

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Директор строительного
технологического института
_____ Власов В.В.
«___» _____ 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Химические реакторы»

Направление подготовки: 18.03.01 «Химическая технология»

Квалификация (степень) выпускника: «Бакалавр»

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Авторы программы _____ (д.х.н., проф. О.Б. Рудаков),
_____ (к.х.н., доцент Е.Г. Давыдова)

Программа обсуждена на заседании кафедры химии

«___» _____ 2015 года Протокол № _____

Программа обсуждена на заседании кафедры технологии строительных материалов, изделий
и конструкций

«___» _____ 2015 года Протокол № _____

Зав. кафедрой химии _____ Рудаков О.Б.

Зав. кафедрой технологии строительных материалов,
изделий и конструкций _____ Власов В.В.

Воронеж 2015

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Формирование у студента знаний и умений, необходимых для выбора и расчета химических реакторов для осуществления химико-технологических процессов.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Познакомить учащихся с различными видами химических реакторов.

Освоить математическое моделирование как метод исследования химических процессов и реакторов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Химические реакторы» относится к базовой части профессионального (специального) цикла учебного плана.

Требования к «входным» знаниям и умениям студента, необходимым для изучения дисциплины «Химические реакторы»:

- способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин,
- применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

Изучение дисциплины «Химические реакторы» требует основных знаний, умений и компетенций студента по курсам: математика (ОК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-9), физика (ПК-1, ПК-2, ПК-21, ПК-24), физическая химия (ПК-1, ПК-3, ПК-21, ПК-23), процессы и аппараты химической технологии (ПК-1, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПК-15, ПК-17, ПК-21, ПК-27), моделирование химико-технологических процессов (ПК-1, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-11, ПК-17, ПК-21, ПК-27).

Дисциплина «Химические реакторы» является предшествующей для следующего курса: системы управления химико-технологическими процессами.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Химические реакторы» направлен на формирование следующих компетенций:

- профессиональные (ПК): ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24.
- способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-7);
- налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств (ПК-13);

- проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования (ПК-14);
- к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования (ПК-15);
- анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования (ПК-16);
- анализировать технологический процесс как объект управления (ПК-17);
- использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления (ПК-24);

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства;
- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии.

Уметь:

- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.

Владеть:

- методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Химические реакторы» составляет 4 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа (всего)	72	72

В том числе:		
Курсовой проект	-	-
Контрольная работа	-	-
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Зачет с оценкой	Зачет с оценкой
Общая трудоемкость	час	144
	зач. ед.	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Введение. Понятие химических процессов и реакторов	Основные понятия и определения. Предмет дисциплины. Значение химических реакторов и процессов в научных исследованиях и промышленной практике. Содержание дисциплины.
2	Вычислительный эксперимент и адекватность моделей	Основы классификация методов исследований. Натурные и модельные исследования. Стадии натурных исследований. Пассивный и активный эксперимент. Физическое и математическое моделирование. Адекватность моделей.
3	Химические процессы и реакторы	Физико-химические основы химических процессов. Гомогенные химические процессы. Гетерогенные химические процессы. Каталитический химический процесс. Процессы в химическом реакторе. Режимы идеального смешения. Режимы идеального вытеснения. Изотермический процесс в химическом реакторе. Неизотермический процесс в химическом реакторе.
4	Промышленные химические реакторы	Общие замечания о расчете химических реакторов. Оптимизация химических процессов и реакторов. Конструктивные элементы химических реакторов. Схемы и конструкции промышленных химических реакторов.
5	Особенности расчета каталитических реакторов	Составление ориентировочной таблицы распределения выходов и температур по полкам. Вычисление констант равновесия, определение равновесного выхода и построение равновесной кривой. Расчет оптимальных температур для каждой стадии процесса. Составление материального баланса для реактора в целом и по стадиям катализа. Определение объема газа и его компонентов на входе в реактор, на выходе и на каждой стадии процесса. Определение гидродинамических параметров работы реактора. Определение объема загружаемого катализатора по стадиям процесса (полкам) и по всему реактору. Определение основных размеров реактора – площади сечения внутреннего диаметра, высоты неподвижного слоя по данным материального баланса, по найденным значениям рабочих скоростей газа, объема катализатора,

