

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 28.06.2024 12:26:25  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



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

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В. Пекаревский  
«24» мая 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ**  
**ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки  
**18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии**

Направленности программ магистратуры  
**Ресурсосберегающие и энергоэффективные промышленные процессы и технологии**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **ресурсосберегающих технологий**

Санкт-Петербург

2021

**Б1.В.07**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		Е. В. Сладковская

Рабочая программа дисциплины «Современные способы интенсификации химико-технологических процессов» обсуждена на заседании кафедры ресурсосберегающих технологий

протокол от «14» мая 2021 № 5

Заведующий кафедрой

Н. В. Кузичкин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии  
протокол от «18» мая 2021 № 10

Председатель

М. В. Рутто

## СОГЛАСОВАНО

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

## СОДЕРЖАНИЕ

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

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

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

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

Код и наименование Компетенции (код направленности)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<b>ПК-5</b> Готовность к формированию новых направлений и сферы применения результатов научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области энергосбережения и ресурсосбережения в промышленном производстве химической и нефтегазовой продукции	<b>ПК-5.1</b> Формирование научно-исследовательских задачи в области реализации энергосбережения и ресурсосбережения	<b>Знать:</b> информации для постановки научно-исследовательской задачи; подходы к решению задач оптимизации в области энерго- и ресурсосбережения (ЗН-1). <b>Уметь:</b> находить резервы развития и повышения эффективности химико-технологического процесса (У-1); <b>Владеть:</b> навыками практических расчетов, методами исследования операций при решении научно-исследовательских задач (Н-1).
	<b>ПК-5.2</b> Применение методов математического моделирования для решения задач интенсификации процессов нефтехимии и химической технологии	<b>Знать:</b> подходы к повышению эффективности работы химико-технологического процесса, принципы разработки математических моделей объектов (ЗН-2); <b>Владеть:</b> навыком моделирования многостадийных химико-технологических процессов (Н-2).
	<b>ПК-5.3</b> Анализ возможности применения оборудования и методов инструментального анализа для целей интенсификации технологических процессов	<b>Знать:</b> методы определения эффективности; современные способы утилизации отходов. проектных решений (ЗН-3); <b>Уметь:</b> подобрать технологическое оборудование в соответствии со спецификациями; проводить расчет основных показателей предлагаемых энерго- и ресурсосберегающих проектов (У-3); <b>Владеть:</b> представлениями о современных типах реакционного оборудования (Н-3).

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам части дисциплин, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.07) и изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами в процессе освоения учебных дисциплин «Энерготехнологические системы в химии, нефтехимии и нефтепереработке», «Оптимизация технологических режимов промышленных установок в нефтехимии и нефтепереработке», «Анализ проектов ресурсосберегающих производств».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Современные способы интенсификации химико-технологических процессов» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>5 / 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>108</b>
занятия лекционного типа	<b>32</b>
занятия семинарского типа, в т.ч.	64
семинары, практические занятия (в т.ч. на прак. подготовку)	<b>64 (13)</b>
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	<b>12</b>
другие виды контактной работы	
<b>Самостоятельная работа</b> (в т.ч. на прак. подготовку)	<b>72</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Устный опрос
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет</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 (код направленности подготовки)	Формируемые индикаторы (код направленности подготовки)
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Основные способы интенсификации гомогенных и гете-	8	30			ПК-5	ПК-5.1

	гогенных реакций						
2.	Новые и перспективные каталитические материалы. Использование наноэффектов в катализе	6	14			ПК-5	ПК-5.1
3.	Интенсификация химико-технологических процессов	6	10			ПК-5	ПК-5.2
4.	Химические микрореакторы	4	10			ПК-5	ПК-5.3
5.	Физические методы активации химических реакций	4			72	ПК-5	ПК-5.3
6.	Реакционная хроматография	4				ПК-5	ПК-5.3

#### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Место дисциплины в структуре магистратуры, взаимосвязь с другими дисциплинами и науками. Основные направления развития и модернизации современных химико-технологических процессов.	2	ЛВ
1	Гомогенный и гетерогенный катализ. Катализатор. Энергетический путь реакции. Эффект Сабатье. Стадии катализа на примере окисления СО. Е-фактор для разных видов химической промышленности. 12 принципов зеленой химии. Особенности выбора гетерогенного катализатора на примере синтеза аммиака. Адсорбция, изотерма Лэнгмюра, влияние температуры. Отклонения от идеальной изотермы: изотерма Темкина и Фрейндлиха.	2	ЛВ
1	Основные кинетические модели: мономолекулярная и бимолекулярная каталитические реакции. Влияние температуры на скорость гомогенной и гетерогенной реакций. Лабораторные установки для изучения характеристик катализаторов и кинетики реакции. Исследования в стационарном и переходном режимах на примере реакции распада N <sub>2</sub> O. Активность, селективность и стабильность катализатора. Механизм дезактивации катализаторов. Внешнедиффузионное торможение. Внутридиффузионное торможение. Экспериментальное определение области протекания процесса, тест Короса-Новака.	4	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Требования к современным катализаторам. Приготовление катализаторов, активация. Фазовая диаграмма «железо-оксид железа». Восстановление оксидов металлов. Основные структурные параметры нанесенных катализаторов, кинетические эффекты. Механизм спекания катализаторов, ТЕМ (transmission electron microscopy) – изображения Cu на ZnO. Формованные катализаторы. Влияние выбора активного компонента, способа приготовления и формовки катализатора на примерах процессов гидрирования/дегидрирования и полного окисления на металлах, полного и частичного окисления, окислительно-восстановительных реакций на оксидах металлов, селективного каталитического окисления этилена, пропилена, бутена, бензола, о-ксилола, конверсии углеводородов и гидроочистки (гидрообессеривания).	2	ЛВ
2	Современные способы определения состава и свойств катализаторов. Термопрограммируемые методики (восстановление, окисление, десорбция, реакционная спектроскопия). Ионная и фотоэлектронная спектроскопия. Электронная микроскопия (ТЕМ, SEM).	2	ЛВ
2	Размерный эффект в гетерогенном катализе. Эффект пористой структуры. Эффект морфологии частиц. Нанотрубки и нановолокна. Углеродные нанотрубки и нановолокна. Магнитные наночастицы как подложки для катализатора.	2	ЛВ
3	Современные представления об эффективном химико-технологическом процессе. Основные типы промышленных реакторов. Модели идеальных реакторов. Реакторы с аксиальным и радиальным температурными профилями. Особенности окисления о-ксилола в трубчатом реакторе. Параметрическая чувствительность реакторов со стационарным слоем катализатора.	2	ЛВ
3	Реакторы со структурированными катализаторами. Использование структурированных насадок для восстановления оксидов азота NO <sub>x</sub> , для окисления аммиака. Структурированные насадки со спеченными металлическими волокнами. Структурированные катализаторы для трехфазных реакций.	2	ЛВ
3	Многофункциональные реакторы, их классификация. Производство ацетона традиционным и совмещенным способом. Использование тепловых эффектов экзо- и эндотермических реакций в одном аппарате на примере синтеза HCN. Селективное окисление ароматических спиртов в многофункциональном компактном реакторе. Мембранные реакторы, использование	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	Масштабы химических реакторов. Типичная шкала времени и длины аппарата для химических реакций. Характеристики микрореакторов. Многоходовые микрореакторы. Особенности процессов смешения и массообмена в микрореакторах. Внешне- и внутридиффузионное торможение в микрореакторах. Способы нанесения катализатора на поверхность микроканала. Кон-	4	ЛВ
5	Использование тепла для активации химической реакции. Использование света для активации химической реакции. Реакции атомарного кислорода. Звуковая активация химической реакции. Микроволновая активация химической реакции. Эффекты слабого электрического поля в химии.	4	ЛВ
6	Периодическая и непрерывная хроматография. Противоточная хроматография. Хроматография с движущимся слоем (ХДС). Промышленные перспективы. Концентрационные профили в ХДС. Реакционная хроматография. Равновесная модель для одной колонки.	2	ЛВ
6	Примеры химических реакций, проводимых в хроматографических узлах. Синтез триацетина с помощью периодической хроматографии (стадии реакции и регенерации) и кольцевой хроматографии. Ограничения применения реакционной хроматографии. Разработка реакционных адсорбентов для реакционной хроматографии.	2	ЛВ

