

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 26.06.2023 15:33:57  
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**  
**Нанотехнологии в производстве катализаторов**

Направление подготовки

**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы бакалавриата

**«Химическая технология неорганических веществ»**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Зочная**

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.....	06
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	07
3. Объем дисциплины .....	07
4. Содержание дисциплины .....	08
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	08
4.2. Занятия лекционного типа.....	08
4.3. Занятия семинарского типа .....	09
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	9
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	10
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	11
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	12
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	12
10.1. Информационные технологии .....	12
10.2. Программное обеспечение .....	12
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	12
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	12
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	13
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	

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

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<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 (зимняя сессия).

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>4</b>
занятия лекционного типа	2
занятия семинарского типа, в т.ч.:	2
семинары, практические занятия (в т.ч. на практическую подготовку)	2 (2)
лабораторные работы	–
курсовое проектирование (КР или КП)	–
КСР	–
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>28</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (К/р, реферат, РГР, эссе)	–
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет(4)</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	1	–	–	4	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.5
2.	Технологии изготовления покрывных суспензий	-	1	–	8	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.5
3.	Технологии нанесения вторичного носителя на металлический каркас	-	1	–	8	ПК-2	ПК-2.1 ПК-2.5
4.	Методы определения характеристик блочных каталитических структур	1	-	–	8	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.	1	ЛВ
4	<u>Методы определения характеристик блочных каталитических структур.</u> Определение структурно-прочностных и физико-химических характеристик вторичного носителя.	1	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	1	1	КтСм
3	Расчёт компонентного состава алюмооксидной суспензии для нанесения на металлический каркас с фиксированными геометрическими параметрами	1	1	КтСм

### 4.4. Самостоятельная работа.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	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	Зачёт
2	Характеристики и технологии смешения соединений-предшественников. Модифицирующие добавки. Методы гомогенизации суспензий. Механохимическая активация. Структурные характеристики покрывных суспензий. Методы определения структурных характеристик покрывных суспензий. Реология покрывных суспензий.	8	Зачёт
3	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.	8	Зачёт
4	Методы оценки прочности вторичных носителей. Прочность на истирание, осыпка, ударо- и вибростойкость. Особенности оценки каталитической активности и селективности блочных катализаторов в проточном режиме. Определение кажущейся энергии активации каталитических композиций.	8	Зачёт

**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 выполнение – 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. Вишневская; 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 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 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.