

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 16.11.2023 13:20:12  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



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

**УТВЕРЖДАЮ**

Врио проректора по учебной  
и методической работе

\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский

«24» мая 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Общая химическая технология**

Направление подготовки

**20.03.01 Техносферная безопасность**

Направленности программы бакалавриата

**Обращение с отходами производства и потребления**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Заочная**

**Факультет химии веществ и материалов**

**Кафедра общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Общая химическая технология» обсуждена на заседании кафедры общей химической технологии и катализа  
протокол от «13» мая 2021 № 9  
Заведующий кафедрой

А.Ю.Постнов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета Химии веществ и материалов  
протокол от «20» мая 2021 №8

Председатель

С.Г.Изотова

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Техносферная безопасность»		Т.В.Украинцева
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.....	06
3. Объем дисциплины .....	06
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	08
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	08
4.3.2. Лабораторные занятия.....	09
4.4. Самостоятельная работа.....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	10
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	12
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	16
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	12
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	13

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>ПК-3</b> Способен разрабатывать проекты перспективного и текущего плана обеспечения экологической безопасности при реализации технологических процессов	<b>ПК-3.5</b> Управление технологическим процессом	<b>Знать:</b> основную терминологию химической технологии; сырьевую и энергетическую базу химической промышленности; типовые процессы химической технологии; параметры управления и показатели эффективности химико-технологического процесса. <b>Уметь:</b> определять области протекания химико-технологического процесса; рассчитывать термодинамические характеристики химико-технологического процесса; рассчитывать наблюдаемую скорость химико-технологического процесса в кинетической и диффузионной областях по различным кинетическим моделям <b>Владеть:</b> методами управления состоянием равновесия химико-технологических процессов, методами управления наблюдаемой скоростью химико-технологического процесса показателей процесса.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
	<p><b>ПК-3.6</b> Обоснование и выбор технологического оборудования для решения профессиональных задач</p>	<p><b>Знать:</b>          принципы построения математических моделей идеализированных реакторов;          знать методики составления материальных и энергетических балансов реактора и химико-технологической системы в целом;          современное состояние производства серной кислоты, аммиака и метанола.</p> <p><b>Уметь:</b>          рассчитывать необходимый объём идеализированного реактора;          рассчитывать материальные и энергетические балансы реактора и химико-технологической системы в целом;          рассчитывать технико-экономические характеристики промышленных агрегатов.</p> <p><b>Владеть:</b>          навыками определения рационального температурного режима работы идеализированного реактора;          навыками оптимизации структуры материальных и энергетических потоков по технико-экономическим критериям ;          навыками построения химико-технологических систем.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.03) и изучается на 2 курсе (сессия 2) и 3 курсе (сессия1).

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Общая и 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 «Системы управления химико-технологическим процессом», «Процессы и аппараты химической технологии», дисциплин части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, 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>18</b>
занятия лекционного типа	8
занятия семинарского типа, в т.ч.	10
семинары, практические занятия	4
лабораторные работы	6
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>117</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	3Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП , зачет, экзамен)	<b>Экзамен/9</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Сырьевая и энергетическая база химической промышленности	-	-		10	ПК-3	ПК 3.5
2.	Основные характеристики, показатели качества и параметры управления химико-технологических процессов	2	2		5	ПК-3	ПК 3.5
3	Молекулярно-кинетический уровень анализа протекания химических процессов	2	2	4	20	ПК-3	ПК 3.5
4	Модели идеализированных реакторов	2	-	2	20	ПК-3	ПК 3.6
5	Гетерогенные химико-технологические процессы	-	-	-	20	ПК-3	ПК 3.6
6	Важнейшие химические производства.	2	-		40	ПК-3	ПК 3.6

