

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.09.2021 20:31:54  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе

\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**  
(начало подготовки -2016 год)

Направление подготовки

**15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и производств"**

Направленность образовательной программы

**Автоматизация технологических процессов и производств**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург

2016

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Разработчики		Доцент Ю.В. Александрова

Рабочая программа дисциплины «Теоретические основы химической технологии»  
обсуждена на заседании кафедры общей химической технологии и катализа  
протокол от «16» ноября 2015 № 90

Заведующий кафедрой

Е.А. Власов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов  
протокол от «19» ноября 2015 № 3

Председатель

С.Г. Изотова

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств»		В.В. Куркина
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	06
4.2. Занятия лекционного типа .....	07
4.3. Занятия семинарского типа .....	07
4.3.1 Семинары, практические занятия .....	07
4.4. Самостоятельная работа .....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	09
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	10
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии .....	12
10.2. Программное обеспечение .....	12
10.3. Информационные справочные системы .....	12
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	12

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

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

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<b>ПК-1</b>	<p>способность собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. способы выделения основных и побочных продуктов неорганических реакций;</li> <li>2. основные способы управления типовыми технологическими процессами;</li> <li>3. принципы составления материального и теплового балансов для основных технологических процессов неорганического синтеза;</li> <li>4. механизмы основных ХТП и их общие кинетические закономерности;</li> </ol> <p><b>Уметь:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. работать с литературой по изучаемой тематике;</li> <li>2. анализировать и применять полученные знания при решении как модельных реакций и технологических процессов</li> <li>3. производить расчет материального и теплового балансов ХТП,</li> <li>4. Рассчитывать и анализировать влияние основных технологических параметров на скорость, степень превращения типовых процессов</li> </ol>
<b>ПК-9</b>	<p>способность определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов,</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. основные типы и конструкции реакторов для проведения неорганических реакций;</li> <li>2. методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства неорганических материалов;</li> <li>3. технологию и общие принципы осуществления наиболее распространенных химических процессов неорганического синтеза (Производство азотной кислоты, серной кислоты, конверсия природного газа и</li> </ol>

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
	контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления	жидких углеводов, синтез аммиака) <b>уметь:</b> 1. анализировать химико-технологический процесс; 2. использовать методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; пользоваться персональным компьютером <b>владеть:</b> 1. методами теоретического и экспериментального исследования эффективности протекания технологических процессов производства неорганических веществ и материалов; 2. методами оценки эффективности протекания химико-технологических процессов

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части (Б1.В.ДВ.07.02) и изучается на 3 курсе (сессия 2, сессия 3).

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Химия», «Основы экологии», «Физическая химия», «Физика», «Математика».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Общая химическая технология» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Моделирование объектов», прохождении практики и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	3/108
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>12</b>
занятия лекционного типа	4
занятия семинарского типа, в т.ч.	8

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
семинары, практические занятия	8
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	КР
КСР	-
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>92</b>
<b>Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)</b>	Кр2
<b>Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)</b>	Зачет(4), 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		
1.	Технико-экономические показатели функционирования Химико-технологической системы	-	-	-	10	ПК-1
2.	Управление химико-технологическом процессом на молекулярно-кинетическом уровне	2	2	-	20	ПК-1
3.	Моделирование химического реактора	2	2	-	20	ПК-1 ПК-9
4.	Гетерогенные и гетерогенно-каталитические процессы	-	2	-	20	ПК-9
5	Химико-технологические системы.	-	2	-	22	ПК-1 ПК-9
Всего		4	8	-	92	

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
2	<u>Управление химико-технологическом процессом на молекулярно-кинетическом уровне</u> Химическое равновесие. Связь термодинамической константы равновесия и изменения изобарно-изотермического потенциала. Принцип Ле-Шателье-Брауна. Скорость химической реакции. Управление скоростью необратимой реакции. Управление скоростью обратимой реакции с использованием закономерностей формальной кинетики. Влияние температуры, давления и состава реакционной смеси на скорость обратимой реакции. Закономерности реальной кинетики.	2	Компьютерная презентация
3	<u>Моделирование химического реактора</u> Уравнение материального баланса химического реактора. Уравнение теплового баланса химического реактора. Модели проточного реактора полного смешения и реактора идеального вытеснения в изотермическом, адиабатическом и политермическом температурных режимах.	2	Компьютерная презентация

