

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
 УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ  
 УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ИШПР

Гусева Н.В.

«05» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2020 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОГО КАТАЛИЗА**

Направление подготовки/ специальность	18.04.01 Химическая технология		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Химическая технология топлива и газа		
Специализация	Химическая технология топлива и газа		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		8
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		40
	ВСЕГО		80
	Самостоятельная работа, ч		136
	ИТОГО, ч		216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	Отделение химической инженерии
---------------------------------	---------	---------------------------------	--------------------------------------

Заведующий кафедрой - руководитель Отделения химической инженерии на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		Корткова Е.И.
		Ивашкина Е.Н.
		Попок Е.В.

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ПК(У)-1	Способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей	ПК(У)-1.31	Знает способы выбора катализатора в технологии переработки нефти и газа; особенности катализа металлами; закономерности протекания гетерогенно-каталитических реакций
		ПК(У)-1.У1	Умеет намечать пути синтеза новых товарных нефтепродуктов с заданными свойствами, используя современные гетерогенные катализаторы и каталитические системы; учитывать протекания побочных реакций
		ПК(У)-1.В1	Владеет опытом выбора катализатора для синтеза веществ, входящих в состав нефтепродуктов, на каталитической установке; Владеет опытом оценки свойств гетерогенных катализаторов нефтепереработки
ПК(У)-3	Способность использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты	ПК(У)-3.31	Знает методы исследования свойств промышленных катализаторов; физико-химические основы технологий каталитической переработки сырья для нужд региона
		ПК(У)-3.У1	Умеет выбирать технологии гетерогенных катализаторов для процессов переработки углеводородного сырья; прогнозировать природу катализатора и технологию его приготовления
		ПК(У)-3.В1	Владеет опытом исследования и определения свойств промышленных катализаторов нефтепереработки и нефтехимии; разработки адекватного кинетического описания процессов с учетом его механизма

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части учебного плана образовательной программы.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Код составляющей результата освоения дисциплины
Код	Наименование	
РД1	Знать базовые законы и закономерности гетерогенного катализа в нефтепереработке и нефтехимии	ПК(У)-1.31
РД2	Овладеть основными методами расчета каталитической активности гетерогенных катализаторов	ПК(У)-1.В1
РД3	Овладеть методами оценки каталитических способностей отдельных металлов и их соединений в процессах нефтепереработки	ПК(У)-3.31
РД4	Освоить методы планирования экспериментов при исследовании катализаторов	ПК(У)-1.У1
РД5	Освоить методы составления нормативно-технической документации на гетерогенные катализаторы	ПК(У)-3.У1
РД6	Овладеть методами расчета кинетических параметров химических реакций	ПК(У)-3.В1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. <i>Понятие катализа. Основные термины и определения</i>	РД1	Лекции	1
		Практические занятия	
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	17
Раздел (модуль) 2. <i>Природа действия катализатора</i>	РД1	Лекции	1
	РД2	Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	17
Раздел (модуль) 3. <i>Пористая структура катализаторов</i>	РД3	Лекции	1
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	17
Раздел 4. (модуль) <i>Устойчивость гетерогенных катализаторов</i>	РД6	Лекции	1
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	17
Раздел 5. (модуль) <i>Приготовление нанесенных катализаторов</i>	РД4	Лекции	1
	РД5	Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	17
Раздел 6. (модуль) <i>Носители для каталитических систем</i>	РД5	Лекции	1
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	17
Раздел 7. (модуль) <i>Дезактивация катализаторов</i>	РД1	Лекции	1
	РД6	Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	17
Раздел 8. (модуль) <i>Методы исследования свойств катализаторов</i>	РД5	Лекции	1
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	17

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Понятие катализа. Основные термины и определения**

*Краткое содержание раздела:* История катализа. Определение катализа. Степень компенсации. Скорость реакции согласно теории активных столкновений реакций. Константа скорости. Активный центр катализатора.

#### **Темы лекций:**

1. Понятие «Катализ». Катализ в нефтепереработке

### **Раздел 2. Природа действия катализатора.**

*Краткое содержание раздела:* Стадии каталитической реакции. Механизмы образования промежуточных структур. Виды каталитических реакций. Способы выражения активности катализатора.

#### **Темы лекций:**

1. Природа действия катализатора

#### **Темы практических занятий:**

1. Кинетика односторонних реакций разного порядка.
2. Расчет активности гетерогенного катализатора

#### **Названия лабораторных работ**

1. Изучение скорости химических реакций с использованием различных каталитических систем
2. Изучение активности железных катализаторов в синтезе Фишера-Тропша на каталитической установке

### **Раздел 3. Пористая структура катализаторов**

Характеристики пористой структуры. Строение твердых тел. Простая глобулярная модель. Классификация размеров пор. Классификация пористых тел. Низкотемпературная адсорбция газов. Классификация изотерм адсорбции. Идентификация пористой структуры. Теплота адсорбции. Явление капиллярной конденсации. Возникновение гистерезиса на изотерме адсорбции. Правило Кельвина. Особенности адсорбции в микропорах. Уравнение Дубинина-Радушкевича. Ртутная порометрия. Кажущаяся и истинная плотности. Макрокинетические области протекания каталитических процессов. Параметр Тиле, степень использования внутренней поверхности зерна катализатора.