	оптимальных температур. Определение гидравлического сопротивления слоев катализатора и реактора. Составление теплового баланса по полкам реактора
--	---

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин				
		1	2	3	4	5
1.	Системы управления химико-технологическими процессами	+	+	+	+	+

5.3. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего час.
1.	Введение. Понятие химических процессов и реакторов	4	4	-	10	18
2.	Вычислительный эксперимент и адекватность моделей	6	6	-	14	26
3.	Химические процессы и реакторы	10	10	-	12	32
4.	Промышленные химические реакторы	8	8	-	20	36
5.	Особенности расчета каталитических реакторов	8	8	-	16	32

5.4. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Не предусмотрены

5.5. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (час)
1.	Введение. Понятие химических процессов и реакторов. Вычислительный эксперимент и адекватность моделей	Общие сведения о химически стойких материалах для получения химических реакторов	2
2.	Химические процессы и реакторы	Изучение классификации химически стойких материалов для получения химических реакторов	2
3.	Химические процессы и реакторы	Разновидности химически стойких материалов для производства химических реакторов	6
4.	Химические процессы и	Изучение методики определения	8

	реакторы	основных свойств (кислотостойкости, водопоглощения, предела прочности, термической стойкости) химически стойких материалов	
5.	Промышленные химические реакторы	Изучение классификации химических реакторов	4
6.	Промышленные химические реакторы. Особенности расчета каталитических реакторов	Расчет производительности, объема, скорости потока, поверхности теплообмена, гидравлического сопротивления, скорости замены катализатора и конструктивных параметров каталитических реакторов	6
7.	Промышленные химические реакторы. Особенности расчета каталитических реакторов	Расчет полей температуры и концентрации, определение оптимальной схемы теплообмена и рециркуляции, анализ устойчивости режима реактора с помощью ЭВМ	8

6.6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Не планируется.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

№ п/п	Компетенция (общекультурная – ОК; профессиональная - ПК)	Форма контроля	семестр
1	способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-7);	Тестирование (Т) Зачет	6
2	способность и готовность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств (ПК-13);	Зачет	6
3	способность и готовность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования (ПК-14);	Зачет	6
4	способность и готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования (ПК-15);	Зачет	6
5	способность и готовность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования (ПК-16);	Зачет	6

6	способность и готовность анализировать технологический процесс как объект управления (ПК-17);	Зачет	6
7	использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления (ПК-24);	Тестирование (Т) Зачет	6

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Форма контроля					
		РГР	КЛ	КР	Т	Зачет	Экзамен
Знает	- основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства; - основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии.				+	+	
Умеет	произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.				+	+	
Владеет	методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса.				+	+	

7.2.1. Этап текущего контроля знаний

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по пятибальной шкале с оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;
- «не аттестован».

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
Знает	<p>- основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства;</p> <p>- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>	отлично	<p>Полное или частичное посещение лекционных и практических занятий. Тестирование на оценку «отлично».</p>
Умеет	<p>- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>		
Владеет	<p>методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>		
Знает	<p>- основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства;</p> <p>- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные</p>	хорошо	<p>Полное или частичное посещение лекционных и практических занятий. Тестирование на оценку «хорошо».</p>

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
	реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		
Умеет	- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		
Владеет	методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		
Знает	- основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства; - основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)	удовлетворительно	Полное или частичное посещение лекционных и практических занятий. Тестирование на оценку «Удовлетворительно».
Умеет	- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		
Владеет	методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		
Знает	- основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов;	неудовлетворительно	Частичное посещение лекционных и практических

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания		
	<p>основные химические производства;</p> <p>- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>		<p>занятий.</p> <p>Неудовлетворительно выполненное тестирование.</p>		
Умеет	<p>- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>				
Владеет	<p>методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>				
Знает	<p>- основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства;</p> <p>- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>	не аттестован	<p>Непосещение лекционных и практических занятий.</p> <p>Невыполненное тестирование.</p>		
Умеет	<p>- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>				
Владеет	<p>методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения</p>				

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
	технологических показателей процесса. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		

7.2.2. Этап промежуточного контроля знаний

В шестом семестре результаты промежуточного контроля знаний (зачет с оценкой) оцениваются по четырехбалльной шкале с оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «не удовлетворительно».

