

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 01.11.2023 16:48:03  
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  
«\_26\_» \_\_\_марта\_\_\_ 2019 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**Общая химическая технология**

Направление подготовки

**04.03.01 Химия**

Направленность программы бакалавриата  
**«Физическая химия и химия материалов»**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург

2019

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой		А.Ю.Постнов
Доцент		Ю.В.Александрова

Рабочая программа дисциплины «Общая химическая технология» обсуждена на заседании кафедры общей химической технологии и катализа  
протокол от «\_21\_» февраля 2019 № 8  
Заведующий кафедрой

А.Ю.Постнов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета Химии веществ и материалов  
протокол от «\_21\_» марта 2019 № \_6\_

Председатель

С.Г.Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химия»		С.Г.Изотова
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		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.....	08
3. Объем дисциплины .....	08
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	08
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций .....	06
4.3. Занятия лекционного типа.....	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	11
4.4.1. Лабораторные занятия.....	11
4.5. Самостоятельная работа.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	12
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	13
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.....	14
10.2. Программное обеспечение.....	14
10.3. Информационные справочные системы.....	14
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.**

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ОПК-1</b> Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	<b>ОПК-1.О.15.1</b> Анализ термодинамических характеристик химико-технологического процесса	<b>Знать:</b> основные термодинамические характеристики химико-технологического процесса (ЗН-1) <b>Уметь:</b> рассчитывать термодинамическую константу равновесия (У-1); <b>Владеть:</b> навыками расчёта равновесного состава реакционной смеси (Н-1).
	<b>ОПК-1.О.15.2</b> Определение области протекания химико-технологического процесса	<b>Знать:</b> критерии определения области протекания химико-технологического процесса (ЗН-2) <b>Уметь:</b> идентифицировать область протекания химико-технологического процесса (У-2); <b>Владеть:</b> навыками достижения требуемой области протекания химико-технологического процесса (Н-2).
	<b>ОПК-1.О.15.3</b> Анализ кинетических характеристик химико-технологического процесса	<b>Знать:</b> перечень варьируемых кинетических характеристик химико-технологического процесса (ЗН-3) <b>Уметь:</b> определять значения кинетических характеристик по результатам эксперимента (У-3); <b>Владеть:</b> навыками анализа кинетических характеристик химико-

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
		технологического процесса (Н-3).
<p><b>ОПК-4</b> Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач</p>	<p><b>ОПК-4.О.15.1</b> Управление термодинамическими характеристиками химико-технологического процесса</p>	<p><b>Знать:</b> перечень управляющих параметров химико-технологического процесса, влияющих на величину термодинамических характеристик (ЗН-4); <b>Уметь:</b> изменять значения термодинамических характеристик в требуемом направлении (У-4); <b>Владеть:</b> навыками определения и обоснования диапазона управляющих параметров, обеспечивающих заданные показатели эффективности химико-технологического процесса (Н-4).</p>
	<p><b>ОПК-4.О.15.2</b> Управление скоростью процесса в кинетической области</p>	<p><b>Знать:</b> перечень управляющих параметров химико-технологического процесса, влияющих на величину наблюдаемой скорости процесса в кинетической области (ЗН-5); <b>Уметь:</b> рассчитывать скорость процесса в кинетической области (У-5); <b>Владеть:</b> навыками управления скоростью процесса в кинетической области (Н-5).</p>
	<p><b>ОПК-4.О.15.3</b> Управление скоростью процесса в диффузионной области</p>	<p><b>Знать:</b> перечень управляющих параметров химико-технологического процесса, влияющих на величину</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
		<p>наблюдаемой скорости процесса в диффузионной области (ЗН-6);</p> <p><b>Уметь:</b> рассчитывать скорость процесса в диффузионной области (У-6);</p> <p><b>Владеть:</b> навыками управления скоростью процесса в диффузионной области (Н-6).</p>
<p><b>ПК-6</b> Способен использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач</p>	<p><b>ПК-6.О.15.1</b> Выполнение материальных и тепловых расчётов химико-технологического оборудования</p>	<p><b>Знать:</b> методики составления материальных и энергетических балансов реактора и химико-технологической системы в целом (ЗН-7);</p> <p><b>Уметь:</b> рассчитывать материальные и энергетические балансы реактора и химико-технологической системы в целом (У-7);</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками оптимизации структуры материальных и энергетических потоков по технико-экономическим критериям (Н-7).</p>
	<p><b>ПК-6.О.15.2</b> Моделирование химико-технологического процесса в идеализированных реакторах</p>	<p><b>Знать:</b> Принципы построения математических моделей идеализированных реакторов (ЗН-8);</p> <p><b>Уметь:</b> Рассчитывать необходимый объём идеализированного реактора (У-8);</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками определения рационального температурного режима работы идеализированного реактора (Н-8).</p>
	<p><b>ПК-6.О.15.3</b></p>	<p><b>Знать:</b></p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
	Важнейшие химические производства	<p>Современное состояние производства серной кислоты, аммиака и метанола (ЗН-9);</p> <p><b>Уметь:</b>  Рассчитывать технико-экономические характеристики промышленных агрегатов (У-9);</p> <p><b>Владеть:</b>  Навыками построения химико-технологических систем (Н-9).</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части (Б1.О.15) и изучается на 3 курсе в 5 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Математика» и «Информатика». Полученные в процессе изучения дисциплины «Общая химическая технология» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Химические реакторы», «Микро- и нанореакторные технологии», при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>4/ 144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>56</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	18
семинары, практические занятия	-
лабораторные работы	18
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	12
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>33</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП , зачет, экзамен)	<b>Экзамен/45</b>