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	<p><u>Основные характеристики, показатели качества и параметры управления химико-технологических процессов</u></p> <p>Основные показатели и параметры протекания химико-технологических процессов (ХТП). Показатели качества протекания ХТП. Степень превращения. Выход продукта. Скорость ХТП. Избирательность. Удельные материальные, энергетические и эксплуатационные затраты. Взаимосвязь между показателями качества протекания ХТП и их роль в формировании экономических показателей производства. Параметры управления ХТП: температура, давление, состав реакционной смеси, продолжительность процесса, применение катализаторов и ингибиторов, тип и конструкция реактора.</p>	2	ЛВ
3	<p><u>Молекулярно-кинетический уровень анализа протекания химических процессов</u></p> <p>Основные задачи, решаемые на данном уровне анализа. Химическое равновесие. Управление состоянием равновесия на примере единичной химической реакции. 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.</p>	2	ЛВ
4	<p><u>Модели идеализированных реакторов</u></p> <p>Модели проточного реактора полного смешения (РПС) и реактора идеального вытеснения (РИВ) в изотермическом, адиабатическом и политермическом температурных режимах. Допущения, положенные в основу моделей. Уравнения математических моделей.</p>	2	ЛВ
6	<p><u>Важнейшие химические производства</u></p> <p>Производство синтез-газа из различного углеводородного сырья. Основные производства на основе синтез-газа.</p>	2	ЛВ

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1 Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Иновационная форма
		всего		
2	Расчёт материального и теплового баланса при проведении единичной реакции	2		ПТ
3	Расчёт области оптимальных температур экзотермического процесса	2		ПТ

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
3	Исследование влияния управляющих параметров на изменение равновесного состава реакционной смеси	2	1	
3	Исследование влияния управляющих параметров на наблюдаемую скорость ХТП	2	2	
4	Исследование влияния управляющих параметров на производительность изотермического реактора в режимах полного смешения и идеального вытеснения	2	2	

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Методы подготовки сырья в химической технологии.	5	Контрольная работа №1
2	Рекуперация энергетических ресурсов в химической технологии	5	Контрольная работа №1
2	Расчёт материального и теплового баланса для многомаршрутного процесса	5	Контрольная работа №1
3	Расчёт равновесного состава реакционной смеси с использованием современных термодинамических баз данных	10	Контрольная работа №2
3	Расчёт наблюдаемой скорости процесса с использованием уравнений реальной кинетики	10	Контрольная работа №2
4	Каскад реакторов полного смешения. Методики расчёта	6	Контрольная работа №3
4	Температурные режимы идеализированного реактора	6	Контрольная работа №3
4	Секционирование химического реактора	10	Экзамен
5	Гетерогенные процессы в системе «Газ-твёрдое» и «Жидкость-твёрдое»	10	Экзамен
5	Гетерогенные процессы в системе и «Жидкость-газ»	10	Экзамен
6	Паровая конверсия углеводородов	10	Контрольная работа №3, экзамен
6	Синтез аммиака	10	Контрольная работа №3, экзамен
6	Синтез метанола	10	Контрольная работа №3, экзамен
7	Контактное окисление диоксида серы	10	Контрольная работа №3, экзамен

## 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

1. Определение «Лимитирующая стадия процесса»
2. Как изменяется равновесная степень превращения ключевого компонента при увеличении давления для реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов?
3. Как изменяется скорость обратимой реакции по мере её протекания?
4. Как изменяется температура в реакторе при проведении эндотермической обратимой реакции в политермическом температурном режиме?
5. Какие катализаторы используются для процесса паровой конверсии природного газа?

Пример расчётно-аналитического задания на экзамене:

### Вариант № 1

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.

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

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные 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.

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
ПК-3	<b>Способен разрабатывать проекты перспективного и текущего плана обеспечения экологической безопасности при реализации технологических процессов</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>ПК-3.5</b> Описание основных сведений об объектах и процессах профессиональной деятельности посредством использования профессиональной терминологии	<b>Знает</b> основную терминологию химической технологии	Ответы на вопросы №3-10,23,24,50-55,72,78,85	Перечисляет наиболее употребляемые термины химической технологии	Раскрывает значение наиболее употребляемых терминов химической технологии	Устанавливает взаимосвязь основных понятий химической технологии
	<b>Знает</b> сырьевую и энергетическую базу химической промышленности	Ответы на вопросы №114,115,117,120, 126	Перечисляет основные сырьевые и энергетические ресурсы химической промышленности	Соотносит сырьевые и энергетические ресурсы с выпускаемой продукцией	Имеет представление о тенденциях в изменении сырьевой и энергетической базы химической промышленности
	<b>Знает</b> типовые процессы химической технологии	Ответы на вопросы №116-130	Перечисляет основные крупнотоннажные химико-технологические производства	Рассказывает об условиях реализации основных химико-технологических производств	Имеет представление о тенденциях в развитии основных крупнотоннажных химико-технологических производств
	<b>Знает</b> параметры управления и показатели эффективности химико-технологического процесса.	Ответы на вопросы №11,12,45,94,106	Перечисляет основные параметры управления и показатели эффективности химико-технологического процесса.	Записывает формулы расчёта показателей эффективности химико-технологического процесса.	Рассказывает о взаимосвязи параметров управления и показателей эффективности химико-технологического процесса.

