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей (У3)				
		Уверенно производит выбор типа реактора и производит расчет технологических параметров для заданного процесса; определяет параметры наилучшей организации и процесса в химическом реакторе	С небольшими недочетами производит выбор типа реактора и производит расчет технологических параметров для заданного процесса; определяет параметры наилучшей организации и процесса в химическом реакторе	Слабо производит выбор типа реактора и производит расчет технологических параметров для заданного процесса; определяет параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе	Не может производить выбор типа реактора и производить расчет технологических параметров для заданного процесса; определять параметры наилучшей
	владеть: методами управления и регулирования химико-технологических процессов конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии (В2)				

			Свободно может владеть методами управления и регулирования химико-технологических процессов конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии	Осуществляет ошибки в методах управления и регулирования химико-технологических процессов конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии	Имеется минимальный набор навыков владения методами управления и регулирования химико-технологических процессов конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки владения методами управления и регулирования химико-технологических процессов конкретных задач расчета, проектирования, моделирования, идентификации и оптимизации процессов химической технологии
		владеть: методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов (В3)				
			Свободно может владеть методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов	Осуществляет ошибки в методах расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов	Имеется минимальный набор навыков владения методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки владения методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов

Оценка **«зачтено»** - **«отлично»** выставляется, если обучающийся выполняет практические работы в семестре, тестовые задания, решение юридических задач, выступал с докладом с презентацией, полно и аргументированно отвечает на вопросы билета; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить правовые знания на практике, самостоятельно решить предложенные задания, требующие дополнительного анализа и поиска нужных нормативно-правовых актов;

Оценка **«зачтено»** - **«хорошо»** выставляется, если обучающийся выполняет практические работы в семестре, тестовые задания, полно и аргументированно отвечает на вопросы билета; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, самостоятельно решить предложенные задания, требующие дополнительного анализа и самостоятельного поиска соответствующих нормативно-правовых актов из лагает материал последовательно и правильно, но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет;

Оценка **«зачтено»** - **«удовлетворительно»** выставляется, если обучающийся выполняет практические задания, тестовые задание, доклады в семестре.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется за слабое или не полное выполнение практических работ, тестовых заданий, докладов в семестре.

2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Собеседование (Сбс)	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по разделам дисциплины
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект заданий юридический задач
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Контрольная работа (Кнтр)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам

4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Для текущего контроля ТК1:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.1; ОПК-4.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
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 Изучает и анализирует механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире
ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ОПК-4.1 Обеспечивает проведение технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья

Тест

Вопрос	Варианты ответа
РИВ является:	емкостным аппаратом с перемешивающим устройством
	реактором, работающим в нестационарных условиях
	аппаратом, в котором реакционная смесь движется в режиме вытеснения,
	аппаратом периодического действия
По способу организации процесса не различают реакторов	периодического действия
	полунепрерывного действия
	непрерывного действия
	последовательного действия
В зависимости от характера изменения параметров процесса во времени химические реакторы могут работать в режимах	нестационарном
	неустойчивом
	невыгодном
	стабильном
По типу конструкции	гомогенные, гетерогенные, гетерогенно-каталитические

химические реакторы подразделяют	однофазные, многофазные, двухфазные
	периодические, непрерывные, полунепрерывные
	емкостные, колонные, трубчатые
В каких реакторах (идеального действия) все реагенты вводят до начала реакции, а все продукты выводят из него только по окончании процесса?	РИС-Н
	РИВ-П
	РИС-П
	РИВ

Темы рефератов

- 1 Химические реакторы.
- 2 Классификация химических реакторов и режимов их работы.
- 3 Реактор идеального вытеснения.
- 4 Реакторы идеального смешения периодического действия.
- 5 Последовательные и параллельные схемы реакторов.
- 6 Реактор идеального смешения непрерывного действия.
- 7 Каскад реакторов.
- 8 Графический метод расчета.
- 9 Аналитический метод расчета.
- 10 Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения вытеснения.
- 11 Основные модели химических реакторов.
- 12 Теория химических реакторов.
- 13 Гомогенизаторы и реакторы.
- 14 Исследование химического реактора как объекта управления.

