

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 30.05.2022 16:02:21
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84

Рабочая программа дисциплины

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКТОРЫ

Направление подготовки

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

Направленность образовательной программы

Рациональное использование материальных, энергетических и водных ресурсов

Профессиональный модуль

Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	03
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	04
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	05
4.2. Занятия лекционного типа	06
4.3. Занятия семинарского типа	09
4.3.1. Лабораторные занятия	09
4.4. Самостоятельная работа	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	11
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	13
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии	13
10.2. Программное обеспечение	13
10.3. Информационные справочные системы	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	14
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	14

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Для получения планируемых результатов освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-7	готовностью осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств	<p>Знать: основные уравнения химической термодинамики применительно к химическим реакциям; уравнения формальной кинетики и кинетики сложных, цепных гетерогенных реакций; физико-химические закономерности адсорбционных и каталитических явлений и их природу; особенности конструкции химических реакторов в основных процессах химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</p> <p>методы термодинамического описания химических равновесий в многокомпонентных системах;</p> <p>Уметь: прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях; определять направленность процесса в заданных начальных условиях; определять составы сосуществующих фаз в гетерогенных системах; оценивать влияние режимных параметров процесса на протекание химических реакций</p> <p>Владеть: навыками вычисления тепловых эффектов химических реакций при заданной температуре в условиях постоянства давления или объема; констант равновесия химических реакций при заданной температуре, давления насыщенного пара над индивидуальным веществом; представлениями об основных проблемах и задачах разработки и применения химических реакторов.</p>
ПК-15	Способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты	<p>Знать: необходимые требования к методике эксперимента для получения адекватных результатов; особенности масштабирования результатов экспериментальных исследований химических превращений;</p>

Коды компетенции	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
		<p>Уметь: анализировать и проводить экспериментальные исследования с целью изучения химических превращений</p> <p>Владеть: методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента; навыком расчетов реакторных устройств в масштабе лабораторной установки, а также в промышленных масштабах для новых и действующих промышленных объектов.</p>
ПК-16	способностью моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	<p>Знать: физико-химические основы моделирования химических реакторов; способы повышения эффективности реакторных систем</p> <p>Уметь: составлять кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной формах для кинетически простых реакций и прогнозировать влияние температуры на скорость процесса; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта с точки зрения сбережения материальных и энергетических ресурсов.</p> <p>Владеть: навыком моделирования химических реакторов; методами анализа эффективности работы химических производств; определения технологических показателей процесса.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к профессиональному модулю по выбору Б.1.В.ДВ.01.01. «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов», является обязательной (Б.1.В.ДВ.01.01.01)» и изучается на 3 курсе в 5 и 6 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Физическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии», «Общая химическая технология», «Органическая химия».

Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов		
	Очная форма обучения		
	Итого	5 семестр	6 семестр
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	5 / 180	3 / 108	2 / 72
Контактная работа с преподавателем:	122	90	32
занятия лекционного типа	54	54	-
занятия семинарского типа, в т.ч.	52	36	16
семинары, практические занятия	-	-	-
лабораторные работы	52	36	16
курсовое проектирование (КР или КП)	-	-	-
КСР (в т.ч. на курсовую работу)	16	-	16 (14)
другие виды контактной работы	-		
Самостоятельная работа (в т.ч. на подготовку КР)	31	18	13 (13)
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	-	-	-
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	Экзамен (27), зачет, КР	Зачет	Экзамен (27), КР

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
Содержание дисциплины в 5-м семестре обучения						
1	Введение	4	-	2	-	ПК-16
2	Статистические модели химических реакторов и регрессионный анализ	4	-	4	2	ПК-16
3	Кинетика химических реакций	6	-	4	2	ПК-15
4	Математические модели идеальных химических реакторов	10	-	6	2	ПК-16
5	Гидродинамические процессы в реакторах со стационарным слоем катализатора	6	-	2	2	ПК-15
6	Процессы тепло- и массопереноса в стационарном слое катализатора.	8	-	2	2	ПК-7