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1 Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
2	Расчёт равновесного состава реакционной смеси в определённом диапазоне значений управляющих параметров	2	Компьютерная симуляция
3	Расчет объема реактора полного смешения и идеального вытеснения в адиабатическом температурном режиме.	2	Компьютерная симуляция
4	Расчёт времени полного превращения твёрдого материала на основании экспериментальных кинетических параметров процесса	2	Компьютерная симуляция
5	Расчет многополочного реактора с промежуточным вводом байпаса.	2	Компьютерная симуляция

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Материальные и тепловые расчёты как основа для оценки затрат на сырьё, топливо и электроэнергию при анализе существующих, закладке новых производств и при введении новых технологических операций при производстве химических продуктов. Методика составления уравнений и расчета материальных и тепловых балансов производства и его подсистем. Расчёт материального баланса многомаршрутного процесса.	10	Контрольная работа №1
2	Химическое равновесие. Связь термодинамической константы равновесия и изменения изобарно-изотермического потенциала. Принцип Ле-Шателье-Брауна. Управление состоянием химического равновесия на примере модельных химических реакций. Предварительная оценка технически и экономически обоснованных диапазонов изменения микрокинетических параметров при осуществлении ХТП. Влияние основных управляющих параметров (температуры, давления, состава реагирующей смеси) на наблюдаемую скорость процесса, анализ результатов, предварительный анализ по оптимизации технологического процесса с помощью температуры, давления и состава смеси.	20	Контрольная работа №1

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
3	<p>Решение задач проектирования и моделирования. Температурная устойчивость реактора. Технико-экономическое обоснование выбора модели реактора. Условия применения моделей. Модель реактора полного смешения периодического действия. Постановка задачи оптимизации режимов работы реактора. Критерии оптимальности. Практическая значимость результатов оптимизации. Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленном реакторе. Методы приближения к оптимальному температурному режиму в единичном реакторе. Секционирование реакционных зон. Многосекционные реакторы идеального вытеснения с промежуточным теплообменом. Управление температурным режимом многосекционного реактора идеального вытеснения с использованием байпасных потоков. Каскад реакторов полного смешения. Методики расчёта количества реакторов и конечного состава реакционной смеси.</p>	20	Контрольная работа №2
4	<p>Понятие о лимитирующей стадии гетерогенного процесса. Методы и технология определения лимитирующей стадии процесса. Внешнедиффузионная область протекания гетерогенного процесса. Влияние параметров на его скорость. Основные уравнения скорости процесса в этой области и их анализ. Внутريدиффузионная область протекания гетерогенного процесса. Виды внутренней диффузии. Влияние параметров процесса на его скорость. Основные уравнения скорости процесса в этой области и их анализ. Кинетическая область протекания гетерогенного процесса (влияние параметров процесса на скорость). Основные уравнения скорости процесса в этой области и их анализ. Общие способы увеличения скорости гетерогенного процесса. Промышленные гетерогенные процессы Гетерогенный катализ. Его место в современном химическом производстве. Современные тенденции в развитии катализа и каталитических процессов. Основные характеристики твёрдых катализаторов.</p>	20	Контрольная работа №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
5	Производство серной кислоты. Синтез аммиака. Производство синтез-газа из различного углеводородного сырья. Основные производства на основе синтез-газа. Производство водорода. Производство алюминия. Экологические аспекты современных химических производств и функционирования топливно-энергетического комплекса. Водородная энергетика	22	Контрольная работа №2

### 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.technolog.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.