## 4. Содержание дисциплины.

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарског о типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические	Лабораторные работы		
1.	Материальные и энергетические расчёты	4	0	4	8	ПК-6
2.	Термодинамика и кинетика химико-технологического процесса	8	0	4	8	ОПК-1 ОПК-4



3	Управление химико-технологическим процессом в идеализированном реакторе	12	0	4	8	ПК-6
4	Важнейшие химические производства	12	0	6	9	ПК-6

#### 4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1.	ОПК-1.О.15.1 ОПК-1.О.15.2 ОПК-1.О.15.3 ОПК-4.О.15.1 ОПК-4.О.15.2 ОПК-4.О.15.3	Термодинамика и кинетика химико-технологического процесса
2.	ПК-6.О.15.1	Материальные и энергетические расчёты
3	ПК-6.О.15.2	Управление химико-технологическим процессом в идеализированном реакторе
4	ПК-6.О.15.3	Важнейшие химические производства

#### 4.3. Занятия лекционного типа.

№ Раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Материальные и энергетические расчёты</u> Современные тенденции развития химической технологии. Сырьевая и энергетическая базы химической промышленности. Показатели качества протекания химико-технологического процесса (ХТП). Избирательность. Удельные материальные, энергетические и эксплуатационные затраты. Материальные и тепловые балансы как основа для оценки затрат на сырье, топливо и электроэнергию при производстве химических продуктов. Методика составления уравнений материального и теплового балансов реактора.	4	ЛВ

№ Раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
2	<p><u>Термодинамика и кинетика химико-технологического процесса</u> Химическое равновесие, расчет равновесных концентраций. Управление состоянием равновесия химико-технологического процесса. Анализ влияния управляющих параметров на равновесный состав реакционной смеси. Скорость химико-технологического процесса. Лимитирующая стадия и её идентификация. Экспериментальные методы определения кинетических констант. Управление скоростью химико-технологического процесса.</p>	8	ЛВ
3	<p><u>Управление химико-технологическим процессом в идеализированном реакторе.</u> Химические процессы в идеализированных реакторах непрерывного действия (полного смешения, идеального вытеснения). Устойчивость. Управляющие параметры. Расчет химического процесса в потоке полного смешения. Стационарный и нестационарный режимы. Множественность стационарных состояний. Расчет химического процесса в потоке идеального вытеснения. Общие принципы организации обратимых экзо- и эндотермических процессов. Способы регулирования температурного и концентрационного режима работы многополочного реактора при проведении обратимого экзотермического процесса. Задача оптимизации. Типовые проточные и циркуляционные химико-технологические системы.</p>	12	ЛВ
4	<p><u>Важнейшие химические производства</u> Производство синтез-газа из различного углеводородного сырья. Основные производства на основе синтез-газа. Производство водорода. Синтез аммиака. Контактное производство серной кислоты. Производство азотной кислоты и минеральных удобрений. Производство алюминия. Экологические аспекты современных химических производств и функционирования топливно-энергетического комплекса. Водородная энергетика.</p>	12	ЛВ

#### 4.4. Занятия семинарского типа.

##### 4.4.1. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Анализ изменения расходных коэффициентов по сырью на основании расчёта материального баланса реактора	2	КтСм
1	Анализ энергозатрат для реакторов с различным температурным режимом	2	КтСм
2	Исследование влияния управляющих параметров на изменение равновесного состава реакционной смеси	2	КтСм
2	Исследование влияния управляющих параметров на наблюдаемую скорость ХТП	2	КтСм
3	Исследование влияния температуры на производительность изотермического реактора в режимах полного смешения и идеального вытеснения	2	КтСм
3	Исследование влияния температуры на входе в реактор на производительность адиабатического реактора в режимах полного смешения и идеального вытеснения	2	КтСм
4	Энерго-технологическое комбинирование	6	Технологическая игра

##### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ Раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Расчёт материального энергетического баланса для многомаршрутного процесса	8	Проверка решения
2	Расчёт равновесного состава реакционной смеси и определение вероятных значений управляющих параметров, обеспечивающих заданную производительность при реализации многомаршрутного процесса	8	Проверка решения
3	Расчёт каскада реакторов полного смешения при проведении жидкофазного процесса	8	Проверка решения
4	Технологии синтеза метанола при низком давлении	3	Тестирование с использованием LMS Moodle
4	Технологии производства алюминия	3	Тестирование с использованием LMS Moodle

№ Раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
4	Технологии получения синтетических моторных топлив	3	Тестирование с использованием LMS Moodle

### 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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретические задания (для проверки знаний) и расчётно-аналитические задания (для проверки умений и навыков).

При сдаче экзамена обучающийся получает пять вопросов из банка вопросов (время на выполнение 10 минут) и расчётно-аналитическую задачу из перечня задач (время на выполнение 35 минут). Экзамен проводится в компьютерном классе с использованием виртуальной среды обучения LMS Moodle.

Пример варианта вопросов на экзамене:

Вариант № 1
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определение «Лимитирующая стадия процесса»</li> <li>2. Как изменяется равновесная степень превращения ключевого компонента при увеличении давления для реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов?</li> <li>3. Как изменяется скорость обратимой реакции по мере её протекания?</li> <li>4. Как изменяется температура в реакторе при проведении эндотермической обратимой реакции в политермическом температурном режиме?</li> <li>5. Какие катализаторы используются для процесса паровой конверсии природного газа?</li> </ol>

Пример расчётно-аналитического задания на экзамене:

Вариант № 1
<p>Выбрать температурный режим работы реактора, обеспечивающий заданную производительность по целевому продукту при проведении процесса паровой конверсии природного газа в трубчатом реакторе на катализаторе ГИАП-18 при известных значениях управляющих параметров. Проанализировать изменение показателей эффективности протекания процесса в случае изменения давления в реакторе.</p>

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.**

### **а) печатные издания:**

1. 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.
2. 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.
3. 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) электронные учебные издания:**

4. 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. Харлампи. - 2-е изд., перераб. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. - 381 с. (ЭБС «Лань»)
5. 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. Харлампи. - 2-е изд., перераб. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 448 с. (ЭБС «Лань»)
6. Технологическая игра: энерготехнологическое комбинирование на примере мобильной установки получения синтез-газа: учебное пособие /А. Ю. Постнов, О.А. Черемисина; СПбГТИ(ТУ). Каф. общ. хим. технологии и катализа. - Электрон. текстовые дан. - СПб.;, 2019-43 с.

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

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы:

<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;  
ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

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

Все виды занятий по дисциплине «Общая химическая технология» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

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

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

СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД 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 знания 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 виртуальной среды обучения LMS Moodle.

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

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

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

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

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

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 Инжинирингового Центра и Лаборатории каталитических технологий Компьютеры кафедры ( аудитории 205, 209, 210) 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 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Общая химическая технология»**

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ОПК-1	<b>Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений</b>	промежуточный
ОПК-4	<b>Способен планировать работы химической направленности, обрабатывать и интерпретировать полученные результаты с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач</b>	промежуточный
ПК-6	<b>Способен использовать основные закономерности химической науки и фундаментальные химические понятия при решении конкретных производственных задач</b>	промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ОПК-1.О.15.1</b> Анализ термодинамических характеристик химико-технологического процесса	<b>Знает</b> основные термодинамические характеристики химико-технологического процесса (ЗН-1)	Ответы на вопросы №1-13 к экзамену	Перечисляет основные термодинамические характеристики химико-технологического процесса	Приводит примеры взаимосвязи между основными термодинамическими характеристиками химико-технологического процесса	Правильно выбирает методику расчёта основных термодинамических характеристик химико-технологического процесса
	<b>Умеет</b> рассчитывать термодинамическую константу равновесия (У-1)	Ответы на вопрос №14 к экзамену	Рассчитывает термодинамическую константу равновесия по известным полиномиальным уравнениям	Составляет уравнение для расчёта термодинамическую константу равновесия	Выбирает корректное уравнение для расчёта термодинамической константы равновесия
	<b>Владет</b> навыками расчёта равновесного состава реакционной смеси (Н-1)	Ответы на вопрос №15 к экзамену	Рассчитывает равновесный состав реакционной смеси для единичной реакции при заданных значениях управляющих параметров	Рассчитывает равновесный состав реакционной смеси для единичной реакции в широком диапазоне значений управляющих параметров	Рассчитывает равновесный состав реакционной смеси для многомаршрутного процесса в широком диапазоне значений управляющих параметров
<b>ОПК-1.О.15.2</b> Определение области протекания химико-технологического процесса	<b>Знает</b> критерии определения области протекания химико-технологического процесса (ЗН-2)	Ответы на вопросы №16-32 к экзамену	Перечисляет перечень управляющих параметров, позволяющих идентифицировать область протекания химико-технологического	Правильно выбирает методологию определения области протекания химико-технологического процесса	Приводит примеры реализации процессов в различных областях протекания