Вопросы для собеседования

1. Каковы основные типы химических реакторов
2. Каковы основные требования, предъявляемые к реакторам.
3. Приведите примеры использования реакторов в технологии важнейших химических продуктов.
4. Какие процессы относятся к гетерогенным?
5. Перечислите стадии гетерогенного процесса.
6. Назовите области протекания гетерогенного процесса.
7. Какие признаки могут быть положены в основу классификации химических реакторов?
8. Каковы различия в условиях перемешивания в проточных реакторах смешения и вытеснения?
9. Какой режим работы химического реактора называется стационарным?
10. Возможен ли стационарный режим в периодическом реакторе?
11. Возможен ли стационарный режим в полунепрерывном реакторе?
12. Почему при стационарном режиме работы химического реактора в нем не происходит накопления вещества и теплоты?
13. Сформулируйте допущения модели идеального смешения.

Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.1; ОПК-4,1.

Тест

Вопрос	Варианты ответа
Выберите ответ на вопрос: какие требования предъявляются к химическим реакторам?	максимальная производительность и интенсивность работы, высокий выход продукта и наибольшая селективность процесса, максимальные энергетические затраты на перемешивание и транспортировку материалов через реактор, легкая управляемость и безопасность работы, низкая стоимость изготовления реактора и его ремонта
	максимальная производительность и интенсивность работы, высокий выход продукта и наибольшая селективность процесса, минимальные энергетические затраты на перемешивание и транспортировку материалов через реактор, легкая управляемость и безопасность работы, высокая стоимость изготовления реактора и его ремонта
	максимальная производительность и интенсивность работы, высокий выход продукта и наибольшая селективность процесса, минимальные энергетические затраты на перемешивание и транспортировку материалов через реактор, легкая управляемость и безопасность работы, низкая стоимость изготовления реактора и его ремонта
	максимальная производительность и интенсивность работы, высокий выход продукта и наибольшая селективность процесса, минимальные энергетические затраты на перемешивание и транспортировку материалов через реактор, легкая управляемость и безопасность работы
Выражение $D(\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2})$	конвективный перенос
	уравнение материального баланса
	диффузионный перенос
	всё перечисленное
Выражение $-w_x \frac{\partial C_A}{\partial x} - w_y \frac{\partial C_A}{\partial y} - w_z \frac{\partial C_A}{\partial z}$	конвективный перенос
	уравнение материального баланса
	диффузионный перенос
	всё перечисленное
В РИС-П концентрация веществ	изменяться во времени
	изменяется в пространстве
Условием идеальности РИС - Н в стационарном режиме	является наличие градиента концентраций по объему;

является отсутствие градиента концентраций по объему и во времени

Практические задания ТК2

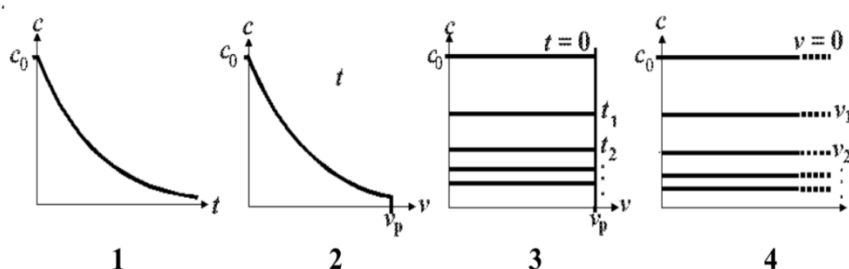
1. Определить расходный коэффициент аммиака в производстве азотной кислоты (без учета производственных потерь)
2. Теоретически 17 кг аммиака при окислении дают 63 кг азотной кислоты. Определить выход азотной кислоты, если практически было получено 54 кг кислоты
3. При получении серной кислоты контактным способом на 1 т сжигаемого колчедана с содержанием серы 42 % практически получают 1,2 т олеума в котором содержится 20 % серного ангидрида («свободный ангидрид»). Определить процент выхода серной кислоты.
4. Согласно отчетности, на производство 1 т 65%-ной азотной кислоты, полученной окислением аммиака, расходуется 186,2 кг аммиака. Рассчитать выход азотной кислоты; теоретический и практический расходный коэффициент сырья по аммиаку.
5. В контактном аппарате окисляется 180 т сернистого ангидрида. Время окисления 12 часов, степень окисления 98,5 %. Определить производительность аппарата (кг/час).