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

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) теоретического характера и практического характера.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

#### Вариант № 1

1. Химическое равновесие. Принцип Ле-Шателье. Зависимость равновесной степени превращения от температуры и давления
2. Задача

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

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

### а) основная литература:

1. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования химико-технологических систем : учебник для вузов по химико-технологическим направлениям подготовки и специальностям / И. М. Кузнецова [и др.] ; под ред. Х. Э. Харлампиди. - 2-е изд., перераб. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. - 381 с. (ЭБС «Лань»)
2. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов : учебник для вузов по химико-технологическим направлениям подготовки и специальностям / И. М. Кузнецова [и др.] ; под ред. Х. Э. Харлампиди. - 2-е изд., перераб. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 448 с.
3. Общая химическая технология: учебник для хим.-технол. спец. вузов. В 2-х ч./ под ред. И.П. Мухленова. – 5 изд. стер. -М.:Альянс, 2009.- Ч 1: Теоретические основы химической технологии.- 255с.
4. Общая химическая технология: учебник для хим.-технол. спец. вузов. В 2-х ч./ под ред. И.П. Мухленова. – 5 изд., стер. -М.:Альянс, 2009.- Ч 2: Важнейшие химические производства.- 264с.
5. Власов, Е.А. Общая химическая технология: учеб. пособие / Е.А. Власов, А.Ю. Постнов, С.А. Лаврищева: под ред. Е.А. Власова; СПбГТИ(ТУ).-СПб., 2009.- 140 с.

### б) дополнительная литература:

1. Бесков, В.С. Общая химическая технология : учеб. для вузов по хим.-технол. направлениям подгот. бакалавров и дипломир. специалистов.- М.: Академкнига, 2006. - 452 с.
2. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика/И.Чоркендорф, Х.Наймантсведрайт, пер. с англ. В.Н.Ролдугина.–Долгопрудный,«Интеллект», 2010.-501с.
3. Луцко, Ф.Н. Химико-технологические расчеты с применением *MathCAD*: учебное пособие/ Ф.Н. Луцко, В.Е. Сороко, А.Н. Прокопенко; СПбГТИ(ТУ).-СПб., 2006.– 456 с.

### в) вспомогательная литература

1. Холоднов, В.А. Математическое моделирование и оптимизация химико-технологических процессов: практическое руководство/ В.А. Холоднов, В.П. Дьяконов, Е.Н. Иванова, Л.С. Кирьянова.-СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2003. – 480 с.
2. Бесков, В.С. Общая химическая технология : учеб. для вузов по хим.-технол. направлениям подгот. бакалавров и дипломир. Специалистов/В.М.Бесков- М. : Академкнига, 2005. - 452 с.
3. Кутепов, А.М. Общая химическая технология : учеб. для вузов по специальностям хим.-технол. профиля / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен.- 3-е изд., перераб. - М.: Академкнига, 2003. - 528 с.
4. Крылов, О.В. Гетерогенный катализ [Текст] : Учебное пособие для вузов по специальности 011013 "Химическая кинетика и катализ" специальности 011000 "Химия" / О. В. Крылов. - М. : Академкнига, 2004. - 679 с

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

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

электронно-библиотечные системы:

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

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

Полнотекстовая коллекция (база данных) электронных книг издательства Springer Nature с 2011 по 2017 год (46332 книги). <http://link.springer.com/>

База данных REAXYS . [www.reaxys.com](http://www.reaxys.com)

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

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

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

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

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. Общие требования.

СТП СПбГТИ 016-2014. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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 с использованием системы Moodle.

взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

### **10.2. Программное обеспечение.**

Пакеты прикладных программ стандартного набора (Libre Office, MathCAD);

### **10.3. Информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-плюс»

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

Кафедра Общей химической технологии и катализа оснащена необходимым научно-исследовательским оборудованием, измерительными и вычислительными комплексами и другим материально-техническим обеспечением, необходимым для полноценного лабораторных работ, существует возможность использования оборудования Центров коллективного пользования СПбГТИ(ТУ) и Лаборатории каталитических технологий. Компьютеры кафедры соединены в локальную вычислительную сеть с выходом в Интернет через отдельный сервер, подключенный к сети института.