			процесса		
	<b>Умеет</b> идентифицировать область протекания химико-технологического процесса (У-2)	<b>Ответы на вопросы №33-35 к экзамену</b>	По характеру изменения скорости процесса определяет область протекания химико-технологического процесса	Объясняет выбор методологии определения области протекания химико-технологического процесса	Анализирует тенденции в изменении области протекания химико-технологического процесса
	<b>Владеет</b> навыками достижения требуемой области протекания химико-технологического процесса (Н-2)	<b>Ответы на вопрос №36 к экзамену</b>	Составляет алгоритм перевода химико-технологического процесса из диффузионной области в кинетическую	Обосновывает алгоритм перевода химико-технологического процесса из диффузионной области в кинетическую	Расчётным путем показывает возможность перевода химико-технологического процесса из диффузионной области в кинетическую
<b>ОПК-1.0.15.3</b> Анализ кинетических характеристик химико-технологического процесса	<b>Знает</b> перечень переменных кинетических характеристик химико-технологического процесса (ЗН-3)	<b>Ответы на вопросы №37-51 к экзамену</b>	Перечисляет кинетические характеристики химико-технологического процесса	Правильно выбирает требуемые кинетические показатели химико-технологического процесса	Приводит примеры кинетических показателей для конкретных химико-технологических процессов
	<b>Умеет</b> определять значения кинетических характеристик по результатам эксперимента (У-3)	<b>Ответы на вопрос №52 к экзамену</b>	По результатам обработки экспериментальных данных определяет значение энергии активации химической реакции	По результатам обработки экспериментальных данных определяет значение энергии активации химической реакции и предэкспоненциального множителя уравнения Аррениуса	По результатам обработки экспериментальных данных определяет значение порядка реакции, энергии активации химической реакции и предэкспоненциального множителя уравнения Аррениуса
	<b>Владеет</b> навыками анализа кинетических характеристик химико-технологического процесса (Н-3)	<b>Ответы на вопрос №53 к экзамену</b>	Правильно выбирает критерии анализа кинетических характеристик химико-	Показывает закономерности изменения кинетических характеристик химико-	Демонстрирует способность выбора рациональных характеристик химико-технологического

			технологического процесса	технологического процесса	процесса
<b>ОПК-4.О.15.1</b> Управление термодинамическими характеристиками химико-технологического процесса	<b>Знает</b> перечень управляющих параметров химико-технологического процесса, влияющих на величину термодинамических характеристик (ЗН-4)	Ответы на вопросы №54-55 к экзамену	Перечисляет параметры химико-технологического процесса, влияющие на величину термодинамических характеристик	Правильно выбирает рациональный диапазон изменения управляющих параметров	Приводит конкретные примеры влияния управляющих параметров на величину термодинамических характеристик
	<b>Умеет</b> изменять значения термодинамических характеристик в требуемом направлении (У-4)	Ответы на вопросы №56-60 к экзамену	Анализирует влияние управляющих параметров на равновесный состав реакционной смеси, но допускает незначительные ошибки	Без ошибок анализирует влияние управляющих параметров на равновесный состав реакционной смеси	Анализирует влияние управляющих параметров на равновесный состав реакционной смеси при реализации многомаршрутного процесса
	<b>Владеет</b> навыками определения и обоснования диапазона управляющих параметров, обеспечивающих заданные показатели эффективности химико-технологического процесса (Н-4)	Ответы на вопрос №61 к экзамену	Решает задачу поиска равновесного состава реакционной смеси при фиксированном значении управляющих параметров	Решает задачу поиска равновесного состава реакционной смеси в заданном диапазоне изменений значений управляющих параметров	Обосновывает рекомендуемый диапазон изменения управляющих параметров
<b>ОПК-4.О.15.2</b> Управление скоростью процесса в кинетической области	<b>Знает</b> перечень управляющих параметров химико-технологического процесса, влияющих на величину наблюдаемой скорости процесса в кинетической области (ЗН-5)	Ответы на вопросы №62-71 к экзамену	Перечисляет параметры химико-технологического процесса, влияющие на величину наблюдаемой скорости процесса в кинетической области	Правильно выбирает рациональный диапазон изменения управляющих параметров	Приводит конкретные примеры влияния управляющих параметров на величину наблюдаемой скорости процесса в кинетической области
	<b>Умеет</b> рассчитывать скорость процесса в кинетической области (У-5)	Ответы на вопрос №72 к экзамену	Рассчитывает наблюдаемую скорость процесса в кинетической области, но допускает	Без ошибок рассчитывает наблюдаемую скорость процесса в кинетической области	Рассчитывает величину дифференциальной селективности при реализации многомаршрутного