	<b>Умеет</b> определять области протекания химико-технологического процесса	Ответы на вопросы №57-70	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>Умеет</b> рассчитывать термодинамические характеристики химико-технологического процесса	Ответы на вопросы №35-44,48,49,88-92	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>Умеет</b> рассчитывать наблюдаемую скорость химико-технологического процесса в кинетической и диффузионной областях по различным кинетическим моделям	Ответы на вопросы №71-87	Рассчитывает наблюдаемую скорость процесса, но допускает незначительные ошибки.	Без ошибок рассчитывает наблюдаемую скорость процесса. Показывает закономерности изменения кинетических характеристик химико-технологического процесса	Рассчитывает величину дифференциальной селективности при реализации многомаршрутного процесса. Демонстрирует способность выбора рациональных характеристик химико-технологического процесса
	<b>Владет</b> методами управления состоянием равновесия химико-технологических процессов	Ответы на вопросы №35-44	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>Владеет</b> методами управления наблюдаемой скоростью химико-технологического процесса показателей процесса	Ответы на вопросы №71-87,93-113	Анализирует влияние управляющих параметров на величину наблюдаемой скорости процесса, но допускает незначительные ошибки	Без ошибок анализирует влияние управляющих параметров на величину наблюдаемой скорости процесса	Анализирует влияние управляющих параметров на величину дифференциальной селективности при реализации многомаршрутного процесса
<b>ПК-3.6</b> Обоснование и выбор технологического оборудования для решения профессиональных задач	<b>Знает</b> принципы построения математических моделей идеализированных реакторов	Ответы на вопросы №25-34	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>Знает</b> знать методики составления материальных и энергетических балансов реактора и химико-технологической системы в целом	Ответы на вопросы №27-34	Формулирует законы, лежащие в основе составления материальных и энергетических балансов	Записывает формулы для расчёта материальных и энергетических потоков, состава смесей, производительности, расходных коэффициентов	<b>Знает</b> методики составления материальных и энергетических балансов реактора и химико-технологической системы в целом;
	<b>Знает</b> современное состояние производства серной кислоты, аммиака и метанола	Ответы на вопросы №117-130	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	Ответы на вопросы №27-34	Показывает закономерности изменения объёма идеализированного	Показывает закономерности изменения объёма идеализированного	Показывает закономерности изменения объёма идеализированного

			реактора в различных условиях при проведении необратимой модельной реакции	реактора в различных условиях при проведении обратимой модельной реакции	реактора в различных условиях при использовании реальных кинетических уравнений
<b>Умеет</b> рассчитывать материальные и энергетические балансы реактора и химико-технологической системы в целом	Ответы на вопросы №19-22	Рассчитывает материальные и энергетические потоки, но совершает незначительные ошибки	Составляет материальный и энергетический баланс реактора	<b>Умеет</b> рассчитывать материальные и энергетические балансы реактора и химико-технологической системы в целом ;	
<b>Умеет</b> рассчитывать технико-экономические характеристики промышленных агрегатов	Ответы на вопросы №131-134	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 определения рационального температурного режима работы идеализированного реактора	Ответы на вопросы №131-134	Рассчитывает объём идеализированного реактора в термодинамических приближениях	Уточняет габариты реактора с учётом законов реальной кинетики	Оптимизирует габариты реактора по технико-экономическим критериям	
<b>Владеет</b> навыками оптимизации структуры материальных и энергетических потоков по технико-экономическим критериям	Ответы на вопросы №131-134	Выполняет процедуру определения управляющих технологических параметров, обеспечивающих заданную производительность реактора	Выполняет процедуру определения рационального температурного режима работы реактора	<b>Владеет</b> навыками оптимизации структуры материальных и энергетических потоков по технико-экономическим критериям.	
<b>Владеет</b> навыками построения химико-технологических систем	Ответы на вопросы №117-130	Демонстрирует преимущества и недостатки химико-	Показывает способность построения химико-	Составляет схемы промышленных агрегатов	