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
Знает	- основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства; - основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)	отлично	Студент демонстрирует полное понимание заданий. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
Умеет	- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		
Владеет	методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		
Знает	- основные принципы организации химического производства, его	хорошо	Студент

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
	<p>иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства;</p> <p>- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>		<p>демонстрирует значительное понимание заданий. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.</p>
Умеет	<p>- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>		
Владеет	<p>методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>		
Знает	<p>- основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства;</p> <p>- основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)</p>	удовлетворительно	<p>Студент демонстрирует частичное понимание заданий. Большинство требований, предъявляемых к заданию выполнены.</p>
Умеет	<p>- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-</p>		

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
	16, ПК-17, ПК-24)		
Владеет	методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		
Знает	- основные принципы организации химического производства, его иерархической структуры, методы оценки эффективности производства; общие закономерности химических процессов; основные химические производства; - основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)	неудовлетворительно	<p>1. Студент демонстрирует небольшое понимание заданий. Многие требования, предъявляемые к заданию не выполнены.</p> <p>2. Студент демонстрирует непонимание заданий.</p> <p>3. У студента нет ответа. Не было попытки выполнить задание.</p>
Умеет	- произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		
Владеет	методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса. (ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)		

7.3. Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

Текущий контроль успеваемости осуществляется на практических занятиях: в виде опроса теоретического материала и умения применять знания к решению задач у доски, в виде проверки домашних заданий, в виде тестирования по отдельным темам. Промежуточный контроль осуществляется проведением тестирования по разделам дисциплины, изученным студентом в период между аттестациями.

7.3.1. Примерная тематика РГР

Не предусмотрено

8. Что в технологических критериях эффективности ХТС характеризует понятие интегральная селективность?

а) Долю переработанного сырья при проведении простой необратимой реакции;

б) Долю переработанного сырья при проведении простой обратимой реакции;

в) Суммарную долю переработанного сырья при проведении сложных параллельных реакций;

г) Долю от переработанного сырья, пошедшего на получение целевого продукта при проведении сложных реакций;

9. Интегральная селективность процесса рассчитывается по уравнению:

$$\text{а) } \varphi_R = \frac{\Delta N_{A \rightarrow R}}{\Delta N_A}; \quad \text{б) } \varphi_R = \frac{N_A}{\Delta N_A}; \quad \text{в) } \varphi_R = \frac{\Delta N_A}{N_{A_0}}; \quad \text{г) } \varphi_R = \frac{\Delta N_A}{\Delta N_{A \rightarrow \hat{E}}};$$

10. Какое уравнение описывает связь между технологическими критериями для необратимых сложных реакций?

$$\text{а) } \eta_R = \frac{X_A}{X_{Ap}}; \quad \text{б) } \eta_R = X_A; \quad \text{в) } \eta_R = \varphi_R X_A; \quad \text{г) } \eta_R = \varphi_R \frac{X_A}{X_{Ap}};$$

11. Какое уравнение описывает связь между технологическими критериями для обратимых сложных реакций?

$$\text{а) } \eta_R = \frac{X_A}{X_{Ap}}; \quad \text{б) } \eta_R = X_A; \quad \text{в) } \eta_R = \varphi_R X_A; \quad \text{г) } \eta_R = \varphi_R \frac{X_A}{X_{Ap}};$$

12. Какое уравнение описывает связь между технологическими критериями для необратимых простых реакций?