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные 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 «Теоретические основы химической технологии»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-1</b>	способность собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; <b>участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции</b> и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования	промежуточный
<b>ПК-9</b>	способность определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления	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	Знает способы выделения основных и побочных продуктов неорганических реакций	Правильные ответы на вопросы №1-6 к зачету.	ПК-1
	Знает основные принципы организации химического производства.	Правильные ответы на вопросы №7-8 к зачету. Выполнение курсовой работы	ПК-1
Освоение раздела №2	Знает принципы составления материального и теплового балансов для основных технологических процессов неорганического синтеза	Правильное выполнение заданий № 9-12 к зачету. Выполнение курсовой работы	ПК-1

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	Умеет анализировать и применять полученные знания при решении как модельных реакций и технологических процессов	Правильные ответы на вопросы №59-60 к зачету. Правильные ответы на вопросы 59-70 к зачёту Выполнение курсовой работы	ПК-1
	Умеет производить расчет материального и теплового балансов ХТП.	Правильные ответы на вопросы № 61-66 к зачету. Правильные ответы на вопросы 59-70 к зачёту Выполнение курсовой работы	ПК-1
Освоение раздела № 3	Умеет рассчитывать и анализировать влияние основных технологических параметров на скорость, степень превращения типовых процессов,	Правильные ответы на вопросы №22-25 к зачету. Правильные ответы на вопросы 59-70 к зачёту Выполнение курсовой работы	ПК-1
	Знает методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства неорганических материалов;	Правильные ответы на вопросы №26-29 к зачету. Выполнение курсовой работы	ПК-9
	Умеет анализировать химико-технологический процесс;	Правильные ответы на вопросы №19-21 к зачету. Правильные ответы на вопросы 59-70 к зачёту Выполнение курсовой работы	ПК-9
	Умеет использовать методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; пользоваться персональным компьютером	Правильные ответы на вопросы №67-69 к зачету. Правильные ответы на вопросы 59-70 к зачёту Выполнение курсовой работы	ПК-9
	Владеет методами оценки эффективности протекания химико-технологических процессов	Правильные ответы на вопросы №11-13 к зачету. Правильные ответы на вопросы 59-70 к зачёту	ПК-9

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
		Выполнение курсовой работы	
Освоение раздела №4	Знает основные типы и конструкции реакторов для проведения неорганических реакций	Правильные ответы на вопросы 41-48 к зачету. Выполнение курсовой работы	ПК-9
	Знает методы моделирования и оптимизации технологических процессов производства неорганических материалов;	Правильное выполнение заданий № 15-21 к зачету. Выполнение курсовой работы	ПК-1
	Умеет анализировать химико-технологический процесс;	Правильные ответы на вопросы 28-30,31-35 к зачету. Правильные ответы на вопросы 59-70 к зачёту Выполнение курсовой работы	ПК-9
	Владеет методами управления химико-технологических процессов в соответствии с кинетическими данными	Правильные ответы на вопросы № 31-36, 68-70 к зачету. Правильные ответы на вопросы 59-70 к зачёту Выполнение курсовой работы	ПК-9
Освоение раздела №5	Знает технологию и общие принципы осуществления наиболее распространенных химических процессов неорганического синтеза (Производство азотной кислоты, серной кислоты, конверсия природного газа и жидких углеводородов, синтез аммиака)	Правильные ответы на вопросы 49-58 к зачету. Выполнение курсовой работы	ПК-9
	Знает способы выделения основных и побочных продуктов неорганических реакций.	Правильные ответы на вопросы №49-58 к зачету. Выполнение курсовой работы	ПК-1

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

промежуточная аттестация проводится в форме зачета, результат оценивания – «зачтено» и « незачтено», защиты курсовой работы, результат оценивания — балльная шкала .

