

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 29.06.2023 11:20:53  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРАЗОВАНИЯ 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**  
**Нанотехнологии в производстве катализаторов**

Направление подготовки

**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы бакалавриата  
**«Химическая технология неорганических веществ»**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **общей химической технологии и катализа**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

Рабочая программа дисциплины «Нанотехнологии в производстве катализаторов»  
обсуждена на заседании кафедры Общей химической технологии и катализа  
протокол от «13» мая 2021 г. № 9

Заведующий кафедрой

А.Ю. Постнов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета Химии веществ и материалов  
протокол от «20» мая 2021 г. № 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.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины .....	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	06
4.3. Занятия семинарского типа .....	07
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	07
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	7
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	8
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	8
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	9
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	9
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	9
10.1. Информационные технологии .....	9
10.2. Программное обеспечение .....	10
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	10
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	10
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>ПК-2</b> Способен использовать знания о составе, технологии производства и оценки качества производимой продукции.</p>	<p><b>ПК-2.1</b> Обоснованный выбор технологии и принципиальных схем процесса изготовления разрабатываемых инновационных катализаторов</p>	<p><b>Знать:</b> – основные научные теории катализа и адсорбции; – функциональные характеристики пористых тел – адсорбентов и катализаторов, методы определения; <b>Уметь:</b> – определять области протекания адсорбционного и каталитического процессов; – определять функциональные характеристики адсорбентов и катализаторов с использованием различного исследовательского оборудования; <b>Владеть:</b> – навыками сопоставления экспериментальных и расчетных данных адсорбционного и каталитического процессов; – навыками определения достоверности функциональных характеристик адсорбентов и катализаторов.</p>
	<p><b>ПК-2.5</b> Разработка новых и совершенствование существующих носителей и катализаторов</p>	<p><b>Знать:</b> – особенности проведения каталитических процессов с применением блочных каталитических систем на металлических носителях; <b>Уметь:</b> – определять структурно-прочностные характеристики тонкослойных каталитических нанокомпозитов; <b>Владеть:</b> – навыками оценки эффективности применения блочных каталитических систем.</p>

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам (ФТД.03), и изучается на 4 курсе в 7 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Общая и неорганическая химия», «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии», «Физическая химия», «Коллоидная химия», «Гетерогенные процессы технологии неорганических веществ», «Научные основы катализа и адсорбции». Полученные в процессе изучения дисциплины «Нанотехнологии в производстве катализаторов» знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплин «Кинетика процессов технологии неорганических веществ», «Технологическое оборудование», «Научные основы катализа и адсорбции», «Технология катализаторов», «Технологическое оборудование», при прохождении преддипломной 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>1/36</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>36</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.:	18
семинары, практические занятия (в т.ч на практическую подготовку)	18 (2)
лабораторные работы	–
курсовое проектирование (КР или КП)	–
КСР	–
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	–
<b>Форма текущего контроля</b> (К/р, реферат, РГР, эссе)	–
<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, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Блочные каталитические структуры на металлических носителях	4	–	–	–	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.5
2.	Технологии изготовления покрывных суспензий	4	6	–	–	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.5
3.	Технологии нанесения вторичного носителя на металлический каркас	4	6	–	–	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.5
4.	Методы определения характеристик блочных каталитических структур	6	6	–	–	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.5

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<u>Блочные каталитические структуры на металлических носителях.</u> Причины появления блочных каталитических структур. Виды блочных каталитических структур. Массивные блочные катализаторы. Блочные катализаторы на металлических носителях. Геометрические характеристики каналов. Металлические носители с упорядоченной и неупорядоченной структурой каналов. Технология изготовления и подготовки металлического носителя.	4	ЛВ
2	<u>Технологии изготовления покрывных суспензий.</u> Характеристики и технологии смешения соединений-предшественников. Модифицирующие добавки. Методы гомогенизации суспензий. Механохимическая активация. Структурные характеристики покрывных суспензий. Методы определения структурных характеристик покрывных	4	ЛВ



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	суспензий. Реология покрывных суспензий.		
3	<u>Технологии нанесения вторичного носителя на металлический каркас.</u> Методы определения живучести покрывных суспензий. Последовательность технологических операций нанесения и прочного закрепления вторичного носителя на поверхность металлического каркаса в зависимости от геометрических характеристик и структуры металлического каркаса.	4	ЛВ
4	<u>Методы определения характеристик блочных каталитических структур.</u> Определение структурно-прочностных и физико-химических характеристик вторичного носителя. Прочность на истирание, осыпка, ударо- и вибростойкость. Особенности оценки каталитической активности и селективности блочных катализаторов в проточном режиме. Определение кажущейся энергии активации каталитических композиций.	6	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
		всего	в том числе на практическую подготовку*	
2	Моделирование процесса гомогенизации алюмооксидной композиции в шаровой мельнице	6		КтСм
3	Расчёт компонентного состава алюмооксидной суспензии для нанесения на металлический каркас с фиксированными геометрическими параметрами	6		КтСм
4	Моделирование процесса окисления СО при наличии мешающих примесей	6	2	КтСм

### 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 зачета (7 семестр).

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

При сдаче зачета обучающийся получает два вопроса из перечня вопросов (время выполнения – 30 минут).

