

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 27.06.2023 14:33:30  
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  
**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы бакалавриата  
**Все направленности**

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
Доцент		доцент Черемисина О.А.

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 «Химическая технология»		М.В.Рутто
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.....	07
3. Объем дисциплины .....	07
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	08
4.2. Занятия лекционного типа.....	09
4.3. Занятия семинарского типа.....	10
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	10
4.3.2. Лабораторные занятия.....	10
4.4. Самостоятельная работа.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	14
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	14
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины .....	16
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	16
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	17
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	17
10.2. Программное обеспечение.....	17
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	17
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	17
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	18

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)
<p><b>ОПК-4</b> Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p><b>ОПК-4.10</b> Анализ термодинамических характеристик химико-технологического процесса</p>	<p><b>Знать:</b> Основные термодинамические характеристики химико-технологического процесса; <b>Уметь:</b> рассчитывать термодинамическую константу равновесия; <b>Владеть:</b> навыками расчёта равновесного состава реакционной смеси.</p>
	<p><b>ОПК-4.11</b> Управление термодинамическими характеристиками химико-технологического процесса</p>	<p><b>Знать:</b> Перечень управляющих параметров химико-технологического процесса, влияющих на величину термодинамических характеристик; <b>Уметь:</b> Изменять значения термодинамических характеристик в требуемом направлении; <b>Владеть:</b> Навыками определения и обоснования диапазона управляющих параметров, обеспечивающих заданные показатели эффективности химико-технологического процесса.</p>
	<p><b>ОПК-4.12</b> Определение области протекания химико-технологического процесса</p>	<p><b>Знать:</b> Критерии определения области протекания химико-технологического процесса; <b>Уметь:</b> Идентифицировать область протекания химико-технологического процесса; <b>Владеть:</b> Навыками изменения области протекания химико-технологического процесса.</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
	<p><b>ОПК-4.13</b> Анализ кинетических характеристик химико-технологического процесса</p>	<p><b>Знать:</b> Перечень переменных кинетических характеристик химико-технологического процесса; <b>Уметь:</b> Определять значения кинетических характеристик по результатам эксперимента; <b>Владеть:</b> Навыками анализа кинетических характеристик химико-технологического процесса.</p>
	<p><b>ОПК-4.14</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; <b>Уметь:</b> Рассчитывать скорость процесса в кинетической области; <b>Владеть:</b> Навыками управления скоростью процесса в кинетической области.</p>
	<p><b>ОПК-4.15</b> Управление скоростью процесса в диффузионной области</p>	<p><b>Знать:</b> Перечень управляющих параметров химико-технологического процесса, влияющих на величину наблюдаемой скорости процесса в диффузионной области; <b>Уметь:</b> Рассчитывать скорость процесса в диффузионной области; <b>Владеть:</b> Навыками управления скоростью процесса в диффузионной области.</p>
	<p><b>ОПК-4.16</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; <b>Уметь:</b> Рассчитывать материальные и энергетические балансы</p>

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
		<p>реактора и химико-технологической системы в целом;  <b>Владеть:</b>            Навыками оптимизации структуры материальных и энергетических потоков по технико-экономическим критериям.</p>
	<p><b>ОПК-4.17</b>            Моделирование химико-технологического процесса в идеализированных реакторах</p>	<p><b>Знать:</b>            Принципы построения математических моделей идеализированных реакторов;  <b>Уметь:</b>            Рассчитывать необходимый объём идеализированного реактора;  <b>Владеть:</b>            Навыками определения рационального температурного режима работы идеализированного реактора.</p>
	<p><b>ОПК-4.18</b>            Важнейшие химические производства</p>	<p><b>Знать:</b>            Современное состояние производства серной кислоты, аммиака и метанола;  <b>Уметь:</b>            Рассчитывать технико-экономические характеристики промышленных агрегатов;  <b>Владеть:</b>            Навыками построения химико-технологических систем.</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам обязательной части (Б1.О.12) и изучается на 2 курсе (летняя сессия) и на 3 курсе (зимняя сессия).