7	Гидродинамика и устройство реактора с псевдооживленным слоем катализатора	4	-	4	2	ПК-7
8	Конструкция и устройство каталитических реакторов в различных процессах химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	8	-	12	2	ПК-16
9	Устойчивость каталитических реакторов к температурным и концентрационным возмущениям	2	-	-	2	ПК-16
10	Моделирование промышленных реакторов	2	-	-	2	ПК-16
Содержание дисциплины в 6-м семестре обучения						
1	Введение	-	-	-	-	ПК-16
2	Статистические модели химических реакторов и регрессионный анализ	-	-	-	-	ПК-16
3	Кинетика химических реакций	-	-	-	-	ПК-15
4	Математические модели идеальных химических реакторов	-	-	-	-	ПК-16
5	Гидродинамические процессы в реакторах со стационарным слоем катализатора	-	-	-	-	ПК-15
6	Процессы тепло- и массопереноса в стационарном слое катализатора.	-	-	-	-	ПК-7
7	Гидродинамика и устройство реактора с псевдооживленным слоем катализатора	-	-	-	-	ПК-7
8	Конструкция и устройство каталитических реакторов в различных процессах химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	-	-	-	-	ПК-16
9	Устойчивость каталитических реакторов к температурным и концентрационным возмущениям	-	-	4	-	ПК-16
10	Моделирование промышленных реакторов	-	-	12	13	ПК-16

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Введение.</u> Общие сведения о химических реакторах. Основные типы конструкций химических реакторов. Важнейшие понятия и термины каталитических процессов. Обзор математических моделей химических реакторов. Уравнение материального баланса химического реактора. Классификация химических реакторов и режимов их работы.	4	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<u>Статистические модели химических реакторов и регрессионный анализ.</u> Метод наименьших квадратов: предпосылки и численная реализация. Значимость регрессионных коэффициентов и достоверность регрессионной зависимости. Определение эмпирических зависимостей между параметрами каталитического процесса.	4	Дискуссия
3	<u>Кинетика химических реакций.</u> Закономерности протекания химических реакций во времени. Определение кинетического уравнения. Учет диффузионных и адсорбционных процессов в кинетических уравнениях. Учет влияния температуры на скорость химических реакций. Механизмы химических превращений и порядок реакции.	6	
4	<u>Математические модели идеальных химических реакторов.</u> Методы поиска решения систем нелинейных и дифференциальных уравнений. Математическая модель реакторов идеального смешения и идеального вытеснения. Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения. Каскад реакторов идеального смешения. Особенности программной реализации моделей идеальных реакторов.	10	Мастер-класс
5	<u>Гидродинамика процессы в реакторах со стационарным слоем катализатора.</u> Гидродинамика потока. Поля скоростей реагентов в реакторах при ламинарном и турбулентном режимах течения. Расчет гидравлического сопротивления неподвижного зернистого слоя.	6	Мастер-класс
6	<u>Процессы тепло- и массопереноса в стационарном слое катализатора.</u> Роль тейлоровской диффузии при переносе тепла и массы в потоках со значительным градиентом скорости. Теплопроводность в системах: гранула-гранула, гранула-стенка, гранула-поток. Особенности теплопереноса в псевдооживленном слое.	8	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
7	<p><u>Гидродинамическая и устройство реактора с псевдооживленным слоем катализатора.</u> Перемешивание твердой и газообразной фаз. Коэффициент диффузии. Определение времени пребывания сырья в зоне реакции. Приемы, ликвидирующие недостатки псевдооживленного слоя.</p>	4	
8	<p><u>Конструкция и устройство каталитических реакторов в различных процессах химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</u> Химические факторы, влияющие на выбор реактора. Типы двухфазных каталитических реакторов со стационарным слоем катализатора. Трубочатые реакторы, охлаждаемые водой, органическими теплоносителями или расплавами солей. Трубочатые реакторы с внутренним теплообменом. Секционированные реакторы с промежуточным вводом сырья, с внутренними или выносными теплообменниками. Реакторные системы в промышленных химических процессах. Каталитические мембранные реакторы. Реакторные системы для получения биотоплив. Микрореакторы. Устройство узла реактор-регенератор процесса каталитического крекинга. Устройство реакционной печи пиролиза. Противоточные абсорбционно-каталитические реакторы с движущимся слоем катализатора. Реакторы каталитического крекинга с псевдооживленным слоем. Полифункциональные мембранные реакторы. Оптимизация энергозамкнутых каталитических процессов и примеры их реализации в промышленности.</p>	8	Мастер-класс Дискуссия
9	<p><u>Устойчивость каталитических реакторов к температурным и концентрационным возмущениям.</u> Определение устойчивости стационарного режима. Условия возникновения множественности стационарных состояний. Оценка способов организации работы реакторов, способствующих перемещению стационарных точек в фазовом пространстве.</p>	2	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
10	<u>Моделирование промышленных реакторов.</u> Продольное и поперечное перемешивание потока в реакторах с аксиальным и радиальным направлением потока. Математическая модель промышленного реактора со стационарным слоем. Настройка и проверка адекватности модели.	2	Мастер-класс

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Лабораторные занятия.