### 4.3. Занятия семинарского типа

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	В т.ч. на практ. подготовку	Инновационная форма
1	Изучение кинетики гетерогенной реакции в стационарном и переходном режимах.	14	5	МГ
1	Изучение кинетики каталитической реакции газ/твердое вещество.	16	2	МГ
2	Трехфазная реакция в реакторе полунепрерывного типа на гетерогенных катализаторах.	14	2	МГ
3	Определение оптимальных условий проведения высоко экзотермических процессов.	10	2	МГ
4	Микрореакционные технологии: микро-смещение.	10	2	МГ

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
5	Механические методы интенсификации химических процессов. Химические процессы при сверхвысоких давлениях	6	Собеседование
5	Механические методы интенсификации химических процессов. Химические процессы под действием высоких давлений в сочетании с деформацией сдвига	6	Собеседование
5	Механические методы интенсификации химических процессов. Химические превращения под действием ударных волн	6	Собеседование
5	Механические методы интенсификации химических процессов. Химические реакции при ультразвуковой диспергировании твердых реагентов	6	Собеседование
5	Механические методы интенсификации химических процессов. Механохимические процессы в полимерной химии	6	Собеседование
5	Термические методы интенсификации химических процессов. Плазмохимические технологии	6	Собеседование
5	Термические методы интенсификации химических процессов. Химические процессы при сверхнизких температурах	6	Собеседование
5	Термические методы интенсификации химических процессов. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез	6	Собеседование
5	Интенсификация химических процессов излучениями высоких энергий. Лазерохимические процессы	6	Собеседование
5	Интенсификация химических процессов излучениями высоких энергий. Радиационно-химические процессы	6	Собеседование
5	Интенсификация химико-технологических процессов с помощью аппаратов вихревого слоя	6	Собеседование
5	Конверсия метана на мембранных катализаторах	6	Собеседование

#### 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 виде зачета.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется теоретическими вопросами.

При сдаче зачет студент получает 2 теоретических вопроса. Время подготовки студента к устному ответу – до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

### **Вариант № 1**

1. Термопрограммируемые методики (восстановление, окисление, десорбция, реакционная спектроскопия).
2. Особенности процессов смещения и массообмена в химических реакторах.

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

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

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

### **а) печатные издания:**

1. Потехин, В.М. Гетерогенный катализ и каталитические процессы в органическом синтезе и нефтепереработке: в 2-х ч.: учебное пособие / В. М. Потехин, В. В. Потехин ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии нефтехим. и углехим. пр-в. – Санкт-Петербург. : [б. и.], 2012. - Ч. 1. - 2012. - 138 с.
2. Мухин, В.М. Производство и применение углеродных адсорбентов : учебное пособие для вузов по направлению "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / В. М. Мухин, В. Н. Клушин; РХТУ им. Д. И. Менделеева. - Москва : [б. и.], 2012. - 307 с.
3. Крылов, О. В. Гетерогенный катализ [Текст]: Учебное пособие для вузов по специальности 011013 "Химическая кинетика и катализ" специальности 011000 "Химия" / О. В. Крылов. - Москва : Академкнига, 2004. - 679 с. - ISBN 5-94628-141-0
4. Чоркендорф, Иб. Современный катализ и химическая кинетика [Текст] / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; пер. с англ. В. И. Ролдугина. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 501 с. - ISBN 978-5-91559-044-0
5. Леонтьева, А. И. Оборудование химических производств [Текст] : учебник для вузов по спец. "Машины и аппараты химических производств" направления подготовки "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии" / А. И. Леонтьева. - Москва : Химия ; Москва : КолосС, 2008. - 479 с. ISBN 978-5-98109-061-5
6. Потехин, В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки : учебник для химико-технологических спец. вузов / В. М. Потехин, В. В. Потехин. - 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2007. - 943 с. - ISBN 978-5-93808-147-5

### **б) электронные учебные издания:**

1. Сибаров Д.А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: Учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. - 2-е изд., стер. - Электрон. текстовые дан. – Санкт-

Петерург. ; Москва; Краснодар: Лань, 2018. - 200 с.— ISBN 978-5-8114-2158-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212642> (дата обращения: 07.04.2021). — Режим доступа: по подписке

## **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/>;

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

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

Все виды занятий по дисциплине «Современные способы интенсификации химико-технологических процессов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

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

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

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

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 посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение**

Программы Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft PowerPoint), операционная система MS Windows; AspenHYSYS.