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Математика», «Введение в химическую технологию и основы научных исследований» и «Информатика». Полученные в процессе изучения дисциплины «Общая химическая технология» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Процессы и аппараты химической технологии», «Системный анализ химических технологий», «Системы управления химико-технологическими процессами», 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>8/ 288</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>28</b>
занятия лекционного типа	8
занятия семинарского типа, в т.ч.	18
семинары, практические занятия	8
лабораторные работы	10
курсовое проектирование (КР или КП)	2
КСР	-
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>247</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	<b>3 Кр</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП , зачет, экзамен)	<b>Экзамен/9, КР, зачёт/4</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	-	-	-	11	ОПК-4	ОПК 4.18
2.	Основные характеристики, показатели качества и параметры управления химико-технологических процессов	2	-	-	10	ОПК-4	ОПК 4.16
3	Материальные и тепловые расчёты	-	8		20	ОПК-4	ОПК 4.16
4.	Равновесие химико-технологических процессов	2	-	2	30	ОПК-4	ОПК 4.10 ОПК 4.11
5.	Скорость химико-технологических процессов	2	-	2	30	ОПК-4	ОПК 4.12 ОПК 4.13 ОПК 4.14
6	Модели идеализированных реакторов	2	-	6	30	ОПК-4	ОПК 4.16 ОПК 4.17
7	Гетерогенные процессы химической технологии	-	-	-	30	ОПК-4	ОПК 4.15
8	Гетерогенный и гомогенный катализ в химической технологии	-	-	-	30	ОПК-4	ОПК 4.18
9	Важнейшие химические производства.	-	-	-	50	ОПК-4	ОПК 4.18
10	Экологические аспекты химической технологии	-	-	-	10	ОПК-4	ОПК 4.18



#### 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.</p>	2	ЛВ
4	<p><u>Равновесие химико-технологических процессов</u></p> <p>Химическое равновесие. Связь термодинамической константы равновесия и изменения изобарно-изотермического потенциала. Принцип Ле-Шателье-Брауна. Управление состоянием равновесия на примере единичной химической реакции. Предварительная оценка технически и экономически обоснованных диапазонов изменения микрокинетических параметров при осуществлении ХТП.</p>	2	ЛВ
5	<p><u>Скорость химико-технологических процессов</u></p> <p>Понятие о лимитирующей стадии ХТП. Методы и технология определения лимитирующей стадии процесса Скорость химической реакции. Управление скоростью необратимой реакции. Управление скоростью обратимой реакции с использованием закономерностей формальной кинетики.</p>	2	ЛВ
6	<p><u>Модели идеализированных реакторов</u></p> <p>Уравнение материального баланса химического реактора. Уравнение теплового баланса химического реактора. Модели проточного реактора полного смешения и реактора идеального вытеснения в изотермическом, адиабатическом и политермическом температурных режимах. Допущения, положенные в основу моделей. Решение задач проектирования и моделирования.</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	Инновационная форма
3	Расчёт материальных и тепловых балансов химического реактора с различными температурными режимами при проведении единичных и сопряжённых реакций	8	ПТ, Технологическая игра

#### 4.3.2. Лабораторные занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	Исследование влияния управляющих параметров на изменение равновесного состава реакционной смеси при проведении единичной реакции	2	КтСм
5	Исследование влияния управляющих параметров на наблюдаемую скорость с использованием законов формальной кинетики	2	КтСм
6	Исследование влияния температуры на входе в реактор на производительность адиабатического реактора в режимах полного смешения и идеального вытеснения	6	КтСм