Для текущего контроля ТК3:

Проверяемая компетенция: ОПК-1.1; ОПК-4.1.

Тест

1. Изменение концентрации исходного реагента с во времени t и по объему v в реакторе идеального вытеснения имеет вид:



2. Выражение

$$\frac{\partial C_A}{\partial \tau} = -W_x \frac{\partial C_A}{\partial x} - W_y \frac{\partial C_A}{\partial y} - W_z \frac{\partial C_A}{\partial z} + D \left(\frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2} \right) - r_A$$

- а) уравнение материального баланса;

- б) изменение концентрации реагента А в элементарном объеме вследствие переноса его реакционной средой (вместе с самой средой) в направлении, совпадающем с направлением общего потока (конвективный перенос);
 в) изменение концентрации реагента А в элементарном объеме в результате переноса его путем диффузии (диффузионный перенос);
 г) все перечисленное.

3. Какие из приведенных уравнений можно использовать для расчета времени пребывания реагентов в реакторе идеального вытеснения при проведении реакции первого порядка $A \rightarrow R$?

$$1) \tau = \frac{c_{A0} x_A}{k};$$

$$4) \tau = -\frac{1}{k} \ln(1 - x_A);$$

$$7) \tau = \frac{1}{k} \ln \frac{c_{A0}}{c_A};$$

$$2) \tau = c_{A0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{-W_A};$$

$$5) \tau = \frac{c_{A0} x_A}{-W_A};$$

$$8) \tau = \frac{1}{k} \ln \frac{1}{1 - x_A};$$

$$3) \tau = c_{A0} \int_0^{x_A} \frac{dx_A}{kc_A};$$

$$6) \tau = \frac{x_A}{k(1 - x_A)};$$

$$9) \tau = \int_{c_{A0}}^{c_A} \frac{dc_A}{W_A}.$$

4. Стационарный режим работы химических реакторов описывается уравнением:

а) $\frac{dC_A}{d\tau} = 0$; б) $\frac{dC_A}{dl} = 0$; в) $C_A \neq f(x, y, z)$; г) $\frac{dV}{dT} = 0$

Практические задания ТКЗ

1. Вычислить процентное содержание железа в пустой руде, содержащей 85,63 % оксида железа Fe_3O_4 .

2. Рассчитать процентное содержание фторапатита $(3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2)$ и примесей с Хибинской руде, если, по данным анализа, в ней содержится 32 % оксида фосфора (V).

3. Рассчитать массу бурого железняка (т), требуемого для выплавки 5 000 т передельного чугуна, содержащего 92 % железа. Согласно аналитическим данным бурый железняк содержит 80 % лимонита $Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$.

4. Сколько сульфида железа содержится в природном колчедане FeS_2 , если по данным анализа содержание серы в нем составляет 42 %?

5. Сколько серной кислоты с концентрацией 68 % потребуется для переработки 125 т природного фосфорита, содержание в котором фосфата кальция после флотационного обогащения составляет 92 %?

Варианты контрольной работы

Вариант 1

1. При флотации 3 т медной руды, содержащей 5 % сульфида меди (II), получено 200 кг концентрата, содержащего 30 % меди. Определить выход концентрата, степень извлечения, степень обогащения.

2. Рассчитать количество теплоты, которое выделяется по образованию 100 л ацетилена из карбида кальция.