№ разд.	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Примечания
1	Расчет процесса смешения потоков, селективности химических превращений и составов на выходе из реактора бензольного риформинга	2	
2	Определение эмпирической зависимости между параметрами каталитического процесса риформинга, выходом стабильного риформата и октановым числом бензина	4	
3	Определение константы скорости реакций по результатам эксперимента в реакторе проточного типа	4	
4	Моделирование реактора идеального вытеснения. Определение оптимального объема реактора и оптимальной температуры на входе в реактор для проведения ряда химических реакций	4	
4	Моделирование реактора идеального смешения	2	
5	Расчет гидравлического сопротивления реактора со стационарным слоем катализатора	2	
6	Расчет теплового эффекта реакций дегидрирования, изомеризации, крекинга и дегидроциклизации	2	
7	Экспериментальное определение гидравлического сопротивления реактора псевдооживленного слоя и разработка модели реактора ПС	4	
8	Разработка модели реактора риформинга бензина	6	
8	Оценка влияния режимных параметров реактора риформинга на выход и качество катализата	2	
8	Расчет теплового баланса промышленного реактора риформинга бензинов	4	
9	Анализ устойчивости каталитической системы для реакции, идущей с значительным экзотермическим эффектом	4	
10	Моделирование и оптимизация реакторного блока процесса риформинга бензина	8	
10	Моделирование процесса изомеризации с рециклом непревращенных парафинов	4	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Метод наименьших квадратов: предпосылки и численная реализация. Значимость регрессионных коэффициентов и достоверность регрессионной зависимости применительно к анализу каталитических систем	2	Устный опрос
3	Учет диффузионных и адсорбционных процессов в кинетических уравнениях. Механизмы химических превращений и порядок реакции.	2	Устный опрос
4	Методы поиска решения систем нелинейных и дифференциальных уравнений применительно к каталитической системе. Каскад реакторов идеального смешения. Реакторы переодического действия	2	Устный опрос
5	Расчет гидравлического сопротивления неподвижного зернистого слоя.	2	Устный опрос
6	Теплопроводность в системах: гранула-гранула, гранула-стенка, гранула-поток.	2	Устный опрос
7	Применение реакторов с псевдооживленным слоем в процессах окисления диоксида серы и каталитического крекинга. Приёмы, ликвидирующие недостатки псевдооживленного слоя.	2	Устный опрос
8	Трубчатые реакторы, охлаждаемые водой, органическими теплоносителями или расплавами солей. Каталитические мембранные реакторы. Реакторные системы для получения биотоплив. Микрореакторы.	2	Устный опрос
9	Условия возникновения множественности стационарных состояний. Оценка способов организации работы реакторов, способствующих перемещению стационарных точек в фазовом пространстве.	2	Устный опрос
10	Разработка моделей химических реакторов в программе Aspen Hysys	2	Устный опрос
10	Оптимизация моделей химических реакторов в программе Aspen Hysys	13	Защита курсовой работы

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technology.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета в 5 семестре, защиты курсовой работы и экзамена в 6 семестре.

К сдаче зачета и экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривает проведение устного коллоквиума по тематике пройденного на лекционных занятиях материала.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, а также расчетную задачу, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1

1. Классификация химических реакторов и режимов их работы
2. Модели реакторов с неидеальной структурой потоков.
3. Расчетная задача. Пересчет концентраций входящих и выходящих потоков реактора риформинга и определение селективности реакций химических превращений

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Примеры тем курсовых работ:

1. Моделирование и оптимизация реакторного блока бензольного риформинга
2. Моделирование и оптимизация реакторного блока риформинга бензина
3. Моделирование и оптимизация реактора каталитического крекинга
4. Реакторы процесса риформинга с движущимся катализатором, разработанным Французским институтом нефти
5. Реактор процесса пиролиза
6. Моделирование и оптимизация реактора процесса гидрокрекинга
7. Реакторы процесса конверсии природного газа

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Власов, Е.А. Общая химическая технология / Е.А. Власов [и др.]; под ред. Власова Е.А. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 140 с. (ЭБ).
2. Общая химическая технология : учебник для химико-технологических спец. вузов : В 2-х частях / Под ред. И. П. Мухленова. - 5-е изд., стер. - М. : Альянс, 2009. Ч. 2 : Важнейшие химические производства / И. П. Мухленов, А. Я. Авербух, Д. А. Кузнецов и др. - 263 с. : ил.