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<p><u>Сырьевая и энергетическая база химической промышленности</u></p> <p>Классификация и характеристики сырья и вспомогательных материалов. Вода и воздух в балансе сырья. Требования к их качеству. Природные источники сырья и их ресурсы в РФ. Вторичные сырьевые ресурсы. Принципы обогащения сырья. Комплексное использование сырья и принципы создания малоотходных производств. Многовариантность химических схем производства продукта с использованием различных видов сырья. Энергетика химической промышленности. Возобновляемые и невозобновляемые источники энергии.</p>	11	Контрольная работа №1
2	<p><u>Основные характеристики, показатели качества и параметры управления химико-технологических процессов</u></p> <p>Параметры управления и физико-механические характеристики ХТП: температура, давление, концентрация реагентов, продолжительность взаимодействия, применение катализаторов и ингибиторов, тип и конструкция реактора.</p>	10	Контрольная работа №1
3	<p><u>Материальные и тепловые расчёты</u></p> <p>Материальные и тепловые балансы как основа для оценки затрат на сырье, топливо и электроэнергию при производстве химических продуктов. Принципы составления материальных и энергетических балансов химического реактора и ХТП в целом. Составление материальных и энергетических балансов реакторов при проведении единичной и сопряжённых реакций.</p>	20	Контрольная работа №1
4	<p><u>Равновесие химико-технологических процессов</u></p> <p>Управление состоянием равновесия на примере единичной химической реакции. Управление состоянием равновесия сопряжённых реакций. Предварительная оценка технически и экономически обоснованных диапазонов изменения микрокинетических параметров при осуществлении ХТП для обеспечения заданных показателей функционирования производства. Расчёты равновесного состава реакционной смеси с применением современных программных продуктов. Анализ полученных результатов. Выдача рекомендаций</p>	30	Контрольная работа №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
5	<p><u>Скорость химико-технологических процессов</u></p> <p>Влияние температуры, давления и состава реакционной смеси на скорость обратимой реакции. Закономерности реальной кинетики. Управление скоростью химической реакции с учётом закономерностей реальной кинетики. Оптимизация параметров оперативного и стратегического управления скоростью химической реакции. Понятие дифференциальной селективности. Методы управления дифференциальной селективностью. Влияние температуры, давления и состава реакционной среды на изменение скорости сопряжённых реакций. Расчёты наблюдаемой скорости процесса с применением современных программных продуктов. Анализ полученных результатов. Выдача рекомендаций</p>	30	Контрольная работа №2
6	<p><u>Модели идеализированных реакторов</u></p> <p>Температурная устойчивость реактора. Технико-экономическое обоснование выбора модели реактора. Условия применения моделей. Модель реактора полного смешения периодического действия. Постановка задачи оптимизации режимов работы реактора. Критерии оптимальности. Практическая значимость результатов оптимизации. Оптимальный температурный режим и способы его осуществления в промышленном реакторе. Методы приближения к оптимальному температурному режиму в единичном реакторе. Секционирование реакционных зон. Многосекционные реакторы идеального вытеснения с промежуточным теплообменом. Управление температурным режимом многосекционного реактора идеального вытеснения с использованием байпасных потоков. Каскад реакторов полного смешения. Методики расчёта количества реакторов и конечного состава реакционной смеси.</p>	30	Контрольная работа №2

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
7	<p><u>Гетерогенные процессы химической технологии</u></p> <p>Основные стадии протекания ХТП. Понятия о лимитирующих стадиях. Внешнедиффузионная область протекания гетерогенного процесса. Влияние параметров на его скорость. Основные уравнения скорости процесса в этой области и их анализ. Внутридиффузионная область протекания гетерогенного процесса. Виды внутренней диффузии. Влияние параметров процесса на его скорость. Основные уравнения скорости процесса в этой области и их анализ. Кинетическая область протекания гетерогенного процесса. Влияние параметров процесса на его скорость. Основные уравнения скорости процесса в этой области и их анализ. Общие способы увеличения скорости гетерогенного процесса. Гетерогенные процессы в системах «Газ-твёрдое», «Газ-жидкость» и «Жидкость –твёрдое».</p>	30	Контрольная работа №3
8	<p><u>Гетерогенный и гомогенный катализ в химической технологии</u></p> <p>Гомогенный катализ в системе «Жидкость – жидкость», ее отличие от других видов катализа, промежуточные соединения в жидкофазных реакциях, кинетика жидкофазных реакций. Виды и типы реакций. Гетерогенный катализ. Его место в современном химическом производстве. Современные тенденции в развитии катализа и каталитических процессов. Основные характеристики твёрдых катализаторов.</p>	30	Контрольная работа №3
9	<p><u>Важнейшие химические производства</u></p> <p>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>	50	Контрольная работа №3