$$\text{а) } \eta_R = \frac{X_A}{X_{Ap}}; \quad \text{б) } \eta_R = X_A; \quad \text{в) } \eta_R = \varphi_R X_A; \quad \text{г) } \eta_R = \varphi_R \frac{X_A}{X_{Ap}};$$

13. Какое уравнение описывает связь между технологическими критериями для обратимых простых реакций?

$$\text{а) } \eta_R = \frac{X_A}{X_{Ap}}; \quad \text{б) } \eta_R = X_A; \quad \text{в) } \eta_R = \varphi_R X_A; \quad \text{г) } \eta_R = \varphi_R \frac{X_A}{X_{Ap}};$$

14. Математическое выражение скорости гомогенного процесса имеет вид:

$$\text{а) } W_j = \pm \frac{dN_j}{d\tau} \frac{1}{S} \frac{1}{j} \quad \text{б) } W_j = \pm \frac{dN_j}{d\tau} \frac{1}{V} \frac{1}{j}$$

$$\text{в) } W_j = \pm \frac{dC_j}{d\tau} \frac{1}{S} \frac{1}{j} \quad \text{г) } W_j = \pm \frac{dC_j}{d\tau} \frac{1}{V} \frac{1}{j}$$

15. Уравнение скорости реакции второго порядка типа $2A_{\Gamma} \rightarrow D_{\Gamma} + C_{\Gamma}$ имеет вид:

$$\text{а) } W_A = k C_A C_B \quad \text{б) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{A_0} (1 - X_A)$$

$$\text{в) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{A_0} (1 - X_A) (C_{B_0} - C_{A_0} X_A)$$

$$\text{г) } W_A = k \frac{C_{A_0} (1 - X_A)}{(1 + \varepsilon_A X_A)} \quad \text{д) } W_A = k_o e^{-E/RT} \frac{C_{A_0}^2 (1 - X_A)^2}{(1 + \varepsilon_A X_A)^2}$$

$$\text{е) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{A_0} (1 - X_A) C_{B_0} - C_{A_0} X_A$$

16. Уравнение скорости реакции первого порядка типа $A_{\Gamma} \rightarrow D_{\Gamma} + C_{\Gamma}$ имеет вид:

$$\text{а) } W_A = k C_A C_B \quad \text{б) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A)$$

$$\text{в) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A) (C_{Bo} - C_{Ao} X_A)$$

$$\text{г) } W_A = k_o e^{-E/RT} \frac{C_{Ao} (1 - X_A)}{(1 + \varepsilon_A X_A)} \quad \text{д) } W_A = k_o e^{-E/RT} \frac{C_{Ao}^2 (1 - X_A)^2}{(1 + \varepsilon_A X_A)^2}$$

$$\text{е) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A) C_{Bo} - C_{Ao} X_A$$

17. Уравнение скорости реакции второго порядка типа $A_r + B_r \rightarrow D_r$ имеет вид:

$$\text{а) } W_A = k_1 C_A C_B - k_2 C_R$$

$$\text{б) } W_A = k_{1o} e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A) (C_{Bo} - C_{Ao} X_A) - k_{2o} C_R$$

$$\text{в) } W_A = k_1 \frac{C_{Ao} (1 - X_A) (C_{Bo} - C_{Ao} X_A)}{(1 + \varepsilon_A X_A)^2} - k_2 \frac{C_{Ao} X_A}{1 + \varepsilon_A X_A}$$

$$\text{г) } W_A = k \frac{C_{Ao} (1 - X_A) (C_{Bo} - C_{Ao} X_A)}{(1 + \varepsilon_A X_A)^2} \quad \text{д) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A) C_{Bo} - C_{Ao} X_A$$

18. Уравнение скорости реакции первого порядка типа $A_{ж} \rightarrow D_{ж} + C_{ж}$ имеет вид:

$$\text{а) } W_A = k C_A C_B \quad \text{б) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A)$$

$$\text{в) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A) (C_{Bo} - C_{Ao} X_A)$$

$$\text{г) } W_A = k \frac{C_{Ao} (1 - X_A)}{(1 + \varepsilon_A X_A)} \quad \text{д) } W_A = k_o e^{-E/RT} \frac{C_{Ao} (1 - X_A)^2}{(1 + \varepsilon_A X_A)^2}$$

$$\text{е) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao}^2 (1 - X_A)^2$$