			незначительные ошибки		процесса
	<b>Владеет</b> навыками управления скоростью процесса в кинетической области (Н-5)	<b>Ответы на вопрос №73 к экзамену</b>	Анализирует влияние управляющих параметров на величину наблюдаемой скорости процесса в кинетической области, но допускает незначительные ошибки	Без ошибок анализирует влияние управляющих параметров на величину наблюдаемой скорости процесса в кинетической области	Анализирует влияние управляющих параметров на величину дифференциальной селективности при реализации многомаршрутного процесса
<b>ОПК-4.О.15.3</b> Управление скоростью процесса в диффузионной области	<b>Знает</b> перечень управляющих параметров химико-технологического процесса, влияющих на величину наблюдаемой скорости процесса в диффузионной области (ЗН-6)	<b>Ответы на вопросы №74-77 к экзамену</b>	Перечисляет параметры химико-технологического процесса, влияющие на величину наблюдаемой скорости процесса в диффузионной области	Правильно выбирает рациональный диапазон изменения управляющих параметров	Приводит конкретные примеры влияния управляющих параметров на величину наблюдаемой скорости процесса в диффузионной области
	<b>Умеет</b> рассчитывать скорость процесса в диффузионной области (У-6)	<b>Ответы на вопрос №78 к экзамену</b>	Рассчитывает наблюдаемую скорость процесса в диффузионной области, но допускает незначительные ошибки	Без ошибок рассчитывает наблюдаемую скорость процесса в диффузионной области	Рассчитывает величину времени полной обработки материала в гетерогенном процессе
	<b>Владеет</b> навыками управления скоростью процесса в диффузионной области (Н-6)	<b>Ответы на вопрос №79 к экзамену</b>	Анализирует влияние управляющих параметров на величину наблюдаемой скорости процесса в диффузионной области, но допускает незначительные ошибки	Без ошибок анализирует влияние управляющих параметров на величину наблюдаемой скорости процесса в кинетической области	Анализирует влияние управляющих параметров на величину дифференциальной селективности при реализации многомаршрутного процесса

<b>ПК-6.О.15.1</b> Выполнение материальных и тепловых расчётов химико-технологического оборудования	<b>Знает</b> методики составления материальных и энергетических балансов реактора и химико-технологической системы в целом (ЗН-7)	<b>Ответы на вопросы №80-95 к экзамену</b>	Формулирует законы, лежащие в основе составления материальных и энергетических балансов	Записывает формулы для расчёта материальных и энергетических потоков, состава смесей, производительности, расходных коэффициентов	Правильно выбирает методику расчёта материального и энергетического баланса реактора и химико-технологической схемы.
	<b>Умеет</b> рассчитывать материальные и энергетические балансы реактора и химико-технологической системы в целом (У-7)	<b>Ответы на вопросы №96-98 к экзамену</b>	Рассчитывает материальные и энергетические потоки, но совершает незначительные ошибки	Составляет материальный и энергетический баланс реактора	Составляет материальный и энергетический баланс химико-технологической системы
	<b>Владеет</b> навыками оптимизации структуры материальных и энергетических потоков по технико-экономическим критериям (Н-7)	<b>Ответы на вопрос №99 к экзамену</b>	Выполняет процедуру определения управляющих технологических параметров, обеспечивающих заданную производительность реактора	Выполняет процедуру определения рационального температурного режима работы реактора	Демонстрирует приёмы оптимизации работы реактора по технико-экономическим показателям
<b>ПК-6.О.15.2</b> Моделирование химико-технологического процесса идеализированных реакторов	<b>Знает</b> принципы построения математических моделей идеализированных реакторов (ЗН-8)	<b>Ответы на вопросы №100-111 к экзамену</b>	Перечисляет положения, лежащие в основе моделей идеализированных реакторов	Записывает формулы для расчёта объёма идеализированных реакторов	Записывает системы уравнений, лежащих в основе моделирования работы идеализированных реакторов в различных температурных режимах
	<b>Умеет</b> рассчитывать необходимый объём идеализированного реактора (У-8)	<b>Ответы на вопрос №112 к экзамену</b>	Показывает закономерности изменения объёма идеализированного реактора в различных условиях при	Показывает закономерности изменения объёма идеализированного реактора в различных условиях при	Показывает закономерности изменения объёма идеализированного реактора в различных условиях при

