

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра химии и химической технологии

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН МТФ

к.т.н. Янпольский В. В.

“ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Химические реакторы

Образовательная программа: 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль: Основные процессы химических производств и химическая кибернетика

Курс: 4, семестр : 7

Механико-технологический факультет,

		Семестр
№	Вид деятельности	7
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	97
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	36
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	5
10	Самостоятельная работа, час.	47
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

ФГОС введен в действие приказом №227 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 27.03.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ХХТ, протокол заседания кафедры №2/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете механико-технологического факультета, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

, д.х.н. Уваров Н. Ф.

Заведующий кафедрой:

д.х.н. Уваров Н. Ф.

Ответственный за образовательную программу:

доцент Апарнев А. И.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ПК.13 готовность изучать научно-техническую информацию, анализировать отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований; в части следующих результатов обучения:
з2. знает основы теории процессов в химическом реакторе, экспериментальные методы определения основных параметров химических реакторов, основные методы расчета процессов, протекающих в реакторах химической и нефтехимической технологии
Компетенция ФГОС: ПК.15 способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты; в части следующих результатов обучения:
у12. умеет выбирать тип реактора, рассчитывать технологические параметры для заданного процесса и определять оптимальные параметры процесса в химическом реакторе

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Химические реакторы</i>	
ПК.13.з2 знает основы теории процессов в химическом реакторе, экспериментальные методы определения основных параметров химических реакторов, основные методы расчета процессов, протекающих в реакторах химической и нефтехимической технологии	
1.Об основных типах и особенностях химических реакторов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
2.Об тепломассообменных процессах протекающих на поверхности и внутри катализатора и его основных характеристиках	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
3.О сущности, основных факторах и характеристиках каталитических процессов и реакторов, влияющих на производительность и экономичность действующих промышленных установок	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
4.О методах расчета математических моделей многофазных реакторов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
5.Об основных факторах влияющих на работу трехфазных реакторов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
6.Математические модели процессов, протекающих в многофазных каталитических реакторах, для определения и оптимизации их основных параметров	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
7.Основные методы расчета лимитирующих стадий химических процессов в многофазных каталитических реакторах	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
8.Основные конструкции каталитических реакторов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
9.Экспериментальные методы определения основных параметров каталитического реактора	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
10.Влияние процессов тепломассообмена и гидродинамики на работу каталитического реактора	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы
ПК.15.у12 умеет выбирать тип реактора, рассчитывать технологические параметры для заданного процесса и определять оптимальные параметры процесса в химическом реакторе	
11.Записывать математические модели для расчета химических реакторов с учетом нескольких фаз	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

12.Оценивать скорости химических реакций в реакторе с учетом тепловых и массообменных и внутридиффузионных процессов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
13.Определять лимитирующие стадии процесса в каталитических реакторах	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
14.Выполнять расчеты производительности работы реактора	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
15.Сравнивать между собой различные типы реакторов	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
16.Работы со справочной литературой	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
17.Расчетов в среде MathCad	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Стехиометрия, маршруты протекания химических реакций				
1. Иерархический подход к изучению работы химического реактора.	2	4	1, 16, 17, 2, 3, 8, 9	Формирует навыки восприятия учебного материала через слуховой аппарат, конспектирования основного содержания лекции и осмысления базовых понятий и терминов дисциплины, позволяющих эффективнее осваивать данную предметную область.
Дидактическая единица: Микро- и макрокинетика протекания химических процессов				
2. Алгоритм нахождения скорости реакции в 3-х фазном реакторе.	0	4	1, 16, 17, 2, 3, 5, 8, 9	Формируются навыки анализа работы химического реактора
Дидактическая единица: Учет влияния диффузионных и тепловых воздействий на кинетику химических реакций				
3. Учет влияния фазового перехода (испарения) на наблюдаемую скорость реакции. Учет теплопереноса	2	4	1, 16, 17, 2, 3, 4, 8, 9	Формируются навыки анализа работы химического реактора при дополнительных факторах
Дидактическая единица: Химические реакции в зерне катализатора, в слое, в аппарате				
4. Методы построения математических моделей для 3-х фазных реакторов	4	6	1, 16, 17, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Формируются навыки анализа работы химического реактора
5. Математические модели, учитывающие две движущиеся фазы	2	4	1, 16, 17, 3, 4, 5, 8, 9	Формируются навыки анализа работы химического реактора
Дидактическая единица: Алгоритмы расчета химических реакторов				
6. Моделирование реакторов периодического действия	2	6	1, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 8, 9	Формируются навыки анализа работы химического реактора