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
10	Экологические аспекты химической технологии Очистка промышленных газовых выбросов и жидких стоков; традиционные и современные передовые технологии: транспорт; водородная, атомная и теплоэнергетики; химическое, нефтехимическое и нефтеперерабатывающее производства.	10	Контрольная работа №3

### 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, зачёта и защиты курсовой работы.

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».

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и, вопрос, направленный на проверку умений и навыков.

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу – до 30 мин.

Пример вариант вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. Физико-химические основы процесса паровой конверсии природного газа
2. Методы защиты атмосферы от оксидов азота.

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

## 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. Харлампиدي. - 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. Харлампиدي. - 2-е изд., перераб. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 448 с. (ЭБС «Лань»)
6. Постнов А.Ю. 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. (ЭБ)
7. Ковалев, В. Н. Гетерогенные процессы химической технологии : Скорость химической реакции. Кинетические уравнения. Эмпирические корреляции, формальные модели: Учебное пособие / В. Н. Ковалев, А. Ю. Постнов. - СПб. : [б. и.], 1997. - 35 с.
8. Материальные и тепловые расчеты в химической технологии : Учебное пособие / А. Ю. Постнов, О. А. Черемисина, Ю. В. Александрова, С. А. Лаврищева ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра общей химической технологии и катализа. - Санкт-Петербург : СПбГТИ(ТУ), 2020. - 30 с. : ил. - // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 16.10.2020).
9. Управление химико-технологическим процессом. Расчеты термодинамических и кинетических показателей : Учебное пособие / А. Ю. Постнов, О. А. Черемисина, С. А. Лаврищева, Ю. В. Александрова ; Минобрнауки России, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра общей химической технологии и катализа. - Санкт-Петербург :СПбГТИ(ТУ), 2020. - 42 с. : ил. - // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 16.10.2020)

## 8. Перечень электронных образовательных ресурсов, 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.

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

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

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 УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, 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-4	<b>Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</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-4.10</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, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	Рассчитывает термодинамическую константу равновесия по известным полиномиальным уравнениям	Составляет уравнение для расчёта термодинамической константы равновесия	Выбирает корректное уравнение для расчёта термодинамической константы равновесия
	<b>Владеет</b> навыками расчёта равновесного состава реакционной смеси (Н-1).	Ответы на вопрос №15 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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-4.11</b> Управление термодинамическими характеристиками химико-технологического процесса	<b>Знает</b> перечень управляющих параметров химико-технологического процесса, влияющих на величину термодинамических характеристик (ЗН-2);	Ответы на вопросы №54-55 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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-2);	Ответы на вопросы №56-60 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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>Владет</b> навыками определения и обоснования диапазона управляющих параметров, обеспечивающих заданные показатели эффективности химико-технологического процесса (Н-2).	Ответы на вопрос №61 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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-4.12</b> Определение области протекания химико-технологического процесса	<b>Знает</b> критерии определения области протекания химико-технологического процесса (ЗН-3);	Ответы на вопросы №16-32 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	Перечисляет перечень управляющих параметров, позволяющих идентифицировать область протекания химико-технологического процесса	Правильно выбирает методологию определения области протекания химико-технологического процесса	Приводит примеры реализации процессов в различных областях протекания
	<b>Умеет</b> идентифицировать область протекания химико-технологического процесса (У-3);	Ответы на вопросы №33-35 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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>Владет</b> навыками изменения области протекания химико-технологического процесса (Н-3).	Ответы на вопрос №36 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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-4.13</b> Анализ кинетических характеристик химико-технологического процесса	<b>Знает</b> перечень переменных кинетических характеристик химико-технологического процесса (ЗН-4);	Ответы на вопросы №37-51 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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-4);	Ответы на вопрос №52 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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>Владет</b> навыками анализа кинетических характеристик химико-технологического процесса (Н-4).	Ответы на вопрос №53 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	Правильно выбирает критерии анализа кинетических характеристик химико-технологического процесса	Показывает закономерности изменения кинетических характеристик химико-технологического процесса	Демонстрирует способность выбора рациональных характеристик химико-технологического процесса