			проведении необратимой модельной реакции	проведении обратимой модельной реакции	использовании реальных кинетических уравнений
	<b>Владеет</b> навыками определения рационального температурного режима работы идеализированного реактора (Н-8)	<b>Ответы на вопрос №113 к экзамену</b>	Рассчитывает объём идеализированного реактора	Выбирает рациональный температурный диапазон работы реактора по результатам расчёта	Рассчитывает объём многосекционного идеализированного реактора
<b>ПК-6.О.15.3</b> Важнейшие химические производства	<b>Знает</b> современное состояние производства серной кислоты, аммиака и метанола (ЗН-9)	<b>Ответы на вопросы №114-128 к экзамену</b>	Рассказывает о характерных особенностях промышленных агрегатов	Перечисляет конструктивные характеристики промышленных агрегатов	Приводит технико-экономические показатели промышленных агрегатов
	<b>Умеет</b> рассчитывать технико-экономические характеристики промышленных агрегатов (У-9)	<b>Ответы на вопрос №129 к экзамену</b>	Рассчитывает технико-экономические характеристики промышленных агрегатов, но допускает ошибки	Правильно определяет технико-экономические характеристики промышленных агрегатов	Прогнозирует закономерности в изменении технико-экономических показателей промышленных агрегатов
	<b>Владеет</b> навыками построения химико-технологических систем (Н-9).	<b>Ответы на вопросы №130-132 к экзамену</b>	Демонстрирует преимущества и недостатки химико-технологических систем различной архитектуры	Показывает способность построения химико-технологических систем с применением модульного принципа	Составляет схемы промышленных агрегатов

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена, шкала оценивания – балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

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

#### а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-1:

1. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей с уменьшением объёма газообразных реагентов
2. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов
3. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей без изменения объёма газообразных реагентов
4. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для эндотермической обратимой реакции, идущей с уменьшением объёма газообразных реагентов
5. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для эндотермической обратимой реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов
6. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для эндотермической обратимой реакции, идущей без изменения объёма газообразных реагентов
7. Как изменяется равновесная температура по мере протекания экзотермической обратимой реакции?
8. Как изменяется термодинамическая константа равновесия при увеличении температуры для экзотермической реакции?
9. Как изменяется термодинамическая константа равновесия при увеличении температуры для эндотермической реакции?
10. Как рассчитать величину равновесной температуры?
11. От каких управляющих параметров зависит термодинамическая константа равновесия
12. Уравнение закона Гесса
13. Уравнение изобары Вант-Гоффа
14. Используя известные термодинамические характеристики реакции рассчитать величину термодинамической константы равновесия для заданной температуры
15. Рассчитать равновесный состав реакционной смеси при известных значениях температуры, давления и исходного состава реакционной смеси
16. Определение «Энергия активации».
17. Определение «Лимитирующая стадия процесса»
18. Определение «Катализатор».
19. Определение «Скорость химической реакции».
20. Физический смысл предэкспоненциального множителя в уравнении Аррениуса
21. Уравнение Аррениуса
22. Уравнение первого закона Фика.
23. Как зависит скорость процесса от температуры в кинетической области?
24. Как зависит скорость процесса от температуры в переходной области?
25. Как зависит скорость процесса от температуры в диффузионной области?
26. Как влияет размер обрабатываемого твёрдого материала на скорость гетерогенного процесса в кинетической области?
27. Как влияет размер обрабатываемого твёрдого материала на скорость гетерогенного процесса во внешнедиффузионной области?
28. Как влияет размер обрабатываемого твёрдого материала на скорость гетерогенного процесса во внутридиффузионной области?
29. Области протекания процесса в системе «газ-твёрдое»
30. Области протекания процесса в системе «газ-жидкость»
31. Области протекания процесса в системе «жидкость-твёрдое»
32. Области протекания гетерогенно-каталитического процесса