7. Экспериментальное определение параметров модели реактора	2	4	1, 13, 14, 15, 16, 17, 8, 9	Формируются навыки анализа работы химического реактора при дополнительных факторах
8. Гидродинамические режимы в 3-х фазных реакторах	0	4	1, 13, 14, 15, 16, 17, 8, 9	Формируются навыки анализа работы химического реактора при дополнительных факторах

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Микро- и макрокинетика протекания химических процессов				
1. Определение скорости реакции в многофазном реакторе	0	8	1, 10, 13, 14, 16, 17, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Определить скорость гидрирования ацетона в изопропанол в суспензионном реакторе и поверхностную концентрацию водорода на катализаторе - постановка и решение задачи с использованием МатКада
Дидактическая единица: Учет влияния диффузионных и тепловых воздействий на кинетику химических реакций				
2. Определение скорости реакции в многофазном реакторе со сложной кинетикой	0	10	1, 10, 11, 14, 16, 17, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	С помощью пакета МатКад составить программу и провести расчет скорости реакции
4. Использование экспериментальных данных	0	8	1, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Определить на основании экспериментальных данных параметры сорбции, диффузии, массообмена.
Дидактическая единица: Алгоритмы расчета химических реакторов				
3. Модели идеального вытеснения и модели идеального смешения	0	10	1, 10, 14, 16, 17, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Использование МатКада для построения зависимости эффективности реактора от безразмерного коэффициента массообмена.

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Стехиометрия, маршруты протекания химических реакций				
1. Решение задач определения скорости реакций для различных стехиометрических уравнений	0	6	1, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 3, 5, 6, 7, 8, 9	Решение задач и защита домашнего задания
Дидактическая единица: Алгоритмы расчета химических реакторов				
2. Расчет производительности реактора при обратимых реакциях	0	4	1, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Решение задач и защита домашнего задания
3. Решение задач определения производительности реактора непрерывного и периодического действия	2	4	1, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Решение задач и защита домашнего задания

4. Задачи расчета реакторов с учетом сорбции и диффузии	2	4	1, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9	Решение задач и защита домашнего задания
---	---	---	--	--

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	РГЗ	14, 16, 17	15	4
Работа со справочной литературой, поиск исходных данных для расчетов: Кувшинов Г. Г. Введение в анализ химических реакторов. Ч. 1 : учебное пособие для 3-5 курсов МТФ / Г. Г. Кувшинов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1998. - 80 с. : ил. Ханаев В. М. Дифференциальный реактор : учебное пособие / В. М. Ханаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 90 с. : ил., табл.. - В рамках проекта "Экологическая инженерия в химических технологиях и биотехнологиях".				
2	Подготовка к занятиям	11, 12, 13, 15	10	0
Изучение методов решения задач на примерах: Кувшинов Г. Г. Введение в анализ химических реакторов. Ч. 1 : учебное пособие для 3-5 курсов МТФ / Г. Г. Кувшинов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1998. - 80 с. : ил. Ханаев В. М. Дифференциальный реактор : учебное пособие / В. М. Ханаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 90 с. : ил., табл.. - В рамках проекта "Экологическая инженерия в химических технологиях и биотехнологиях".				
3	Дополнительная учебная деятельность	15	10	0
: Ханаев В. М. Дифференциальный реактор : учебное пособие / В. М. Ханаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 90 с. : ил., табл.. - В рамках проекта "Экологическая инженерия в химических технологиях и биотехнологиях".				
4	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5	12	1
Изучение лекционного материала: Ханаев В. М. Дифференциальный реактор : учебное пособие / В. М. Ханаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 90 с. : ил., табл.. - В рамках проекта "Экологическая инженерия в химических технологиях и биотехнологиях".				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	ЭБС