### **10.3. Базы данных и информационно-справочные системы**

Информационная система федерального института промышленной собственности (ФИПС) <https://www1.fips.ru>

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

Для ведения лекционных занятий используется аудитория на необходимое количество посадочных мест, оснащенная демонстрационным оборудованием, для ведения практических

занятий используется компьютерный класс, оснащенный объединенными в сеть персональными компьютерами, оборудованием и техническими средствами обучения на необходимое количество посадочных мест.

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

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

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации  
по дисциплине «Современные способы интенсификации химико-технологических  
процессов»**

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

Индекс компетенции (код направленности)	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-5</b>	Готовность к формированию новых направлений и сферы применения результатов научных исследований и опытно-конструкторских разработок в области энергосбережения и ресурсосбережения в промышленном производстве химической и нефтегазовой продукции	Промежуточный

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

Код и наименование индикатора достижения компетенции (код направленности)	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-5.1</b> Формирование научно-исследовательских задачи в области реализации энерго-сбережения и ресурсосбережения	<b>Формулирует</b> требования к информации для постановки научно-исследовательской задачи; подходы к решению задач оптимизации в области энерго- и ресурсосбережения (ЗН-1)	Правильные ответы на вопросы №№9-13 к зачету	Знает и описывает принцип построения математических моделей систем по известной топологии и набору элементов для решения поставленной задач	Знает и описывает принцип построения математических моделей систем по известной топологии и набору элементов для решения поставленной задач и оценки их по критериям ресурсосбережения	Знает и описывает принцип построения математических моделей систем по известной топологии и набору элементов для решения поставленной задач и оценки их по критериям ресурсосбережения, может формулировать задачи, выполнять расчетные исследования и анализировать результаты
	<b>Находит</b> резервы развития и повышения эффективности химико-технологического процесса (У-1)	Правильные ответы на вопросы №№1-8 к зачету	Перечисляет критерии эффективности химико-технологического проекта, дает их определения	Перечисляет критерии эффективности химико-технологического проекта, дает их определения, описывает их принципы и особенности	Перечисляет критерии эффективности химико-технологического проекта, дает их определения, описывает их принципы и особенности, указывает необходимый и достаточный набор критериев и подходящий подход к оценке конкретного технологического процесса
	<b>Применяет</b> навык практических расчетов, использования методами исследования операций при	Корректное выполнение практические	Может применять стандартные методики расчета на предоставленных	Способен корректно осуществлять выбор и анализ данных для подготовки процеду-	Способен самостоятельно отбирать, анализировать и систематизировать информацию, необходимую для расчета энерготехно-

Код и наименование индикатора достижения компетенции (код направленности)	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	решении научно-исследовательских задач. (Н-1)	ских работ	данных.	ры расчета, используя стандартные методики	логического процесса, обоснованно выбирать методику расчета
<b>ПК-5.2</b> Применение методов математического моделирования для решения задач интенсификации процессов нефтехимии и химической технологии	<b>Перечисляет</b> подходы к повышению эффективности работы химико-технологического процесса, принципы разработки математических моделей объектов (ЗН-2)	Правильные ответы на вопросы №№14-22 к зачету	Перечисляет основные принципы построения моделей химико-технологических процессов	Перечисляет основные принципы построения моделей химико-технологических процессов, описывает особенности применения методик повышения их эффективности	Перечисляет основные принципы построения моделей химико-технологических процессов, описывает особенности применения методик повышения их эффективности, причины и взаимосвязь происходящих явлений
	<b>Создает</b> модели многостадийных химико-технологических процессов. (Н-2)	Правильные ответы на вопросы №№24-25 к зачету	Может безошибочно воспроизвести методику расчета по заданным значениям параметров	Может верифицировать исходные данные для расчета, безошибочно применить методику расчета	Может самостоятельно подобрать и верифицировать исходные данные для расчета, безошибочно применить методику расчета
<b>ПК-5.3</b> Анализ возможности применения оборудования и методов инструментального анализа для целей	<b>Перечисляет</b> методы определения эффективности проектных решений; подходы к обеспечению экологической безопасности производства; ((ЗН-3)	Правильные ответы на вопрос №№23 к зачету	Перечисляет критерии и методы оценки эффективности внедрения технологий	Перечисляет критерии и методы оценки эффективности внедрения технологий, описывает их принципы и особенности	Перечисляет критерии и методы оценки эффективности внедрения технологий, описывает их принципы и особенности, указывает необходимый и достаточный набор критериев и подходящий подход к оценке конкретного технологического процесса