33. По известной зависимости скорости химико-технологического процесса от температуры определить область протекания химико-технологического процесса
34. По характеру изменения скорости химико-технологического процесса от размера гранул катализатора определить область протекания химико-технологического процесса
35. По характеру изменения скорости химико-технологического процесса от расхода реакционной определить область протекания химико-технологического процесса
36. Для известного процесса предложить технологические приёмы, обеспечивающие приближение к кинетической области для процессов, протекающих в диффузионной области
37. Как изменяется оптимальная температура по мере протекания обратимой экзотермической обратимой реакции?
38. Определение «Оптимальная температура процесса»
39. Как изменяется скорость обратимой реакции по мере её протекания?
40. Как изменяется оптимальная температура по мере протекания обратимой экзотермической обратимой реакции
41. Как изменяется оптимальная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей с уменьшением объёма газообразных реагентов
42. Как изменяется оптимальная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов
43. Как изменяется оптимальная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей без изменения объёма газообразных реагентов
44. Определение «Дифференциальная селективность».
45. Как изменяется скорость необратимой бимолекулярной реакции второго порядка при увеличении начальной мольной доли ключевого компонента
46. Как изменяется скорость необратимой мономолекулярной реакции первого порядка при увеличении начальной мольной доли исходного реагента
47. Как изменяется скорость обратимой реакции по мере её протекания
48. Как изменяется скорость необратимой реакции по мере её протекания
49. Уравнение скорости необратимой реакции
50. Как рассчитать величину оптимальной температуры процесса?
51. Определение «Дифференциальная селективность».
52. По известным экспериментальным данным определить энергию активации, предэкспоненциальный множитель и порядок реакции
53. По результатам анализа кинетических характеристик предложить перечень управляющих параметров процесса, обеспечивающих достижение заданных показателей эффективности его протекания

**б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ОПК-4:**

54. Микрокинетические управляющие параметры химико-технологического процесса
55. Макрокинетические управляющие параметры химико-технологического процесса
56. Влияние температуры на равновесие эндотермической обратимой реакции
57. Влияние температуры на равновесие экзотермической обратимой реакции
58. Влияние давления на равновесие обратимой реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов
59. Влияние давления на равновесие обратимой реакции, идущей с уменьшением объёма газообразных реагентов
60. Влияние давления на равновесие обратимой реакции, идущей без изменения объёма газообразных реагентов
61. Для известного химико-технологического процесса рассчитать предельную температуру, при которой может быть достигнута требуемая производительность по продукту при известном давлении, расходе реакционной смеси и исходном составе.

62. Параметры управления химико-технологическим процессом, определяющие величину скорости в кинетической области
63. Влияние температуры на скорость обратимой экзотермической реакции.
64. Влияние температуры на скорость необратимой экзотермической реакции
65. Влияние температуры на скорость необратимой эндотермической реакции
66. Влияние температуры на скорость обратимой эндотермической реакции.
67. Влияние давления на скорость обратимой реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов
68. Влияние давления на скорость обратимой реакции, идущей с уменьшением объёма газообразных реагентов
69. Влияние температуры на величину дифференциальной селективности при проведении параллельных реакций
70. Влияние мольной доли ключевого компонента на величину дифференциальной селективности при проведении параллельных реакций
71. Влияние давления на скорость обратимой реакции, идущей без изменения объёма газообразных реагентов
72. Рассчитать наблюдаемую скорость химико-технологического процесса по известному кинетическому уравнению при фиксированном значении управляющих параметров
73. Предложить и расчетным путём подтвердить рациональный диапазон изменения температуры, в котором обеспечивается необходимое увеличение скорости процесса
74. Параметры управления химико-технологическим процессом, определяющие величину скорости в диффузионной области
75. Какое значение имеет порядок реакции по компоненту в диффузионной области?
76. Как перевести процесс из внешнедиффузионной области в кинетическую?
77. Как перевести процесс из внутридиффузионной области в кинетическую?
78. Для известного гетерогенного процесса в системе «газ-твёрдое» рассчитать значение скорости процесса, протекающего в диффузионной области
79. Предложить и расчетным путём подтвердить рациональный диапазон изменения расхода газа и размера обрабатываемых твёрдых частиц, в котором обеспечивается необходимое увеличение скорости процесса