			технологических систем различной архитектуры	технологических систем с применением модульного принципа	
--	--	--	--	--	--

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 ПК-3:

1. Закон сохранения массы вещества
2. Закон сохранения энергии
3. Определение «Практический расходный коэффициент».
4. Как рассчитать тепловой эффект реакции?
5. Как рассчитать удельный тепловой эффект реакции по компоненту?
6. Определение «Интенсивность работы реактора»
7. Определение «Интегральная селективность».
8. Определение «Выход продукта».
9. Определение «Теоретический расходный коэффициент».
10. Определение «Степень превращения вещества»
11. Микрокинетические управляющие параметры химико-технологического процесса
12. Макрокинетические управляющие параметры химико-технологического процесса
13. Как изменяется температура в реакторе при проведении экзотермической обратимой реакции в адиабатическом температурном режиме?
14. Как изменяется температура в реакторе при проведении эндотермической обратимой реакции в адиабатическом температурном режиме
15. Как изменяется температура в реакторе при проведении эндотермической обратимой реакции в политермическом температурном режиме
16. Как изменяется температура в реакторе при проведении эндотермической обратимой реакции в изотермическом температурном режиме
17. Как изменяется температура в реакторе при проведении экзотермической обратимой реакции в политермическом температурном режиме
18. Как изменяется температура в реакторе при проведении экзотермической обратимой реакции в изотермическом температурном режиме
19. Написать уравнение для расчёта мольной доли компонента, если известна начальная мольная доля компонента и степень превращения ключевого компонента
20. 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
21. Как рассчитать производительность по ключевому компоненту, если известно начальное количество ключевого компонента и его степень превращения
22. При известных значениях величин материальных и энергетических потоков определить необходимость изменения температурного режима работы реактора для обеспечения требуемого температурного диапазона его функционирования
23. Определение «Нестационарное состояние»
24. Определение «Стационарное состояние»
25. Основные положения идеализированной модели идеального вытеснения
26. Основные положения идеализированной модели полного смешения
27. Уравнение материального баланса реактора идеального вытеснения
28. Уравнение материального баланса реактора полного смешения
29. Уравнение теплового баланса реактора идеального вытеснения в изотермическом температурном режиме
30. Уравнение теплового баланса реактора полного смешения в изотермическом температурном режиме
31. Уравнение теплового баланса реактора идеального вытеснения в адиабатическом температурном режиме

32. Уравнение теплового баланса реактора полного смешения в адиабатическом температурном режиме
33. Уравнение теплового баланса реактора идеального вытеснения в политермическом температурном режиме
34. Уравнение теплового баланса реактора полного смешения в политермическом температурном режиме
35. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей с уменьшением объёма газообразных реагентов
36. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов
37. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей без изменения объёма газообразных реагентов
38. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для эндотермической обратимой реакции, идущей с уменьшением объёма газообразных реагентов
39. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для эндотермической обратимой реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов
40. Как изменяется равновесная температура при увеличении давления для эндотермической обратимой реакции, идущей без изменения объёма газообразных реагентов
41. Как изменяется равновесная температура по мере протекания экзотермической обратимой реакции?
42. Как изменяется термодинамическая константа равновесия при увеличении температуры для экзотермической реакции?
43. Как изменяется термодинамическая константа равновесия при увеличении температуры для эндотермической реакции?
44. Как рассчитать величину равновесной температуры?
45. От каких управляющих параметров зависит термодинамическая константа равновесия
46. Уравнение закона Гесса
47. Уравнение изобары Вант-Гоффа
48. Используя известные термодинамические характеристики реакции рассчитать величину термодинамической константы равновесия для заданной температуры
49. Рассчитать равновесный состав реакционной смеси при известных значениях температуры, давления и исходного состава реакционной смеси
50. Определение «Энергия активации».
51. Определение «Лимитирующая стадия процесса»
52. Определение «Катализатор».
53. Определение «Скорость химической реакции».
54. Физический смысл предэкспоненциального множителя в уравнении Аррениуса
55. Уравнение Аррениуса
56. Уравнение первого закона Фика.
57. Как зависит скорость процесса от температуры в кинетической области?
58. Как зависит скорость процесса от температуры в переходной области?
59. Как зависит скорость процесса от температуры в диффузионной области?
60. Как влияет размер обрабатываемого твёрдого материала на скорость гетерогенного процесса в кинетической области?