<b>ОПК-4.14</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 №54-55 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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 №62-72 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	Рассчитывает наблюдаемую скорость процесса в кинетической области, но допускает незначительные ошибки	Без ошибок рассчитывает наблюдаемую скорость процесса в кинетической области	Рассчитывает величину дифференциальной селективности при реализации многомаршрутного процесса
	<b>Владеет</b> навыками управления скоростью процесса в кинетической области (Н-5).	Ответы на вопрос №73 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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-4.15</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);	Ответы на вопросы №74-77 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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);	Ответы на вопрос №78 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5,	Рассчитывает наблюдаемую скорость процесса в диффузионной	Без ошибок рассчитывает наблюдаемую скорость процесса в	Рассчитывает величину времени полной обработки материала в гетерогенном процессе



		выполнение курсовой работы	области, но допускает незначительные ошибки	диффузионной области	
	<b>Владеет</b> навыками управления скоростью процесса в диффузионной области (Н-6).	Ответы на вопрос №79 к экзамену, вопросы к зачёту №1-5, выполнение курсовой работы	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 диффузионной области	Анализирует влияние управляющих параметров на величину дифференциальной селективности при реализации многомаршрутного процесса
<b>ОПК-4.16</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);	Ответы на вопросы №80-95 к экзамену, вопросы к зачёту №1-32, выполнение курсовой работы	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);	Ответы на вопросы №96-98 к экзамену, вопросы к зачёту №1-32, выполнение курсовой работы	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).	Ответы на вопрос №99 к экзамену, вопросы к зачёту №1-32, выполнение курсовой работы	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>ОПК-4.17</b> Моделирование химико-технологического процесса идеализированных реакторов	<b>В</b> <b>Знает</b> принципы построения математических моделей идеализированных реакторов (ЗН-8);	Ответы на вопросы №100-111 к экзамену, вопросы к зачёту №6-16, выполнение курсовой работы	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);	Ответы на вопрос №112 к экзамену, вопросы к зачёту №6-16, выполнение курсовой работы	Показывает закономерности изменения объёма идеализированного реактора в различных условиях при проведении необратимой модельной реакции	Показывает закономерности изменения объёма идеализированного реактора в различных условиях при проведении обратимой модельной реакции	Показывает закономерности изменения объёма идеализированного реактора в различных условиях при использовании реальных кинетических уравнений
	<b>Владеет</b> навыками определения рационального температурного режима работы идеализированного реактора (Н-8).	Ответы на вопрос №113 к экзамену, вопросы к зачёту №6-16, выполнение курсовой работы	Рассчитывает объём идеализированного реактора	Выбирает рациональный температурный диапазон работы реактора по результатам расчёта	Рассчитывает объём многосекционного идеализированного реактора
<b>ОПК-4.18</b> Важнейшие химические производства	<b>Знает</b> современное состояние производства серной кислоты, аммиака и метанола (ЗН-9);	Ответы на вопросы №114-128 к экзамену, вопросы к зачёту №22-32, выполнение курсовой работы	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);	Ответы на вопрос №129 к экзамену, вопросы к зачёту №22-32, выполнение курсовой работы	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	Ответы на	Демонстрирует	Показывает	Составляет схемы

	химико-технологических систем (Н-9).	вопросы №130-132 к экзамену, вопросы к зачёту №22-32, выполнение курсовой работы	преимущества и недостатки химико-технологических систем различной архитектуры	способность построения химико-технологических систем с применением модульного принципа	промышленных агрегатов
--	--------------------------------------	--	---	--	------------------------

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме защиты курсовой работы, экзамена и зачёта, шкала оценивания – балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»), в форме зачёта, шкала оценивания «зачёт» и «незачёт».