**в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-6:**

80. Закон сохранения массы вещества
81. Закон сохранения энергии
82. Определение «Практический расходный коэффициент».
83. Как рассчитать тепловой эффект реакции?
84. Как рассчитать удельный тепловой эффект реакции по компоненту?
85. Определение «Интенсивность работы реактора»
86. Определение «Интегральная селективность».
87. Определение «Выход продукта».
88. Определение «Теоретический расходный коэффициент».
89. Определение «Степень превращения вещества»
90. Как изменяется температура в реакторе при проведении экзотермической обратимой реакции в адиабатическом температурном режиме?
91. Как изменяется температура в реакторе при проведении эндотермической обратимой реакции в адиабатическом температурном режиме
92. Как изменяется температура в реакторе при проведении эндотермической обратимой реакции в политермическом температурном режиме
93. Как изменяется температура в реакторе при проведении эндотермической обратимой реакции в изотермическом температурном режиме



94. Как изменяется температура в реакторе при проведении экзотермической обратимой реакции в политермическом температурном режиме
95. Как изменяется температура в реакторе при проведении экзотермической обратимой реакции в изотермическом температурном режиме
96. Написать уравнение для расчёта мольной доли компонента, если известна начальная мольная доля компонента и степень превращения ключевого компонента
97. Как рассчитать практический расходный коэффициент по сырью, если известен теоретический расходный коэффициент по ключевому компоненту, мольная доля ключевого компонента в сырье и его степень превращения
98. Как рассчитать производительность по ключевому компоненту, если известно начальное количество ключевого компонента и его степень превращения

#### **Н-7**

99. При известных значениях величин материальных и энергетических потоков определить необходимость изменения температурного режима работы реактора для обеспечения требуемого температурного диапазона его функционирования
100. Определение «Нестационарное состояние»
101. Определение «Стационарное состояние»
102. Основные положения идеализированной модели идеального вытеснения
103. Основные положения идеализированной модели полного смешения
104. Уравнение материального баланса реактора идеального вытеснения
105. Уравнение материального баланса реактора полного смешения
106. Уравнение теплового баланса реактора идеального вытеснения в изотермическом температурном режиме
107. Уравнение теплового баланса реактора полного смешения в изотермическом температурном режиме
108. Уравнение теплового баланса реактора идеального вытеснения в адиабатическом температурном режиме
109. Уравнение теплового баланса реактора полного смешения в адиабатическом температурном режиме
110. Уравнение теплового баланса реактора идеального вытеснения в политермическом температурном режиме
111. Уравнение теплового баланса реактора полного смешения в политермическом температурном режиме
112. Для известного химико-технологического процесса рассчитать необходимый объём идеализированного реактора
113. Для известного химико-технологического процесса установить рациональный температурный режим работы реактора
114. Стадии производства серной кислоты контактным способом
115. Сырьё для производства серной кислоты
116. Технологические параметры контактного окисления диоксида серы
117. Катализаторы окисления диоксида серы
118. Сырьё для производства аммиака
119. Стадии производства аммиака
120. Технологические параметры конверсии природного газа в производстве аммиака
121. Технологические параметры конверсии CO
122. Технологические параметры синтеза аммиака
123. Катализаторы синтеза аммиака
124. Сырьё для производства метанола
125. Стадии производства метанола
126. Технологические параметры конверсии природного газа в производстве метанола
127. Технологические параметры синтеза метанола
128. Катализаторы синтеза метанола

129. При известных показателях функционирования рассчитать приведённую себестоимость продукции
130. Для известного химико-технологического процесса показать преимущество секционирования рабочей зоны с промежуточным теплообменом
131. Для известного химико-технологического процесса показать преимущество секционирования рабочей зоны с промежуточным вводом байпаса
132. Для известного химико-технологического процесса показать преимущество применения циклической схемы производства

Перечень химико-технологических процессов для проверки достижения планируемых результатов обучения У1-У9, Н1-Н9:

1. Контактное окисление диоксида серы
2. Паровая конверсия природного газа
3. Паровая конверсия СО
4. Паровая конверсия метанола
5. Паровая конверсия этана
6. Синтез аммиака
7. Синтез метанола
8. Окисление аммиака
9. Окисление метанола
10. Окисление хлороводорода
11. Дегидрирование бутана
12. Дегидрирование этилбензола
13. Разложение аммиака
14. Разложение метанола
15. Дегидрирование бензола.

При сдаче экзамена обучающийся получает пять вопросов из банка вопросов (время на выполнение 10 минут) и расчётно-аналитическую задачу из перечня задач (время на выполнение 35 минут). Экзамен проводится в компьютерном классе с использованием виртуальной среды обучения LMS Moodle.

**5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД Порядок проведения зачетов и экзаменов.