Код и наименование индикатора достижения компетенции (код направленности)	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	УРОВНИ СФОРМИРОВАННОСТИ (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
интенсификации технологических процессов	<b>Определяет</b> структуру и подбирает технологическое оборудование в соответствии со спецификациями; проводит расчет основных показателей предлагаемых энерго- и ресурсосберегающих проектов; (У-2)	Правильные ответы на вопрос №№31-36 к зачету	Корректно выстраивает топологию технологической схемы процесса по имеющимся исходным данным	Корректно выстраивает топологию технологической схемы процесса, формулирует требования к параметрам процесса	Корректно выстраивает топологию технологической схемы процесса, формулирует требования к параметрам процесса и аппаратному оформлению схемы
	<b>Обладает</b> представлениями о современных типах реакционного оборудования (Н-3)	Правильные ответы на вопросы №№ 26-30, к зачету	Может безошибочно воспроизвести шаблон построения модели химического реактора	Может самостоятельно синтезировать модель химического реактора по исходным данным	Может самостоятельно синтезировать модель химического реактора по исходным данным, выполнить требуемые мероприятия по настройке и установить адекватность модели

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

Шкала оценивания на зачете – «зачет», «незачет». При этом «зачет» соотносится с пороговым уровнем сформированности компетенций.

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

#### 3.1 Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:

1. Гомогенный и гетерогенный катализ. Энергетический путь реакции. Эффект Сабатье.
2. Стадии катализа на примере окисления CO.
3. E-фактор для различных видов химической промышленности. 12 принципов зеленой химии.
4. Адсорбция. Изотерма Лэнгмюра, влияние температуры. Отклонения от идеальной изотермы: изотерма Темкина и Фрейндлиха.
5. Основные кинетические модели: мономолекулярная и бимолекулярная каталитические реакции.
6. Лабораторные установки для изучения характеристик катализаторов и кинетики реакции. Исследования в стационарном и переходном режимах на примере реакции распада N<sub>2</sub>O.
7. Механизм дезактивации катализаторов. Внешнедиффузионное торможение. Внутридиффузионное торможение.
8. Экспериментальное определение области протекания процесса, тест Короса-Новака.
9. Требования к современным катализаторам. Приготовление катализаторов, активация.
10. Основные структурные параметры нанесенных катализаторов, кинетические эффекты.
11. Современные способы определения состава и свойств катализатора. Термопрограммируемые методики. Ионная и фотоэлектронная спектроскопия. Электронная микроскопия.
12. Размерный эффект в катализе. Эффект пористой структуры. Эффект морфологии частиц.
13. Нанотрубки и нановолокна. Углеродные нанотрубки и нановолокна. Магнитные наночастицы как подложки для катализатора.
14. Периодическая и непрерывная хроматография. Противоточная хроматография. Хроматография с движущимся слоем.
15. Реакционная хроматография. Примеры химических реакций, проводимых в хроматографических узлах.
16. Ограничения применения реакционной хроматографии.
17. Разработка реакционных адсорбентов для реакционной хроматографии.
18. Использование тепла для активации химической реакции.
19. Использование света для активации химической реакции.
20. Звуковая активация химической реакции.
21. Микроволновая активация химической реакции.
22. Эффекты слабого электрического поля в химии.
23. Современные представления об эффективном химико-технологическом процессе.
24. Основные типы промышленных реакторов.
25. Модели идеальных реакторов.
26. Реакторы со структурированными катализаторами.
27. Структурированные катализаторы для трехфазных реакций.
28. Многофункциональные реакторы, их классификация.
29. Использование тепловых эффектов экзо- и эндотермических реакций в одном аппарате.
30. Мембранные реакторы, использование мембраны Тейлора.

31. Масштабы химических реакторов. Типичная шкала времени и длины аппарата для химических реакций.
32. Характеристики микрореакторов. Многоходовые микрореакторы.
33. Особенности процессов смешения и массообмена в микрореакторах.
34. Способы нанесения катализатора на поверхность микроканала.
35. Структурированные каталитические насадки для микрореакторов.
36. Примеры промышленного использования микрореакторов.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше и практическое задание.

Время подготовки студента к ответу на вопрос – до 30 мин.

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

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