61. Как влияет размер обрабатываемого твёрдого материала на скорость гетерогенного процесса во внешнедиффузионной области?
62. Как влияет размер обрабатываемого твёрдого материала на скорость гетерогенного процесса во внутريدиффузионной области?
63. Области протекания процесса в системе «газ-твёрдое»
64. Области протекания процесса в системе «газ-жидкость»
65. Области протекания процесса в системе «жидкость-твёрдое»
66. Области протекания гетерогенно-каталитического процесса
67. По известной зависимости скорости химико-технологического процесса от температуры определить область протекания химико-технологического процесса
68. По характеру изменения скорости химико-технологического процесса от размера гранул катализатора определить область протекания химико-технологического процесса
69. По характеру изменения скорости химико-технологического процесса от расхода реакционной определить область протекания химико-технологического процесса
70. Для известного процесса предложить технологические приёмы, обеспечивающие приближение к кинетической области для процессов, протекающих в диффузионной области
71. Как изменяется оптимальная температура по мере протекания обратимой экзотермической обратимой реакции?
72. Определение «Оптимальная температура процесса»
73. Как изменяется скорость обратимой реакции по мере её протекания?
74. Как изменяется оптимальная температура по мере протекания обратимой экзотермической обратимой реакции
75. Как изменяется оптимальная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей с уменьшением объёма газообразных реагентов
76. Как изменяется оптимальная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов
77. Как изменяется оптимальная температура при увеличении давления для экзотермической обратимой реакции, идущей без изменения объёма газообразных реагентов
78. Определение «Дифференциальная селективность».
79. Как изменяется скорость необратимой бимолекулярной реакции второго порядка при увеличении начальной мольной доли ключевого компонента
80. Как изменяется скорость необратимой мономолекулярной реакции первого порядка при увеличении начальной мольной доли исходного реагента
81. Как изменяется скорость обратимой реакции по мере её протекания
82. Как изменяется скорость необратимой реакции по мере её протекания
83. Уравнение скорости необратимой реакции
84. Как рассчитать величину оптимальной температуры процесса?
85. Определение «Дифференциальная селективность».
86. По известным экспериментальным данным определить энергию активации, предэкспоненциальный множитель и порядок реакции
87. По результатам анализа кинетических характеристик предложить перечень управляющих параметров процесса, обеспечивающих достижение заданных показателей эффективности его протекания
88. Влияние температуры на равновесие эндотермической обратимой реакции
89. Влияние температуры на равновесие экзотермической обратимой реакции
90. Влияние давления на равновесие обратимой реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов

91. Влияние давления на равновесие обратимой реакции, идущей с уменьшением объёма газообразных реагентов
92. Влияние давления на равновесие обратимой реакции, идущей без изменения объёма газообразных реагентов
93. 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.
94. Параметры управления химико-технологическим процессом, определяющие величину скорости в кинетической области
95. Влияние температуры на скорость обратимой экзотермической реакции.
96. Влияние температуры на скорость необратимой экзотермической реакции
97. Влияние температуры на скорость необратимой эндотермической реакции
98. Влияние температуры на скорость обратимой эндотермической реакции.
99. Влияние давления на скорость обратимой реакции, идущей с увеличением объёма газообразных реагентов
100. Влияние давления на скорость обратимой реакции, идущей с уменьшением объёма газообразных реагентов
101. Влияние температуры на величину дифференциальной селективности при проведении параллельных реакций
102. Влияние мольной доли ключевого компонента на величину дифференциальной селективности при проведении параллельных реакций
103. Влияние давления на скорость обратимой реакции, идущей без изменения объёма газообразных реагентов
104. Рассчитать наблюдаемую скорость химико-технологического процесса по известному кинетическому уравнению при фиксированном значении управляющих параметров
105. Предложить и расчетным путём подтвердить рациональный диапазон изменения температуры, в котором обеспечивается необходимое увеличение скорости процесса
106. Параметры управления химико-технологическим процессом, определяющие величину скорости в диффузионной области
107. Какое значение имеет порядок реакции по компоненту в диффузионной области?
108. Как перевести процесс из внешнедиффузионной области в кинетическую?
109. Как перевести процесс из внутридиффузионной области в кинетическую?
110. Для известного гетерогенного процесса в системе «газ-твёрдое» рассчитать значение скорости процесса, протекающего в диффузионной области
111. Предложить и расчетным путём подтвердить рациональный диапазон изменения расхода газа и размера обрабатываемых твёрдых частиц, в котором обеспечивается необходимое увеличение скорости процесса
112. Для известного химико-технологического процесса рассчитать необходимый объём идеализированного реактора
113. Для известного химико-технологического процесса установить рациональный температурный режим работы реактора
114. Сырьевая база химической промышленности.
115. Энергетическая база химической промышленности
116. Стадии производства серной кислоты контактным способом
117. Сырьё для производства серной кислоты
118. Технологические параметры контактного окисления диоксида серы
119. Катализаторы окисления диоксида серы
120. Сырьё для производства аммиака
121. Стадии производства аммиака
122. Технологические параметры конверсии природного газа в производстве аммиака
123. Технологические параметры конверсии CO