б) дополнительная литература:

1. Новый справочник химика и технолога: Процессы и аппараты химических технологий. Часть 2 / Г.М. Островский [и др.]; под общ. ред. Островского Г.М. – СПб.: Профessional, 2006. – 916 с.
2. Математическое моделирование химико-технологических процессов / Ас.М. Гумеров, Н.Н. Валеев, Аз.М. Гумеров, В.М. Емельянов – М.: КолосС, 2008. – 159 с.
3. Машины и аппараты химических производств : учеб. пособие для вузов / А. С. Тимонин [и др.]; под ред. А. С. Тимониной. – Калуга : Изд-во Ф. Бочкаревой, 2008. - 871 с.

в) вспомогательная литература:

1. Химические реакторы в примерах и задачах / Н.Н. Смирнов, А.И. Волжинский; под ред. Романкова П.Г. – Л.: Химия, 1977. – 264 с.
2. Процессы и аппараты химической технологии. Основы инженерной химии: учебник для вузов / Н. Н. Смирнов [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Смирнова. - СПб.: Химия, 1996. – 407с.
3. Гидродинамика псевдооживленного слоя / И. О. Протождяконов, Ю. Г. Чесноков. - Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1982. - 264 с.
4. Массопередача с химической реакцией / Дж. Астарита ; пер. с англ. М. И. Балашова. - Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1971. - 223 с.
5. Пленочные биореакторы / Н. А. Войнов [и др.]; Сиб. гос. технол. ун-т, Сиб. аэрокосм. акад., Казан. гос. технол. ун-т. – Красноярск : Боргес, 2001. - 251 с.
6. Основы теории химических реакторов: Компьютерный курс : учебник для вузов / З. М. Царева, Л. Л. Тобажнянский, Е. И. Орлова; под ред. З. М. Царевой - М. : Высш. шк.; Харьков : ХГПУ, 1997. - 624 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:
<http://media.technolog.edu.ru>

сайт федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности»: <https://www1.fips.ru>;

поисковые системы: www.rambler.ru, www.yandex.ru, www.google.ru, www.yahoo.ru

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа.

СТП СПбГТИ 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;

серьезное отношение к изучению материала;

постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

чтение лекций с использованием слайд-презентаций;

взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Microsoft Office (Microsoft Excel, Microsoft Word);

Для выполнения индивидуальных заданий по моделированию химических реакторов и расчету реакторных блоков используется специализированное программное обеспечение ASPEN Engineering Site компании ASPENTech

10.3. Информационные справочные системы.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как www.rambler.ru,

www.yandex.ru, www.google.ru, www.yahoo.ru и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях/

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для ведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники персональный компьютер, мультимедийный проектор, экраном на 48 посадочных мест.

Для проведения лабораторных занятий используется компьютерный класс, оборудованный персональными компьютерами, объединенными в сеть.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации
по дисциплине «Химические реакторы»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-7	готовностью осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств	начальный
ПК-15	способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты	промежуточный
ПК-16	способностью моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знать: способы повышение эффективности реакторных систем Владеть: навыком определения технологических показателей процесса.	Правильные ответы на вопросы №34-35 к экзамену Правильные ответы на вопросы теме №1 к зачету	ПК-16
Освоение раздела №2	Уметь: составлять кинетические уравнения в дифференциальной и интегральной формах для кинетически простых реакций и прогнозировать влияние температуры на скорость процесса.	Правильные ответы на вопросы №36-37 к экзамену Правильные ответы на вопросы темам №2,3 к зачету	ПК-16
Освоение раздела № 3	Знать: необходимые требования к методике эксперимента для получения адекватных результатов; Уметь: анализировать и проводить экспериментальные исследования с целью изучения химических превращений	Правильные ответы на вопросы №16-27 к экзамену Правильные ответы на вопросы теме №4 к зачету	ПК-15