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Лекция в форме дискуссии	ПК.13;
Формируемые умения: з2. знает основы теории процессов в химическом реакторе, экспериментальные методы определения основных параметров химических реакторов, основные методы расчета процессов, протекающих в реакторах химической и нефтехимической технологии		
Краткое описание применения: Преподаватель при изложении лекционного материала не только использует ответы студентов на свои вопросы, но и организует свободный обмен мнениями в интервалах между логическими разделами.		
2	Проблемный метод	ПК.13;
Формируемые умения: з2. знает основы теории процессов в химическом реакторе, экспериментальные методы определения основных параметров химических реакторов, основные методы расчета процессов, протекающих в реакторах химической и нефтехимической технологии		
Краткое описание применения: Максимальное включение обучающихся в интенсивную беседу с лектором путем умелого применения псевдиалога, диалога и полилога.		
3	РКМЧП	ПК.13;
Формируемые умения: з2. знает основы теории процессов в химическом реакторе, экспериментальные методы определения основных параметров химических реакторов, основные методы расчета процессов, протекающих в реакторах химической и нефтехимической технологии		
Краткое описание применения: Совокупность действий, приемов, направленных на усвоение знаний через активную мыслительную деятельность, содержащую постановку и решение продуктивно-познавательных вопросов и задач, содержащих противоречия (учебные или реальные) способствующих успешной реализации целей учебно-воспитательного процесса.		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS.

Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
РГЗ:	40	60
Контролирующие материалы приводятся в "Кувшинов Г. Г. Введение в анализ химических реакторов : учебное пособие / Г. Г. Кувшинов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 118, [1] с. : ил. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/kuvsh.rar "		
Экзамен:	20	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Защита ЛР	Защита РГЗ	Экзамен
ПК.13	з2. знает основы теории процессов в химическом реакторе, экспериментальные методы определения основных параметров химических реакторов, основные методы расчета процессов, протекающих в реакторах химической и нефтехимической технологии	+	+	+
ПК.15	у12. умеет выбирать тип реактора, рассчитывать технологические параметры для заданного процесса и определять оптимальные параметры процесса в химическом реакторе	+	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Примеры и задачи по общей химической технологии : [учебное пособие по химико-технологическим направлениям] / Игнатенков В. И., Бесков В. С. - М., 2006. - 198 с. : ил.
2. Математическое моделирование гидродинамических характеристик реактора [Электронный ресурс] : методические указания / . — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 36 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62187.html>
3. Брянкин К.В. Общая химическая технология. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.В. Брянкин, А.И. Леонтьева, В.С. Орехов. — Электрон. текстовые данные. — Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. — 172 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64137.html>
4. Бесков В. С. Общая химическая технология : [учебник для вузов, по химико-технологическим направлениям подготовки бакалавров и дипломированных специалистов] / В. С. Бесков. - М., 2006. - 452 с. : ил.
5. Гартман Т. Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : [учебное пособие для вузов по специальности "Основные процессы химических производств и химическая кибернетика] / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. - М., 2006. - 415 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Байрамов В. М. Химическая кинетика и катализ. Примеры и задачи с решениями : учебное пособие / В. М. Байрамов. - М., 2003. - 319 с. : ил, табл.
2. Кувшинов Г. Г. Химическая термодинамика : учебное пособие / Г. Г. Кувшинов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 133 с. : ил. - Парал. тит. л. англ.
3. Кувшинов Г. Г. Введение в анализ химических реакторов. Ч. 1 : учебное пособие для 3-5 курсов МТФ / Г. Г. Кувшинов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1998. - 80 с. : ил.
4. Островский Н. М. Кинетика дезактивации катализаторов : математические модели и их применение / Н. М. Островский. - М., 2001. - 334 с. : ил.
5. Рамачандран П. А. Трехфазные каталитические реакторы / П. А. Рамачандран, Р. В. Чаудхари. – Новосибирск : [б. и.], 1992. – Ч. 1. – 243 с.
Рамачандран П. А. Трехфазные каталитические реакторы / П. А. Рамачандран, Р. В. Чаудхари. – Новосибирск : [б. и.], 1992. – Ч. 2. – 250 с.