Пример варианта вопросов на экзамене:

### **Вариант № 1**

1. Методы формирования металлического каркаса.
2. Определение каталитической активности блочного катализатора в условиях активного образования продуктов уплотнения

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

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

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

### **а) печатные издания:**

1. Пахомов, Н.А. Научные основы приготовления катализаторов. Введение в теорию и практику / Н.А. Пахомов; отв. ред. В.А. Садыков; Российская академия наук. Сибирское отделение. Институт катализа имени Г.К. Борескова. – Новосибирск: изд-во СО РАН, 2011. – 2011. – 262 с. – ISBN 978-5-7692-1185-0

2. Мальцева, Н.В. Исследование влагопоглотительной способности катализаторов: методические указания / Н.В. Мальцева, Т.А. Вишневская, Ю.В. Александрова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2011. – 49 с.

3. Мальцева, Н.В. Получение блочных катализаторов конверсии углеводородов: методические указания / Н.В. Мальцева, С.А. Лаврищева; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 36 с.

4. Мальцева, Н.В. Определение механической прочности наноструктурированных пористых тел: катализаторов, носителей и сорбентов: методические указания к лабораторным работам / Н.В. Мальцева, Ю.В. Александрова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 58 с.

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

5. Мальцева, Н.В. Получение блочных катализаторов конверсии углеводородов: методические указания / Н.В. Мальцева, С.А. Лаврищева; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 36 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 01.04.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

6. Мальцева, Н.В. Получение катализаторов в виде тонкослойных покрытий металлических и керамических носителей: методические указания / Н.В. Мальцева, А.Ю. Постнов, Т.А. Вишневецкая; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2011. – 62 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 01.04.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

7. Мальцева, Н.В. Определение механической прочности наноструктурированных пористых тел: катализаторов, носителей и сорбентов: методические указания к лабораторным работам / Н.В. Мальцева, Ю.В. Александрова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра общей химической технологии и катализа. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. – 58 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. – URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 01.04.2021). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

## **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 «Нанотехнологии в производстве катализаторов» 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.

СТП СПбГТИ 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 являются:

- 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 виртуальной среды обучения LMS Moodle.

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

Пакеты прикладных программ стандартного набора (LibreOffice, MathCAD).

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

– справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»;

– база данных Reaxys <https://www.reaxys.com>

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

Кафедра Общей химической технологии и катализа оснащена необходимым научно-исследовательским оборудованием, измерительными и вычислительными комплексами и другим материально-техническим обеспечением, необходимым для полноценного лабораторных работ, существует возможность использования оборудования Центров коллективного пользования СПбГТИ(ТУ) и Лаборатории каталитических технологий. Компьютеры кафедры и аудиторий № 205, 209, 210 соединены в локальную вычислительную сеть с выходом в Интернет через 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  
«Нанотехнологии в производстве катализаторов»**

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-2</b>	<b>Способен использовать знания о составе, технологии производства и оценки качества производимой продукции.</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)
			«зачтено» (пороговый)
<b>ПК-2.1</b> Обоснованный выбор технологии и принципиальных схем процесса изготовления разрабатываемых инновационных катализаторов	<b>Знает</b> основные научные теории катализа и адсорбции, функциональные характеристики пористых тел – адсорбентов и катализаторов, методы определения	Вопросы к зачету № 1-2	Перечисляет характеристики пористых тел – адсорбентов и катализаторов, методы определения
	<b>Умеет</b> определять области протекания адсорбционного и каталитического процессов, определять функциональные характеристики адсорбентов и катализаторов с использованием различного исследовательского оборудования	Вопросы к зачету № 3-9	По опытным данным определяет функциональные характеристики адсорбентов и катализаторов
	<b>Владеет</b> навыками сопоставления экспериментальных и расчетных данных адсорбционного и каталитического процессов, навыками определения достоверности функциональных характеристик адсорбентов и катализаторов	Вопрос к зачету № 10	Может сопоставить экспериментальные и расчетные данные адсорбционного и каталитического процессов
<b>ПК-2.5</b>	<b>Знает</b> особенности	Вопросы к зачету	Рассказывает об особенностях проведения процессов окисления CO, водорода,

Разработка новых и совершенствование существующих носителей и катализаторов	проведения каталитических процессов с применением блочных каталитических систем на металлических носителях	№ 1-2	углеводородов, восстановления оксидов азота с применением блочных каталитических систем на металлических носителях. Перечисляет достоинства и недостатки применения блочных каталитических систем
	<b>Умеет</b> определять структурно-прочностные характеристики тонкослойных каталитических нанокompозитов	Вопросы к зачету № 3-9	Определяет структурно-прочностные характеристики тонкослойных каталитических нанокompозитов
	<b>Владеет</b> навыками оценки эффективности применения блочных каталитических систем	Вопрос к зачету № 10	Осуществляет обоснованный выбор катализатора. Аргументированно показывает целесообразность применения блочных каталитических систем процессов окисления СО, водорода, углеводородов, восстановления оксидов азота.

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ).

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме в форме зачета, шкала оценивания – «зачтено» (если достигнут «пороговый» уровень освоения всех элементов компетенции), «не зачтено».



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

#### **3.1 Типовые контрольные вопросы к зачету**

**а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:**

1. Массивные блочные катализаторы. Области применения. Технология изготовления.
2. Блочные катализаторы на металлических носителях. Области применения. Технология изготовления.
3. Металлический каркас блочного катализатора. Упорядоченная и неупорядоченная структуры. Технологии изготовления.
4. Подготовка поверхности металлического каркаса. Механические и химические методы.
5. Технологии изготовления покрывных суспензий.
6. Связь вязкости и плотности покрывных суспензий с технологическими параметрами синтеза.
7. Методы определения дисперсности нанокompозитов.
8. Технология закрепления вторичного носителя на поверхности металлического каркаса.
9. Определение прочности вторичного носителя.
10. Определение кинетических характеристик процессов с применением блочных катализаторов на примере конкретного процесса.

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

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы – до 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 СТП СПбГТИ 016–2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.