19. Уравнение скорости реакции второго порядка типа $2A_{ж} \rightarrow D_{ж} + C_{ж}$ имеет вид:

$$\text{а) } W_A = k C_A C_B \quad \text{б) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A)$$

$$\text{в) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A) (C_{Bo} - C_{Ao} X_A)$$

$$\text{г) } W_A = k \frac{C_{Ao} (1 - X_A)}{(1 + \varepsilon_A X_A)} \quad \text{д) } W_A = k_o e^{-E/RT} \frac{C_{Ao} (1 - X_A)^2}{(1 + \varepsilon_A X_A)^2}$$

$$\text{е) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao}^2 (1 - X_A)^2$$

20. Уравнение скорости реакции типа $A_{ж} + B_{ж} + \text{Кат}_{(ж)} \rightarrow R_{ж}$ имеет вид:

$$\text{а) } W_A = k_1 C_A C_B - k_2 C_R$$

$$\text{б) } W_A = k_{1o} e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A) (C_{Bo} - C_{Ao} X_A) - k_{2o} C_R$$

$$\text{в) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A) (C_{Bo} - C_{Ao} X_A)$$

$$\text{г) } W_A = k_o e^{-E/RT} C_{Ao} (1 - X_A) (C_{Bo} - C_{Ao} X_A) C_{кат}$$

21. Скорость гомогенного процесса, протекающего в жидкой фазе, можно увеличить, если:

а) уменьшить температуру, б) увеличить давление, в) уменьшить давление, г) увеличить температуру.

22. Уравнение изобары Вант-Гоффа имеет вид:

$$\text{а) } \frac{d \ln X_{Aaaa}}{dT} = \frac{Q}{RT^2}$$

$$\text{б) } \frac{d \ln K_p}{dT} = \frac{\Delta H}{RT};$$

$$в) \frac{d \ln K_p}{dP} = \frac{\Delta v}{RT^2} \quad г) \frac{d \ln K_p}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad д) \Delta G = -RT \ln K_p$$

23. Уравнение показывающее влияние давления на константу равновесия имеет вид:

$$а) \frac{d \ln X_{Аааа}}{dT} = \frac{Q}{RT^2} \quad б) \frac{d \ln K_p}{dP} = \frac{\Delta H}{RT};$$

$$в) \frac{d \ln K_p}{dP} = -\frac{\Delta v}{RT} \quad г) \frac{d \ln K_p}{dT} = \frac{\Delta H}{RT^2} \quad д) \Delta G = -RT \ln K_p$$

24. Уравнение изобары Вант-Гоффа дает зависимость между:

а) P и T; б) $X_{A \text{ равн.}}$ и P; в) ΔH и T; г) K_p и T; д) ΔG и K_p

Типовые задания для самостоятельной работы **Химические процессы и реакторы**

1. Определите объём воздуха для горения и объём продуктов сгорания 1 м³ доменного газа, состоящего из 10,5% CO₂, 28% CO, 0,3% CH₄, 2,7% H₂ и 58,5% N₂. Горение протекает в теоретически необходимом количестве воздуха при нормальных условиях.

2. Физико-химические основы химических процессов.

3. Рассчитайте объём воздуха, необходимого для сгорания 4,8 кг ацетонитрила CH₃CN, и объём продуктов его сгорания. Горение протекает с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1,1$ при давлении 99 кПа и температуре 23 °С.

4. Охарактеризуйте режимы идеального смещения и режимы идеального вытеснения.

Особенности расчета каталитических реакторов

1. Определите объём газа и его компонентов на входе в реактор, на выходе и на каждой стадии процесса.