6. Кудинов В. А. Техническая термодинамика : [учебное пособие для вузов] / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. - М., 2007. - 260, [1] с. : ил.
7. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование. Т. 2. Механические и гидромеханические процессы : учебное пособие для вузов по хим.-технолог. направл. и спец. / [Д. А. Баранов, В. Н. Блиничев, А. В. Вязьмин и др.] ; под ред. А. М. Кутепова. - М., 2002. - 599 с. : ил.
8. Панченков Г. М. Химическая кинетика и катализ : учебное пособие для химических и химико-технологических специальностей вузов / Г. М. Панченков, В. П. Лебедев. - М., 1985. - 590 с. : ил., табл.
9. Буданов В. В. Химическая термодинамика : учебное пособие для вузов / В. В. Буданов, А. И. Максимов ; под ред. О. И. Койфмана. - М., 2007. - 311 с. : ил.
10. Дильман В. В. Методы модельных уравнений и аналогий в химической технологии / В. В. Дильман, А. Д. Полянин. - М., 1988. - 302, [1] с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Кувшинов Г. Г. Введение в анализ химических реакторов : учебное пособие / Г. Г. Кувшинов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 118, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/kuvsh.rar>
2. Ханаев В. М. Дифференциальный реактор : учебное пособие / В. М. Ханаев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 90 с. : ил., табл.. - В рамках проекта "Экологическая инженерия в химических технологиях и биотехнологиях".

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office
- 2 LabVIEW
- 3 MathCAD

9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	транслирование аудио и видеоматериалов, отображение изображений

[illegible]

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Химические реакторы приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.13/НИ готовность изучать современную отечественную и зарубежную научно-техническую информацию	32. знает основы теории процессов в химическом реакторе, экспериментальные методы определения основных параметров химических реакторов, основные методы расчета процессов, протекающих в реакторах химической и нефтехимической технологии	Алгоритм нахождения скорости реакции в 3-х фазном реакторе. Гидродинамические режимы в 3-х фазных реакторах Задачи расчета реакторов с учетом сорбции и диффузии Иерархический подход к изучению работы химического реактора. Использование экспериментальных данных Математические модели, учитывающие две движущие фазы Методы построения математических моделей для 3-х фазных реакторов Модели идеального вытеснения и модели идеального смешения Моделирование реакторов периодического действия Определение скорости реакции в многофазном реакторе Определение скорости реакции в многофазном реакторе со сложной кинетикой Расчет производительности реактора при обратимых реакциях Решение задач определения производительности реактора непрерывного и периодического действия Решение задач определения скорости реакций для различных стехиометрических уравнений Учет влияния фазового перехода (испарения) на наблюдаемую скорость реакции. Учет теплопереноса Экспериментальное определение параметров модели реактора	РГЗ	Экзамен , вопросы 11-20
ПК.15/НИ способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать	у12. умеет выбирать тип реактора, рассчитывать технологические параметры для заданного процесса и определять оптимальные	Алгоритм нахождения скорости реакции в 3-х фазном реакторе. Гидродинамические режимы в 3-х фазных реакторах Задачи расчета реакторов с учетом сорбции и диффузии Иерархический подход к	РГЗ	Экзамен, вопросы 1-10

полученные результаты	параметры процесса в химическом реакторе	изучению работы химического реактора. Использование экспериментальных данных Математические модели, учитывающие две движущиеся фазы Методы построения математических моделей для 3-х фазных реакторов Модели идеального вытеснения и модели идеального смешения Моделирование реакторов периодического действия Определение скорости реакции в многофазном реакторе Определение скорости реакции в многофазном реакторе со сложной кинетикой Расчет производительности реактора при обратимых реакциях Решение задач определения производительности реактора непрерывного и периодического действия Решение задач определения скорости реакций для различных стехиометрических уравнений Учет влияния фазового перехода (испарения) на наблюдаемую скорость реакции. Учет теплопереноса Экспериментальное определение параметров модели реактора		
--------------------------	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 7 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.13/НИ, ПК.15/НИ.