Вариант 2

1. Определить массу (т) флотированной руды и процентное содержание металла в руде, если выход концентрата составил 5,5 %, а количество полученного концентрата – 275 кг. Степень извлечения металла из руды составляет 85 %, содержание металла в концентрате 95 кг.

2. Определить теоретическую теплотворную способность углистого колчедана, содержащего 45 % серы и 5 % углерода. При выполнении расчетов учесть, что теплота сгорания чистого колчедана (FeS_2) составляет 7060 кДж/кг, чистого углерода – 32 700 кДж/кг.

Вариант

1. Магнитный сепаратор горно-обогатительного комбината перерабатывает 160 т/час измельченного титано-магнетита. При этом получается магнитный продукт с выходом 38,1 % и степенью извлечения железа 72,1 %. Массовая доля железа в руде составляет 16,9 %, а в продукте – 32 %. Определить массу концентрата, массу отходов и массовую долю железа в них.

2. Определить температуру горения цинковой обманки, содержащей 96% сульфида цинка. Состав обжиговых газов (в объемных %): SO_2 – 7%, O_2 – 11%, N_2 – 82%. Потери теплоты печью в окружающую среду составляют 13% от выделяющейся (без дополнительного охлаждения). В процессе обжига выгорает 98% ZnS .

Для промежуточной аттестации

Вопросы

1. Классификация химических реакторов.
2. Характеристическое уравнение РИС периодического действия.
3. Характеристическое уравнение РИС непрерывного действия.
4. Характеристическое уравнение РИВ.
5. Соотношение объемов РИВ и РИС Н.
6. Комбинированные модели: модель РИВ с рециклом
7. Комбинированные модели: модель РИВ с байпасом.
8. Комбинированные модели: модель РИВ и РИС, параллельное соединение.
9. Комбинированные модели: модель РИВ и РИС, последовательные соединения.
10. Комбинированные модели: последовательные соединения РИВ.
11. Комбинированные модели: последовательные соединения РИС.
12. Зависимость степени превращения от температуры из уравнений материального баланса. Оптимальная температура процесса.
13. Зависимость степени превращения от температуры в РИС П из уравнения теплового баланса.
14. Зависимость степени превращения от температуры в РИС Н из уравнения теплового баланса.

15. Зависимость степени превращения от температуры в РИВ из уравнения теплового баланса. 16. Определение оптимальной температуры при проведении необратимых эндотермических реакций.

17. Определение оптимальной температуры при проведении необратимых экзотермических реакций.

18. Устройства для перемешивания и теплообмена в реакторах.

19. Конструкции реакторов для гомогенных реакций.

20. Конструкции реакторов для гетерогенных реакций.

Задачи

1. Составить материальный баланс колонны синтеза аммиака, если известно, что в исходной смеси концентрация водорода составляет 60 % (об.), азота 18 % (об.), аммиака 3 % (об.) (смесь циркулирует по замкнутому контуру и поэтому в исходной смеси присутствует продукт реакции аммиак). Кроме того, известно, что в конечной смеси концентрация аммиака составляет 18 % (об.), расход конечной смеси при нормальных условиях $50000 \text{ м}^3/\text{ч}$. В смесях присутствует инертное вещество – метан. Дополнительно рассчитать степень превращения водорода.

2. Составить материальный баланс производства оксида этилена прямым каталитическим окислением этилена воздухом. Состав исходной газовой смеси [% (об.)]: этилен – 3, воздух – 97. Степень окисления этилена 0,5. Расчет вести на 1 т оксида этилена.

3. При электрокрекинге природного газа [состав, % (об.): CH_4 – 98, N_2 – 2] в газе, выходящем из аппарата, содержится 15% ацетилена. Рассчитать материальный баланс процесса на 1000 м^3 исходного газа без учета побочных реакций.

4. Составить материальный баланс производства фтороводорода (на 1 т HF) из плавикового шпата, содержащего [% (масс.)]: CaF_2 – 96; SiO_2 – 4. Степень разложения шпата 0,95. Для разложения применяют 93%-ную H_2SO_4 с 15%-ным избытком от теоретического.