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

#### **3.1. Типовые контрольные вопросы к экзамену:**

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

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 внутريدиффузионной 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
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
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
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

### **3.2. Типовые контрольные вопросы к зачёту:**

#### **а) Вопросы и для оценки сформированности элементов компетенции ОПК-4:**

1. Физико-химические основы процесса паровой конверсии природного газа.
2. Физико-химические основы процесса паровой конверсии СО.
3. Физико-химические основы процесса синтеза метанола.
4. Физико-химические основы процесса синтеза аммиака.
5. Физико-химические основы процесса контактного окисления диоксида серы
6. Оптимизация работы реактора по технологическим критериям.
7. Оптимизация работы реактора по экономическим критериям
8. Проточный реактор полного смешения в изотермическом температурном режиме. Влияние температуры на производительность по целевому продукту.
9. Проточный реактор полного смешения в адиабатическом температурном режиме. Влияние температуры на производительность по целевому продукту.
10. Реактор идеального вытеснения в изотермическом температурном режиме. Влияние температуры на производительность по целевому продукту.
11. Реактор идеального вытеснения в адиабатическом температурном режиме. Влияние температуры на производительность по целевому продукту.
12. Энерготехнологическое комбинирование в химической промышленности.
13. Температурная устойчивость химического реактора.
14. Множественность стационарных состояний.
15. Нестационарные режимы работы проточного реактора.
- 16.. Динамические режимы проведения ХТП
17. Водоподготовка в химической промышленности.
18. Методы защиты атмосферы от оксидов азота
19. Методы защиты атмосферы от оксидов серы
20. Утилизация твёрдых отходов химических производств.
21. Оптимизация работы реактора по экологическим критериям.
22. ХТС синтеза метанола.
23. ХТС синтеза аммиака.
24. Контактное окисление диоксида серы.
25. Производство серной кислоты.
26. Окисление аммиака.
27. Производство водорода.
28. Конверсия природного газа
29. Производство синтез-газа из различного углеводородного сырья.
30. ХТП первичной переработки нефти.
31. Деструктивные процессы переработки нефти.
32. Термический и каталитический крекинг нефтепродуктов

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. 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.

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

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



### 3.3. Темы курсовых работ (ОПК-4):

1. Техничко-экономическое обоснование выбора температурного режима работы идеального вытеснения при проведении процесса (указывается наименование процесса)
2. Техничко-экономическое обоснование выбора значений управляющих параметров проведения процесса (указывается наименование процесса) в адиабатическом реакторе полного смешения.
3. Техничко-экономическое обоснование выбора температурного режима работы полного смешения при проведении процесса (указывается наименование процесса)
4. Техничко-экономическое обоснование выбора значений управляющих параметров проведения процесса (указывается наименование процесса) в политермическом реакторе идеального вытеснения.
5. Определение минимального количество реакторов полного смешения заданного объема, необходимого для определения требуемой производительности по продукту.
6. Эколого-экономическое обоснование выбора аппаратурного оформления для организации процесса очистки отходящих газов от токсичного компонента.

### 3.4. Типовые задания контрольных работ (ОПК-4)

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
11,36,61,86	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.  $\text{HI}$  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 ( $Z_{E_i}$ ) при  $T=1000 \text{ К}$  и  $P=1 \text{ ат}$ .

В) Рассчитать равновесную степень превращения йода (ХЕ) и равновесный состав ( $Z_{E_i}$ ) при  $T=600 \text{ К}$  и  $P=5 \text{ ат}$ .

Г) Рассчитать равновесную степень превращения йода (ХЕ) и равновесный состав ( $Z_{E_i}$ ) при  $T=1000 \text{ К}$  и  $P=5 \text{ ат}$ .

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  $X_{CO} = 0,7$  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  $10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , температура смеси на входе в реактор 700 К, давление 0,1 МПа.

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

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

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