**3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.**

**а) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1,**

**ПК-9:**

1. Сырьё и энергетические ресурсы в химической технологии.
2. Расходные коэффициенты по сырью и энергоносителям.
3. Природные источники сырья и энергоресурсов в Российской Федерации.
4. Вторичные сырьевые и энергоресурсы.
5. Принципы обогащения сырья.
6. Возобновляемые и невозобновляемые источники энергии.
7. Основные отходы современных производств, способы утилизации отходов для повышения эффективности и экологичности производств.
8. Связь между параметрами управления ХТП и показателями качества протекания ХТП.
9. Особенности составления материального баланса химических производств.
10. Особенности составления теплового баланса химических производств.
11. Классификация химико-технологических процессов (ХТП)
12. Основные стадии протекания ХТП.
13. Гомогенные и гетерогенные процессы и особенности их протекания.
14. Понятия о лимитирующих стадиях и области протекания процесса: кинетическая, внешнедиффузионная, внутридиффузионная области протекания процесса
15. Кинетика. Скорость химической реакции для жидкофазных и газофазных процессов.
16. Зависимость скорости обратимой газофазной реакции от температуры.
17. Зависимость скорости обратимой газофазной реакции от давления.
18. Зависимость скорости обратимой реакции от степени превращения.
19. Способы увеличения скоростей реакции
20. Понятие о катализе. Катализаторы, их компоненты, способы приготовления. Активность, яды.
21. Зависимость скорости обратимой газофазной реакции от технологических параметров (простая кинетика). Вывод выражений для мольных долей.
22. Химическое равновесие. Принцип Ле-Шателье. Зависимость  $x_p$  от температуры и давления
23. Равновесные параметры. Вывод уравнения оптимального и равновесного давления
24. Характер изменения равновесной степени превращения от температуры для экзотермических и эндотермических реакций.
25. Зависимость равновесной степени превращения от технологических параметров для экзотермических и эндотермических реакций с увеличением и уменьшением объема
26. Влияние концентрации реагентов и их содержания в сырье на технологические и экономические показатели качества ХТП.
27. Влияние температуры на технологические и экономические показатели качества протекания ХТП.
28. Оптимизация и способы управления температурным режимом.
29. Влияние давления на равновесие и скорость газофазных процессов.
30. Изменения технологических и экономических показателей качества ХТП во времени.

31. Понятие об оптимальном времени контакта.
32. Понятие об областях протекания гетерогенных ХТП.
33. Влияние линейной скорости потока, фракционных и микроструктурных характеристик твердой фазы на технологические и экономические показатели ХТП.
34. Определение величины оптимальной температуры при проведении обратимой экзотермической реакции по уравнению формальной кинетики
35. Определение величины температуры при проведении обратимой экзотермической реакции по уравнению реальной кинетики.
36. Анализ влияния управляющих параметров на изменение области оптимальных температур.
37. Ресурсосбережение в химической технологии.
38. Энергосбережение в химической технологии.
39. Кинетика гомогенных каталитических реакций
40. Управляющие параметры ХТП.
41. Показатели эффективности протекания ХТП в химических реакторах.
42. Оптимизация работы реактора по технологическим критериям.
43. Оптимизация работы реактора по экологическим критериям.
44. Оптимизация работы реактора по экономическим критериям
45. Модели идеализированных реакторов.
46. Изотермический температурный режим.
47. Адиабатический температурный режим.
48. Политермический температурный режим
49. Конверсия метана водяным паром. Физико-химические основы процесса.
50. Производство синтез-газа из различного углеводородного сырья.
51. ХТП первичной переработки нефти.
52. Деструктивные процессы переработки нефти.
53. Термический и каталитический крекинг нефтепродуктов.
54. Производство азотной кислоты. Физико-химические основы процесса.
55. Производство серной кислоты. Физико-химические основы процесса.
56. Синтез метанола. Физико-химические основы процесса.
57. Синтез аммиака. Физико-химические основы процесса.
58. Окисление аммиака. Физико-химические основы процесса.

**б) Задачи для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1, ПК-9:**

59. Рассчитать материальный баланс синтеза фосгена для фармацевтической промышленности, протекающего по уравнению:  $\text{CO} + \text{Cl}_2 \leftrightarrow \text{COCl}_2$   
Состав исходной смеси (мольные доли):  $Z_{\text{COCl}_2} = 0,05$ ;  $Z_{\text{CO}} = 0,3$ ;  $Z_{\text{Cl}_2} = 0,3$ ; остальное - инерт. Расход исходной газовой смеси составляет 37000 м<sup>3</sup>/ч. Остаточное содержание в конечной газовой смеси составляет СО- 0,04.
60. Рассчитать материальный баланс процесса разложения аммиака для получения водорода по уравнению:  $2\text{NH}_3 \leftrightarrow 3\text{H}_2 + \text{N}_2 + \Delta\text{H}_0$   
Состав исходной газовой смеси (мольные доли):  $Z_{\text{NH}_3} = 0,35$ ;  $Z_{\text{N}_2} = 0,05$ ;  $Z_{\text{H}_2} = 0,03$ ; остальное - метан. Расход аммиака составляет в начальной газовой смеси составляет 10 кг/ч. Остаточное содержание аммиака в конечной газовой смеси 0,02% (мольная доля).
61. Составить тепловой баланс процесса парциального окисления природного газа в изотермическом температурном режиме с использованием программного пакета MathCad, если: Расход природного газа на установку 5000000 м<sup>3</sup>/год