Форма проведения экзамена приведена в Паспорте экзамена.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.13/НИ, ПК.15/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или

выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

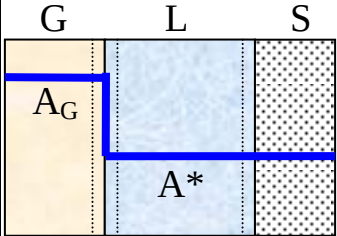
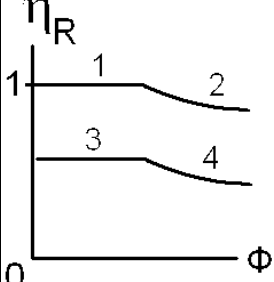
Паспорт экзамена

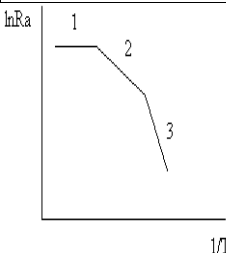
по дисциплине «Химические реакторы», 7 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме по тестам. Тест состоит из 20 вопросов. Тестовые задания включают следующие типы вопросов: множественный, числовой, определение. Тест включает темы, которые приведены в пункте 4. На выполнение тестовых заданий отводится 60 минут. Каждый вопрос теста оценивается в 2 балла.

Пример теста для экзамена

1.	В случае термодинамического равновесия между 2-мя фазами могут быть неравны их	1) температуры 2) концентрации реагентов 3) давления
2.	Масса Катализатора в ходе реакции	1) не расходуется 2) уменьшается 3) уменьшается или увеличивается
3.	Дифференциальный реактор	1) это модель реактора 2) это определенная конструкция реактора 3) это маленький реактор
4.	толщина пограничного слоя при увеличении скорости потока	1) Уменьшается 2) Увеличивается 3) Не изменяется
5.	Максимальная температура для экзотермической реакции на катализаторе наблюдается в	1) потоке 2) на поверхности зерна катализатора 3) в центре зерна катализатора
6.	Если на поверхности катализатора в ноль обращается только одна концентрация, то это вещество называется	1) <i>веществом в избытке</i> 2) <i>веществом в недостатке</i> 3) <i>лимитирующим веществом</i>
7.	суспендированный катализатор	1) Уменьшает скорость абсорбции 2) Увеличивает скорость абсорбции 3) Не влияет на скорость абсорбции
8.	 Распределение концентрации реагента A по трем фазам (G,L,S) на рис. соответствует режиму	1) <i>внешнendifфузионному</i> 2) <i>внутридиффузионному</i> 3) <i>кинетическому</i>
9.	 На рис. приведены 2 зависимости степени использования зерна в 3-фазном реакторе от модуля Тиле	Указать номер участка кривой, соответствующий кинетическому режиму