124. Технологические параметры синтеза аммиака
125. Катализаторы синтеза аммиака
126. Сырьё для производства метанола
127. Стадии производства метанола
128. Технологические параметры конверсии природного газа в производстве метанола
129. Технологические параметры синтеза метанола
130. Катализаторы синтеза метанола
131. При известных показателях функционирования рассчитать приведённую себестоимость продукции
132. Для известного химико-технологического процесса показать преимущество секционирования рабочей зоны с промежуточным теплообменом
133. Для известного химико-технологического процесса показать преимущество секционирования рабочей зоны с промежуточным вводом байпаса
134. Для известного химико-технологического процесса показать преимущество применения циклической схемы производства

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.

#### 4 Типовые задания контрольных работ (ПК-1)

В процессе изучения курса «Общая химическая технология» студенты выполняют 3 контрольные работы, которые включают ответы на теоретические вопросы и выполнение расчетных заданий. Каждая работа является формой методической помощи студентам при изучении курса и выполняется индивидуально. Определение номера варианта контрольной работы следует проводить согласно данным, представленным в таблице 1. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, не засчитывается.

Таблица 1 – Выбор варианта задания контрольной работы

Две последние цифры шифра студенческого билета.	Номер варианта контрольной работы
01,26,51,76	1
02,27,52,77	2
03,28,53,78	3
04,29,54,79	4
05,30,55,80	5
06,31,56,81	6
07,32,57,82	7
08,33,58,83	8
09,34,59,84	9
10,35,60,85	10
1136,61,86	11

12,37,62,87	12
13,38,63,88	13
14,39,64,89	14
15,40,65,90	15
16,41,66,91	16
17,42,67,92	17
18,43,68,93	18
19,44,69,94	18
20,45,70,95	20
21,46,71,96	21
22,47,72,97	22
23,48,73,98	23
24,49,74,99	24
25,50,75,00	25

Примерные задания для выполнения контрольных работ:

#### Контрольная работа №1.

1. Рассчитайте состав воздуха в массовых процентах, условно принимая, что в нем 21об% кислорода, остальное – азот.

2. Рассчитать материальный баланс реактора синтеза аммиака. Объемный расход конечной смеси  $60000 \text{ м}^3/\text{ч}$ . В исходной смеси объемная доля аммиака составляет **0,02**. Концентрации компонентов в конечной смеси (объемные доли): водород **0,48**; азот **0,16**; аммиак **0,17**; остальное метан. Дополнительно рассчитать степень превращения азота.

Рассчитать количество теплоты, которое необходимо отвести из реактора, чтобы температура на выходе составляла  $500^\circ\text{C}$ . Температура входной смеси  $450^\circ\text{C}$ , потери тепла в окружающую среду составляют 1% от теплоты, поступающей с потоком исходных веществ.

3. Рассчитать материальный баланс реактора окисления оксида серы (4). Степень превращения диоксида серы **0,9**. Производительность  $12000 \text{ м}^3/\text{ч}$  оксида серы (6). Концентрации компонентов в исходной смеси (объемные доли): оксид серы (4) **0,13**; кислород **0,07**; оксид серы (6) **0,01**; остальное азот. Дополнительно рассчитать фактические расходные коэффициенты по сырью.