Температура в реакторе –1000 °С. Состав природного газа (мольные доли): метан  $\text{CH}_4$  0,86, этан  $\text{C}_2\text{H}_6$  0,04, пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$  0,01, остальное азот. Соотношение природный газ-воздух=3:1

64. Составить тепловой баланс процесса паровой конверсии природного газа в изотермическом температурном режиме с использованием программного пакета MathCad, если известно: объемный расход природного газа на установку 3000000  $\text{м}^3/\text{год}$ , температура в реакторе –900 °С.

Состав природного газа (мольные доли): метан 0,86, этан 0,04, пропан 0,01, остальное азот, соотношение природный газ-водяной пар=1:3

65. Рассчитать материальный баланс реактора окисления оксида серы (4), протекающего по уравнению:  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ .

На окисление диоксида серы пошло 4400  $\text{м}^3/\text{ч}$  кислорода. Концентрации компонентов в исходной смеси (объемные доли): оксид серы (IV) 0,11; кислород 0,1; остальное азот. Степень превращения диоксида серы составляет 0,89. Дополнительно рассчитать мольную производительность реактора.

Рассчитать температуру смеси на выходе из реактора, если температура входной смеси 390 °С, потери тепла в окружающую среду составляют 2% от теплоты, поступающей с потоком исходных веществ, а с помощью теплообменных устройств отводят 20% теплоты химической реакции.

66. Рассчитать материальный баланс реактора синтеза метанола, протекающего по уравнению:  $\text{CO} + 2\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH}$

Объемный расход исходной смеси 60000  $\text{м}^3/\text{ч}$ . Концентрации компонентов в исходной смеси (объемные доли): водород 0,72; оксид углерода (II) 0,18; метанол 0,01; остальное метан. В конечной смеси объемная доля метанола составляет 0,04. Дополнительно рассчитать степень превращения водорода.

Рассчитать количество теплоты, которое необходимо отвести из реактора, чтобы температура на выходе составляла 450 °С. Температура входной смеси 300 °С, потери тепла в окружающую среду составляют 2% от теплоты, поступающей с потоком исходных веществ.

67. Рассчитать равновесную степень превращения водорода в реакции  $\text{H}_2 + \text{J}_{2(\text{газ.})} \leftrightarrow 2\text{HJ}_{(\text{газ.})}$  и равновесный состав газа, проанализировать влияние температуры и давления на состояние химического равновесия по реакции: Концентрации водорода, газообразного йода и йодистого водорода в исходной смеси равны, соответственно (мольные доли):  $Z_{\text{N}_2} = 0,30$ ,  $Z_{\text{H}_2} = 0,45$ ,  $Z_{\text{HJ}} = 0,05$ , остальное – азот.

Если зависимость константы равновесия от температуры представлена выражением:  $\lg K_p = 302,4/T - 1,448 \cdot \lg(T) + 0,21 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,054 \cdot 10^5/T^2 + 5,29$ .

68. Рассчитать значения прямой, обратной и наблюдаемой скорости реакции конверсии монооксида углерода водяным паром:  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$

Если исходный состав (мольные доли): монооксид углерода 0,15, водяной пар 0,5, водород 0,1, диоксид углерода 0,05, остальное – азот.

Кинетическое уравнение паровой конверсии CO U, [с-1]:

$$U = K_1 P_{\text{CO}} \cdot \left( \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}}{P_{\text{H}_2}} \right)^{0,5} - K_2 P_{\text{CO}_2} \cdot \left( \frac{P_{\text{H}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}} \right)^{0,5}$$

$E_1 = 40000$  кДж/кмоль;  $k_{01} = 2,03 \cdot 10^6$ .