2. Рассчитайте объём воздуха, необходимого для сгорания 2 кг ксилола C₆H₄(CH₃)₂. Горение протекает с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 2$ при давлении 99 кПа и температуре 20 °С.

3. Охарактеризуйте гидравлическое сопротивление слоев катализатора и реактора.

4. Определите объём воздуха для горения и объём продуктов сгорания 1 м³ доменного газа, состоящего из 10,5% CO₂, 28% CO, 0,3% CH₄, 2,7% H₂ и 58,5% N₂. Горение протекает в теоретически необходимом количестве воздуха при нормальных условиях.

7.3.5. Вопросы для зачета

1. Что такое химический реактор и для чего он предусмотрен?
2. Нарисуйте схему нескольких типов реакторов. Покажите на одном из них структурные элементы реактора.
3. Что такое моделирование и модель процесса? Их назначение.
4. Чем различаются физическое и математическое моделирование? Почему для исследования химических процессов и реакторов надо использовать математическое моделирование?
5. Что такое гомогенный и гетерогенный химические процессы?

6. Как зависит скорость необратимой реакции от концентрации и степени превращения (уравнение, график)?
7. Как зависит скорость необратимой реакции от температуры (уравнение, график)?
8. Как зависит скорость обратимой реакции от степени превращения (уравнение, график)?
9. Какие гетерогенные процессы вы знаете?
10. В чем заключается многостадийность гетерогенного процесса?
11. Чем отличаются условия гетерогенного процесса и от чего она зависит? сопоставьте со скоростью химической реакции.
12. Что такое лимитирующая стадия в гетерогенном процессе? Как данная стадия определяет режим гетерогенного процесса?
13. Что такое катализ и катализатор? В чем состоит механизм действия катализатора?
14. Как влияет катализатор на равновесие в химической реакции? Объясните.
15. Объясните роль катализатора в химическом процессе. Приведите пример промышленных каталитических процессов.
16. Нарисуйте схему протекания гетерогенно-каталитического процесса и перечислите его основные стадии.
17. Расскажите о различных способах организации теплообмена в химическом реакторе.
18. Какие тепловые режимы процесса могут существовать в реакторе? Приведите примеры.
19. Составьте ориентировочную таблицу распределения выходов и температур по полкам.
20. Вычислите константы равновесия, определения равновесного выхода и построения равновесной кривой.
21. Составьте материальный баланс для реактора в целом и по стадиям катализа. Составьте тепловой баланс по полкам реактора.

7.3.6. Вопросы для экзамена

Не предусмотрено

7.3.7. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Введение. Понятие химических процессов и реакторов	(ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)	Тестирование (Т) Зачет
2	Вычислительный эксперимент и адекватность моделей	(ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)	Тестирование (Т) Зачет
3	Химические процессы и реакторы	(ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)	Тестирование (Т) Зачет
4	Промышленные	(ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-	Тестирование (Т)

	химические реакторы	15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)	Зачет
5	Особенности расчета каталитических реакторов	(ПК-7, ПК-13, ПК-14, ПК-15, ПК-16, ПК-17, ПК-24)	Тестирование (Т) Зачет

7.4. Порядок процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности на этапе промежуточного контроля знаний

Зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и (или) путем организации специального опроса, проводимого в устной и (или) письменной форме.

Во время проведения зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также вычислительной техникой.

8. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), РАЗРАБОТАННОГО НА КАФЕДРЕ

Отсутствует

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Для более глубокого усвоения студентом предмета, можно порекомендовать следующее: работа с учебниками и дополнительной литературой. При работе с литературой следует вести запись основных положений (конспектировать отдельные разделы, выписывать новые термины и раскрывать их содержание);

Наряду с чтением лекций профессорско-преподавательским составом кафедры химии, изучением базовых учебников по курсу, учебных пособий студентам рекомендуется проведение самостоятельной работы.

Самостоятельная работа является неотъемлемым элементом учебного процесса, одним из основных методов освоения учебных дисциплин и овладения навыками профессиональной и научно-исследовательской деятельности. При самостоятельной работе достигается конкретное усвоение учебного материала, развиваются теоретические способности, столь важные для современной подготовки бакалавра.