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	Владеть: методами определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента.		
Освоение раздела №4	Знать: физико-химические основы моделирования химических реакторов.	Правильные ответы на вопросы №38-43 к экзамену Правильные ответы на вопросы темам №5-8 к зачету	ПК-16
Освоение раздела № 5	Знать: особенности масштабирования результатов экспериментальных исследований химических превращений; Владеть: навыком расчетов реакторных устройств в масштабе лабораторной установки, а также в промышленных масштабах для новых и действующих промышленных объектов.	Правильные ответы на вопросы №28-33 к экзамену Правильные ответы на вопросы темам №9,10 к зачету	ПК-15
Освоение раздела № 6	Знать: основные уравнения химической термодинамики применительно к химическим реакциям; уравнения формальной кинетики и кинетики сложных, цепных гетерогенных реакций; физико-химические закономерности адсорбционных и каталитических явлений и их природу; Уметь: прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях; определять направленность процесса в заданных начальных условиях; определять составы сосуществующих фаз в гетерогенных системах; Владеть: представлениями об основных проблемах и задачах разработки и применения химических реакторов.	Правильные ответы на вопросы №1-8 к экзамену Правильные ответы на вопросы темам №11-13 к зачету	ПК-7

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 7	<p>Знать: Особенности конструкции химических реакторов в основных процессах химической технологии, нефтехимии и биотехнологии методы термодинамического описания химических равновесий в многокомпонентных системах;</p> <p>Уметь: оценивать влияние режимных параметров процесса на протекание химических реакций</p> <p>Владеть: представлениями об основных проблемах и задачах разработки и применения химических реакторов.</p>	Правильные ответы на вопросы №9-15 к экзамену	ПК-7
Освоение раздела № 8	<p>Знать: способы повышения эффективности реакторных систем</p> <p>Уметь: выбирать рациональную схему производства заданного продукта с точки зрения сбережения материальных и энергетических ресурсов.</p> <p>Владеть: методами анализа эффективности работы химических производств.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №44-49 к экзамену</p> <p>Правильные ответы на вопросы теме №14 к зачету</p>	ПК-16
Освоение раздела № 9	<p>Уметь: рассчитывать основные характеристики химического процесса</p> <p>Владеть: методами анализа эффективности работы химических производств.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №50-52 к экзамену</p> <p>Правильные ответы на вопросы темам №15-16 к зачету</p>	ПК-16
Освоение раздела № 10	<p>Уметь: рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта с точки зрения сбережения материальных и энергетических ресурсов.</p> <p>Владеть: навыком моделирования химических реакторов.</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №53-62 к экзамену</p> <p>Выполнение, оформление и защита курсовой работы</p>	ПК-16

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

по дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено», а также в форме защиты курсовой работы и экзамена, шкала оценивания балльная.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.

3.1. Контрольные вопросы для проведения экзамена

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-7:

1. Уравнение теплового баланса.
2. Тепловые режимы химических реакторов.
3. Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленных реакторах.
4. Реакторы трубчатого типа, охлаждаемые водой, органическими теплоносителями или расплавами солей.
5. Автотермические реакторы с объемным или каталитическим зажиганием сырья.
6. Зависимость скорости тепловыделения от температуры для реактора полного перемешивания.
7. Зависимость скорости теплоотвода для реактора с охлаждением.
8. Уравнение материального баланса для элементарного объема проточного химического реактора.
9. Зависимость гидравлического сопротивления потока для аппаратов неподвижного и псевдооживленного слоя от диаметра зерна и скорости газа.
10. Перемешивание твердой и газообразной фаз в псевдооживленном слое.
11. Способы, приближающие аппараты псевдооживления к аппаратам полного вытеснения.
12. Назначение, области применения и принцип работы реакторов трехфазного кипящего слоя.
13. Влияние степени превращения на соотношение объемов катализатора для псевдооживленного и неподвижного слоев в реакторе.
14. Преимущества применения псевдооживленного слоя в реакторах по сравнению с неподвижным слоем.
15. Недостатки способа псевдооживления.

б) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-15:

16. Экспериментальное изучение функции распределения.
17. Функции распределения времени пребывания идеальных и неидеальных проточных реакторов.
18. Применение функций распределения времени пребывания при расчете химических реакторов
19. Механизмы химических превращений и порядок реакции.
20. Распределение времени пребывания в проточных реакторах.
21. Функция распределения времени пребывания.
22. Проточный реактор идеального смешения в изотермическом режиме.
23. Периодический реактор идеального смешения в неизотермическом режиме.
24. Реактор идеального вытеснения в неизотермическом режиме.
25. Необходимые требования к методике эксперимента для получения адекватных результатов.
26. Особенности масштабирования результатов экспериментальных исследований химических превращений.