Зависимость константы равновесия от температуры:

$\lg K_p = 2485,5/T + 1,565 \cdot \lg(T) - 0,066 \cdot 10^{-3} \cdot T - 0,207 \cdot 10^5/T^2 - 6,946$

69. Рассчитать равновесную степень превращения и равновесные мольные доли компонентов реакционной смеси при проведении реакции

$2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}(\text{г}) = 4\text{HCl} + \text{O}_2$  при следующих исходных данных: состав исходной смеси (мольные доли): хлор – 0,3, водяной пар – 0,65, остальное – азот.

Зависимость константы равновесия от температуры:

$$\lg K_p = -6019,9/T + 0,423 \cdot \lg(T) - 0,025 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0,147 \cdot 10^5/T^2 + 5,672$$

70. Рассчитать значения прямой, обратной и наблюдаемой скорости реакции Дегидрирование бутана:  $\text{C}_4\text{H}_{10} = \text{C}_4\text{H}_8 + \text{H}_2$

Если известно, что исходный состав (мольные доли): бутан 0,27, бутен 0,01, водород 0,01, остальное – азот.

Кинетическое уравнение,  $\text{м}^3\text{C}_4\text{H}_{10}/\text{м}^3 \cdot \text{с}$ :

$$U = k_+ \cdot (P_{\text{C}_4\text{H}_{10}}/P_{\text{C}_4\text{H}_8}) \cdot (1 - P_{\text{C}_4\text{H}_8} \cdot P_{\text{H}_2} / (P_{\text{C}_4\text{H}_{10}} \cdot K_p))$$

Зависимость константы скорости прямой реакции от температуры:

$$\lg(K_+) = -9050/T + 9,6$$

Зависимость константы равновесия от температуры:

$$\lg K_p = -6700/T + 7,574$$

### **в) Примерные темы курсовых работ (ПК-1, ПК-9)**

1. Техничко-экономическое обоснование выбора температурного режима работы реактора идеального вытеснения при проведении процесса (указывается наименование типового процесса органического или неорганического синтеза)

2. Техничко-экономическое обоснование выбора температурного режима работы реактора полного смешения при проведении процесса (указывается наименование типового процесса органического или неорганического синтеза)

3. Выбор и обоснование типа реактора по технико-экономическим показателям при проведении процесса (указывается название типового процесса органического или неорганического синтеза) осуществляемого в изотермическом температурном режиме

4. Выбор и обоснование типа реактора по технико-экономическим показателям при проведении процесса (указывается название типового процесса органического или неорганического синтеза) осуществляемого в политермическом температурном режиме

5. Выбор и обоснование типа реактора по технико-экономическим показателям при проведении процесса (указывается название типового процесса органического или неорганического синтеза) осуществляемого в адиабатическом температурном режиме

### **г) Примерные задания для контрольных работ**

*Задание 1.* Рассчитайте какой объем занимает смесь азота с водородом при н.у., если масса смеси 200 кг, а массовая доля водорода 0,6.

*Задание 2.* Окисление оксида углерода кислородом воздуха проходит по реакции:  $2\text{CO} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{CO}_2$

Исходная концентрация оксида углерода, кислорода и диоксида углерода равны (моль.доли): а)  $Z_{\text{Nco}} = 0,25$ , остальное – воздух; б)  $Z_{\text{Nco}} = 0,25$ ,  $Z_{\text{Nco}_2} = 0,05$  остальное – воздух.

Дана зависимость константы равновесия от температуры:

$$\lg K_p = 29791/T + 0,169 \cdot 10^{-3} \cdot T - 0,324 \cdot 10^5/T^2 - 9,495$$

А) Рассчитать равновесную степень превращения оксида углерода (ХЕ) и равновесный состав (ZЕi) при  $T=800\text{К}$  и  $P=1$  атм.

Б) Рассчитать равновесную степень превращения оксида углерода (ХЕ) и равновесный состав (ZЕi) при  $T=1000\text{К}$  и  $P=1$  атм.

В) Рассчитать равновесную степень превращения оксида углерода (ХЕ) и равновесный состав (ZЕi) при  $T=800\text{К}$  и  $P=5$  атм.

Г) Рассчитать равновесную степень превращения оксида углерода (ХЕ) и равновесный состав (ZЕi) при  $T=1000\text{К}$  и  $P=5$  атм.

*Задание 3.* Роль катализа в химической промышленности.

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 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.