Следует отметить, что самостоятельная работа студентов приносит результаты лишь тогда, если она является целенаправленной, систематической и планомерной.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Основная литература:

1. Глинка, Н.Л. Общая химия; учебник / под ред. В.А. Попкова, А.В. Бабков. – 16-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт; Высшее образование, 2010. – 886 с.
3. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики. О.И. Бриханов, В.И. Коробко, А.Т. Мелик-Арансян. Москва. ИНФРА-М, 2010. –254 с

10.2 . Дополнительная литература:

1. Бесков, В.С. Общая химическая технология: учебник для вузов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. – 452 с.

10.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Чтение лекций осуществляется с использованием презентаций в программе «Microsoft PowerPoint».

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Химический каталог. Сайты и книги <http://www.ximicat.com>
2. Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus>
3. Справочно-информационный сайт по химии <http://www.alhimikov.net>

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Технические средства обучения

1. Ноутбук - отдел инновационных образовательных программ
2. Медиапроектор программ

12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (образовательные технологии)

Для преподавания и изучения дисциплины используются следующие образовательные технологии.

1. Дидактически обоснованная структура дисциплины «Химические реакторы». Содержательная часть дисциплины должна быть обоснована с точки зрения химии и требований к результатам освоения ООП бакалавриата, выраженных в виде определённых компетенций.

2. Точное следование рабочей программе дисциплины.

На вводной лекции студенты знакомятся со структурой УМКД «Химические реакторы», получают разъяснение о роли каждой составляющей в учебном процессе, а также где и как получить доступ ко всем составляющим учебно-методического обеспечения.

3. Планирование времени и методическое обеспечение внеаудиторной самостоятельной работы (ВСР).

Объём аудиторных занятий составляет 72 часа, на внеаудиторную самостоятельную работу планируется 72 часа, т.е. для успешного освоения дисциплины студент должен самостоятельно работать столько же времени, сколько в аудитории под руководством преподавателя. Все студенты имеют доступ полному методическому обеспечению ВСР.

4. Сопровождение занятий демонстрацией схем, таблиц, рисунков и презентациями в программе «Microsoft PowerPoint».

5. Подготовка тематики докладов, сообщений, презентаций для самостоятельной работы студентов.

6. Самостоятельное проведение студентами экспериментальных исследований на лабораторных занятиях с последующей интерпретацией и защитой результатов.
7. Рейтинговая система контроля и оценки знаний.
8. Регулярное проведение консультаций.
9. Осуществление текущего контроля знаний студентов с помощью бланкового тестирования и промежуточного контроля путём интернет-тестирования.
10. Методические рекомендации по подготовке к дифференцированному зачету.

К зачету студент допускается при условии выполнения учебного плана:

- посещение лекций и практических занятий;
- выполнение индивидуальных заданий для самостоятельной работы;
- отчёт практических занятий.

Вопросы для подготовки к дифференцированному зачету составляются в соответствии с содержанием дисциплины «Химические реакторы», имеются в рабочей программе и выдаются студентам не позднее, чем за месяц до окончания семестра.

При подготовке к зачету обязательно не только повторять лекции, но и изучать материал по учебникам в соответствии с указаниями, сделанными преподавателем на лекциях. Помимо того, следует внимательно изучить конспекты практических занятий и оформленные лабораторные работы, обратив особое внимание на сделанные выводы.

Руководитель основной образовательной программы

Доцент каф. ТСМИК, к.т.н., доц.
(занимаемая должность, ученая степень и звание)

_____ (подпись)

А.И. Макеев
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией строительно-технологического института

« _____ » _____ 2015 г., протокол № _____.

Председатель д.т.н., проф.
учёная степень и звание, подпись

Г.С.Славчева
(инициалы, фамилия)

Эксперт

Зав. каф. химии, д-р хим. наук, проф.
(место работы)

_____ (занимаемая должность)

_____ (подпись)

О.Б. Рудаков
(инициалы, фамилия)

М П

Организации