Рассчитать температуру смеси на выходе из реактора, если температура входной смеси  $420^\circ\text{C}$ , потери тепла в окружающую среду составляют 3% от теплоты, поступающей с потоком исходных веществ, а с помощью теплообменных устройств отводят 40% теплоты химической реакции.

#### Контрольная работа №2.

1. Проанализируйте на основании принципа Ле-Шателье влияние давления на смещение равновесия реакции  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} (\text{г})$

2. HI получают по реакции:  $\text{H}_2 + \text{I}_{2(\text{газ.})} \leftrightarrow 2\text{HI}_{(\text{газ.})}$ .

Концентрации водорода, газообразного йода и йодистого водорода в исходной смеси равны, соответственно (моль.доли): а)  $Z_{\text{N}_{\text{I}_2}}=0.30$ ,  $Z_{\text{N}_{\text{H}_2}}=0.45$ , остальное – азот; б)  $Z_{\text{N}_{\text{I}_2}}=0.30$ ,  $Z_{\text{N}_{\text{H}_2}}=0.45$ ,  $Z_{\text{N}_{\text{HI}}}=0.05$ , остальное – азот.

Дана зависимость константы равновесия от температуры:

$$\lg K_p = 302.4/T - 1.448 \cdot \lg(T) + 0.21 \cdot 10^{-3} \cdot T + 0.054 \cdot 10^5/T^2 + 5.29.$$

А) Рассчитать равновесную степень превращения йода (ХЕ) и равновесный состав ( $Z_{E_i}$ ) при  $T=600 \text{ К}$  и  $P=1 \text{ ат}$ .

Б) Рассчитать равновесную степень превращения йода (ХЕ) и равновесный состав (ZЕ<sub>i</sub>) при T=1000 К и P=1 ат.

В) Рассчитать равновесную степень превращения йода (ХЕ) и равновесный состав (ZЕ<sub>i</sub>) при T=600 К и P=5 ат.

Г) Рассчитать равновесную степень превращения йода (ХЕ) и равновесный состав (ZЕ<sub>i</sub>) при T=1000 К и P=5 ат.

3. Конверсия монооксида углерода водяным паром.

Кинетическое уравнение:

$$U = k_+ \cdot P \cdot (Z_{CO} - Z_{CO_2} \cdot Z_{H_2} / (Z_{H_2O} \cdot K_p)) \quad (\text{моль CO} / \text{м}^3 \cdot \text{с})$$

Зависимость константы скорости прямой реакции от температуры:

$$K_+ = (9000/22,4) \cdot \exp((40000/8,31) \cdot (1/498 - 1/T))$$

Зависимость константы равновесия от температуры:

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

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

А) Построить зависимость скорости реакции от температуры при давлении 0,1 МПа и степени превращения монооксида углерода 0,5.

Б) Построить зависимость скорости реакции от температуры при давлении 1 МПа и степени превращения монооксида углерода 0,5.

В) Построить зависимость скорости реакции от температуры при давлении 0,1 МПа и степени превращения монооксида углерода 0,6.

### Контрольная работа №3.

1. Дайте определение катализа?

2. Конверсию монооксида углерода водяным паром проводят в адиабатическом реакторе полного смешения.

Кинетическое уравнение:

$$U = k_+ \cdot P \cdot (Z_{CO} - Z_{CO_2} \cdot Z_{H_2} / (Z_{H_2O} \cdot K_p)) \quad (\text{моль CO} / \text{м}^3 \cdot \text{с})$$

Зависимость константы скорости прямой реакции от температуры:

$$K_+ = (9000/22,4) \cdot \exp((40000/8,31) \cdot (1/498 - 1/T))$$

Зависимость константы равновесия от температуры:

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

Рассчитать объём реактора, необходимого для достижения степени превращения монооксида углерода X<sub>CO</sub>=0,7 и производительность по водороду, если исходный состав (мольные доли): монооксид углерода 0,15, водяной пар 0,5, водород 0,1, диоксид углерода 0,05, остальное – азот; расход смеси 10000 м<sup>3</sup>/ч, температура смеси на входе в реактор 700 К, давление 0,1 МПа.

3. Как получают исходное сырьё: азот и водород, для синтеза аммиака?

### 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.