10.	Гидрофобизация катализатора влияет на его смачиваемость	1) Увеличивает 2) Уменьшает 3) Не влияет
11.	При увеличении размера частиц зернистого слоя область растекания струи жидкости в слое	1) уменьшается 2) увеличивается 3) не изменяется
12.	 Рис. Зависимость логарифма скорости реакции от обратной температуры для реакции 1-го порядка включает участки внешнEDIффузионного торможения; внутрEDIффузионного торможения; кинетический режим.	Указать номер участка с кинетическим режимом
13.	С ростом температуры область протекания реакции стремиться к	1) внешнEDIффузионной; 2) внутрEDIффузионной 3) кинетической
14.	Оптимальный запуск трехфазного реактора с неподвижным слоем (газ-жидкость- тв.катализатор). Сначала	1) газ 2) жидкость 3) одновременно газ и жидкость
15.	Скорость сжигания водорода по реакции $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ равна 4 г/сек. Чему равна скорость образования воды (число)?	
16.	пристеночный эффект в орошаемом реакторе при течении газожидкостного потока характеризуется большей скоростью у стенки	1) газа 2) жидкости 3) газа и жидкости
17.	Коэффициент эффективной дисперсии для жидкости наибольший	1) в барботажном реакторе 2) в орошаемом реакторе
18.	Поршневой режим не бывает в реакторе	1) с орошаемым слоем 2) суспензионном 3) с кипящим слоем 4) барботажном с неподвижным слоем 5) с мешалкой
19.	Автотермический реактор – это реактор	
20.	Привести пример периодического трехфазного реактора газ-жидкость-катализатор для промышленного процесса	

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если оценка составляет *менее 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если оценка составляет *20 до 28 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если оценка составляет *от 29 до 34 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если оценка составляет *от 35 до 40 баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену

Перечень теоретических вопросов для подготовки к тесту по дисциплине.

1. Аэродинамика аппаратов со стационарным зернистым слоем.
2. Влияние стефановского потока на массоперенос и теплоперенос.
3. Гетерогенный катализ. Теория Лэнгмюра- Хиншельвуда.
4. Дифференциальный реактор: модель и алгоритм нахождения скорости реакции.
5. Диффузионная модель реактора (лимитирует газофазный компонент).

6. Диффузия и дисперсия в трехфазных реакторах.
7. Изотермическая температура при реакции с газовыделением в жидкости.
8. Интерпретация экспериментальных данных при исследовании кинетики.
9. Классификация 3-х фазных реакторов. Примеры процессов в 3-фазных реакторах.
10. Коэффициент ускорения абсорбции при гомогенной реакции и для суспендированного катализатора.
11. Линейная изотерма адсорбции. Определение константы сорбции.
12. Математические модели, учитывающие дисперсию в двух фазах.
13. Методы анализа динамики 3-х фазных реакторов. Использование трассёров.
14. Моделирование и математическая модель. Основные вопросы, исследуемые на основе математического моделирования.
15. Моделирование реакторов периодического действия.
16. Наблюдаемая скорость реакции в трехфазном реакторе с учетом гомогенной реакции.
17. Основные определения и законы из Кинетики и Термодинамики для расчета химического реактора.
18. Разогрев зерна катализатора в газовом потоке.
19. Распределение жидкости в 3-х фазных реакторах. Гидродинамических режимы.
20. Синтез Фишера-Тропша, процесс и реакторы.
21. Степень использования катализатора. Общая степень использования катализатора для 3-х фазного реактора.
22. Суспензионные реакторы с механическим перемешиванием
23. Суспензионные реакторы с перемешиванием барботажем
24. Характерные масштабы в 3-х фазных системах.

**Паспорт
расчетно-графического задания (работы)**

по дисциплине «Химические реакторы», 7 семестр

1. Методика оценки

РГР - это самостоятельное исследование студентом химического реактора, оформленное в виде научного отчета.

Задание.

Найти размеры, обеспечивающие оптимальный каталитический реактор для дожигания газовой смеси. Рассчитать минимальные энергозатраты на подогрев смеси.

Требования к реактору.

Дожигание с использованием катализатора – до ПДК.
Реактор адиабатический, при атмосферном давлении.
Для уменьшения температуры использовать разбавление воздухом.
расход газа 4000 куб.м/час,
температура подаваемого газа 20 °С.
подогрев газа - за счет дополнительного сжигания природного газа..
гидравлическое сопротивление аппарата – до 180 мм. вод. ст.

Исходные данные взять в соответствии с вариантами (табл.3)

Работа представляется в 2-х вариантах

1. Электронный документ – файл формата MS WORD + Расчетный файл Mathcad
2. Печатный вариант.