27. Анализ экспериментальных данных с целью изучения химических превращений
28. Методы определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента
29. Гидродинамические процессы в реакторах со стационарным слоем катализатора.
30. Продольное и поперечное перемешивание в реакторах со стационарным слоем катализатора.
31. Градиент температуры поперек потока и его зависимость от эффективного коэффициента теплопроводности слоя катализатора.
32. Зависимость скорости экзотермической реакции от эффективного коэффициента теплопроводности в реакторе неподвижного слоя.
33. Продольная и поперечная диффузия в реакторах с неподвижным слоем.

д) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-16:

34. Моделирование химических реакторов и протекающих в них химических процессов.
35. Классификация химических реакторов и режимов их работы.
36. Структура математической модели химического реактора
37. Основные типы двухфазных каталитических реакторов со стационарным слоем катализатора.
38. Реактор идеального вытеснения. Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения.
39. Химические реакторы с идеальной структурой потока в изотермическом режиме. Реактор идеального смешения.
40. Каскад реакторов идеального смешения.
41. Модели реакторов с неидеальной структурой потоков.
42. Определение времени реакции в аппаратах полного вытеснения и полного перемешивания.
43. Причины отклонений от идеальности в проточных реакторах.
44. Химические реакторы с неидеальной структурой потоков.
45. Промышленные химические реакторы.
46. Реакторы для гомогенных процессов.
47. Реакторы для гетерогенных процессов с твердой фазой.
48. Реакторы для газожидкостных процессов.
49. Реакторы для гетерогенных каталитических процессов.
50. Устойчивость работы реактора при наличии случайных возмущений параметров.
51. Определение устойчивости стационарного режима работы реактора.
52. Тепловая устойчивость химических реакторов.
53. Решение систем линейных уравнений методом Гаусса.
54. Решение систем линейных уравнений методом ортогонализации.
55. Решение систем нелинейных уравнений методом простой итерации.
56. Решение систем нелинейных уравнений методом Ньютона - Рафсона.
57. Системы обыкновенных дифференциальных уравнений: метод Эйлера, устойчивость, сходимость, точность.
58. Выбор шага по времени для явной разностной схемы, физический смысл критерия устойчивости.
59. Метод наименьших квадратов: предпосылки и реализация.
60. Множественная регрессия, сводный коэффициент корреляции.
61. Проверка значимости регрессионных коэффициентов.
62. Оценка достоверности регрессионной зависимости.

3.2 Темы устного опроса для проведения зачета

1. Основные типы конструкций химических реакторов.
2. Виды математических моделей химических реакторов.
3. Классификация химических реакторов и режимов их работы.
4. Статистические модели химических реакторов и регрессионный анализ.

5. Кинетика химических реакций. Определение кинетического уравнения.
6. Механизмы химических превращений и порядок реакции.
7. Особенности масштабирования результатов экспериментальных исследований химических превращений.
8. Методы определения констант скорости реакций различных порядков по результатам кинетического эксперимента
9. Математические модели идеальных химических реакторов
10. Расчет гидравлического сопротивления неподвижного зернистого слоя.
11. Процессы тепло- и массопереноса в стационарном слое катализатора. Особенности теплопереноса в псевдооживленном слое.
12. Перемешивание твердой и газообразной фаз. Коэффициент диффузии.
13. Определение времени пребывания сырья в зоне реакции.
14. Химические факторы, влияющие на выбор реактора.
15. Определение устойчивости стационарного режима.
16. Продольное и поперечное перемешивание потока в реакторах с аксиальным и радиальным направлением потока.

3.3 Примеры тем для выполнения курсовой работы

1. Моделирование и оптимизация реакторного блока бензольного риформинга
2. Моделирование и оптимизация реакторного блока риформинга бензина
3. Моделирование и оптимизация реактора каталитического крекинга
4. Реакторы процесса риформинга с движущимся катализатором, разработанным Французским институтом нефти
5. Реактор процесса пиролиза
6. Моделирование и оптимизация реактора процесса гидрокрекинга
7. Реакторы процесса конверсии природного газа

К зачету и экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше в разделе 3.1.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями «Положения о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся» (Приказ ректора от 12.12.2014 № 463) и СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчик		Д. А. Сладковский

Рабочая программа дисциплины «Химические реакторы» обсуждена на заседании кафедры ресурсосберегающих технологий

протокол от «__» _____ 201_ г. № _____

Заведующий кафедрой

Н. В. Кузичкин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии

протокол от «__» _____ 201_ г. № _____

Председатель

М. В. Рутто

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»		Д. А. Смирнова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник УМУ		С.Н.Денисенко