РГР включает следующие подразделы:

1. Математическая модель процесса и расчет теплофизических свойств и параметров модели (8-15 баллов).
2. Расчет размеров аппарата с минимальными энергозатратами (8-15 баллов).
3. Оценка устойчивости работы аппарата и оптимизация размеров аппарата (7-15 баллов)
4. Оформление РГР (7-15 баллов)

Расчетно-графическое задание.

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны **найти размеры, обеспечивающие оптимальный каталитический реактор** для дожигания газовой смеси в соответствии с исходными данными на реактор.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны найти по литературным данным или рассчитать теплофизические свойства газовой смеси, выбрать и обосновать математическую модель для расчета реактора, разработать

алгоритм алгоритм расчета в среде программы MathCad.

Обязательные структурные части РГЗ.

1. Математическая модель процесса.
2. Расчет теплофизических свойств и параметров модели.
3. Расчет размеров аппарата с минимальными энергозатратами.
4. Оценка устойчивости работы аппарата и оптимизация размеров аппарата.
5. Оформление отчета по РГР в соответствии с ГОСТ.

Оцениваемые позиции:

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если допущены грубые ошибки расчета свойств смеси, тепловых или массовых балансов, приводящие к неправильным расчетам или пропущены обязательные структурные части РГЗ, оценка составляет менее 30 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: присутствуют незначительные ошибки в расчетах, методы расчета не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 30-40 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ реактора выполнен в полном объеме, алгоритмы расчета разработаны, но не оптимизированы, математическая модель (ее элементы) выбрана без достаточного обоснования, оценка составляет 41-49 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ реактора выполнен в полном объеме, алгоритмы расчета разработаны и оптимизированы, выбор математической модели обоснован, оценка составляет 50-60 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Темы берутся в соответствии с табл.3 и вариантами в табл.1,2.

Требования к реактору.

Дожигание с использованием катализатора – до ПДК.

Реактор адиабатический, при атмосферном давлении.

Для уменьшения температуры использовать разбавление воздухом.

расход газа 4000 куб.м/час,

температура подаваемого газа 20 °С.

подогрев газа - за счет дополнительного сжигания природного газа..

гидравлическое сопротивление аппарата – до 180 мм. вод. ст.

Таблица 1. Катализатор и его характеристики для метана.

№	катализатор	k0	E	S	eps	Tmax
1	шамот (d=30-40 mm)	2.24e9	39000	80	0.39	1000
2	Pt/Al2O3 (кольцо 25x25x4)	8.0e6	21500	204	0.74	800
3	ИКТ-12-8 (кольцо	1.34e4	15000	330	0.7	900

	15x15x3)					
4	сферический (d=30)	8.0e6	21500	? (рассчитать)	0.4	900

где

k_0 константа реакции, 1/с;

E энергия активации, кал/моль;

R газовая постоянная = 1.987 кал/моль *град;

S удельная поверхность, m^2/m^3 ;

ϵ_{ps} порозность;

T_{max} максимально допустимая температура катализатора, $^{\circ}C$.

Размеры катализатора даны в мм.

Таблица 2. Параметры входного потока

№	Реагент	Коэффициент увеличения скорости реакции к метану.	
1.	метан	1	
2.	этан	100	
3.	пропан	3000	
4.	бутан	10000	
5.	метанол	30000	
6.	этиловый спирт	10000	
7.	водород	1000000	
8.	окись углерода	50000	

Таблица 3. Варианты

№ варианта	Таблица 1	Таблица 2	Концентрация, об.%	
1.	1	1	1	
2.	2	2	2	
3.	3	3	3	
4.	4	4	4	
5.	1	5	5	
6.	2	6	1	
7.	3	7	2	
8.	4	8	3	
9.	1	7	4	
10.	2	6	5	
11.	3	5	1	
12.	4	4	2	
13.	1	3	3	
14.	2	2	4	
15.	3	1	5	
16.	4	2	1	
17.	1	3	2	
18.	2	4	3	
19.	3	5	4	
20.	4	6	5	
21.	5	7	1	