#### **Темы лекций:**

1. Пористая структура катализатора

#### **Темы практических занятий:**

1. Определение пористой структуры катализатора
2. Расчет макрокинетических параметров каталитической системы

#### **Названия лабораторных работ**

1. Оценка пористой структуры катализаторов сорбционными методами
2. Определение пористости катализаторов пикнометрическим методом

### **Раздел 4. Устойчивость гетерогенных катализаторов**

*Краткое содержание раздела:* Устойчивость катализаторов процессу рекристаллизации. Механическая прочность катализаторов. Оптимальные размеры и форма гранул катализатора. Расчет гидравлического сопротивления. Фактор формы зерна катализатора. Приведённый диаметр зерна катализатора. Оптимальные размеры и форма гранул катализатора.

**Темы лекций:**

1. Устойчивость катализаторов. Механическая прочность

**Темы практических занятий:**

1. Определение скорости рекристаллизации каталитической системы в зависимости от внешних факторов среды

**Названия лабораторных работ**

1. Изучение процессов рекристаллизации и спекания катализаторов экспериментальными методами

**Раздел 5. Приготовление нанесенных катализаторов**

*Краткое содержание раздела:* Синтез высокодисперсных систем. Стадия осаждения. Золь, гель, коагель, старение геля. Стадия сушки, закон Лапласа. Нанесенные катализаторы. Нанесение из жидкой и газообразной сред. Изоэлектрическая точка.

**Темы лекций:**

1. Приготовление нанесенных катализаторов

**Темы практических занятий:**

1. Определение и расчет параметров синтеза высокодисперсного силикагеля

**Раздел 6. Носители для каталитических систем**

*Краткое содержание раздела:* Носители каталитических систем: силикагель и другие соединения кремния. Оксид алюминия, фазовые модификации. Цеолиты. Активные угли

**Темы лекций:**

1. Типы носителей для каталитических систем

**Темы практических занятий:**

1. Подбор оптимального носителя для каталитической системы

**Названия лабораторных работ**

1. Расчет параметров носителя для каталитической системы

**Раздел 7. Дезактивация катализаторов**

*Краткое содержание раздела:* Спекание катализаторов, кинетика спекания. Рекристаллизация нанесенных катализаторов. Отравление катализаторов, селективное отравление. Блокировка поверхности катализаторов, пути образования кокса, способы регенерации.

**Темы лекций:**

1. Дезактивация и регенерация катализаторов

**Темы практических занятий:**

1. Расчет скорости дезактивации катализатора

**Названия лабораторных работ**

1. Оценка скорости дезактивации катализатора по численным данным
2. Исследование синтеза метанола на моделирующей программе

## **Раздел 8. Методы исследования свойств катализаторов**

*Краткое содержание раздела:* Основные контролируемые параметры для гетерогенных каталитических систем. Методы изучения свойств катализаторов. Изучение морфологии катализаторов. Определение свойств поверхности катализаторов. Определение объемных свойств катализаторов.

### **Темы лекций:**

1. Методы исследования катализаторов. Определение каталитической активности

### **Темы практических занятий:**

1. Определение основных свойств катализаторов по численным данным

### **Названия лабораторных работ:**

1. Изучение свойств катализаторов на лабораторном оборудовании

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролируемых мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **Основная литература:**

1. Чоркендорф, И. Современный катализ и химическая кинетика: пер. с англ./ И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт : пер. с англ. / И. Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт. — Долгопрудный: Интеллект, 2010. — 504 с.: ил.. — Библиогр. в конце гл.. — ISBN 978-5-91559-044-0. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C193030>
2. Чоркендорф, Иб. Современный катализ и химическая кинетика : Учебное пособие : ВО - Бакалавриат. — 2. — Долгопрудный: Издательский дом "Интеллект", 2013. — 504 с.. — ВО - Бакалавриат.. — ISBN 9785915591539. <http://new.znanium.com/go.php?id=516597>
3. Аветисов, А. К. Прикладной катализ : учебник / А. К. Аветисов, Л. Г. Брук ; под редакцией О. Н. Темкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-3854-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126902> (дата обращения: 20.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### Дополнительная литература:

1. Лефедова О.В., Химическая кинетика и катализ : учеб. пособие / Лефедова О.В. - Иваново : Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2016. - 167 с. - ISBN -- - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : [https://www.studentlibrary.ru/book/ghtu\\_012.html](https://www.studentlibrary.ru/book/ghtu_012.html) (дата обращения: 20.11.2020). - Режим доступа : по подписке.
2. Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы : учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2158-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102250> (дата обращения: 20.11.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Портал «Нефтегаз» - <https://neftegaz.ru/>
2. ЭБС «Лань». — Политематический ресурс (в основном, коллекции книг ведущих издательств учебной и научной литературы). — Режим доступа: из аудитории с компьютерами, подключенными к сети ТПУ (<http://e.lanbook.com/books>).
3. Научная электронная библиотека elibrary.ru. — Коллекция российских научных журналов в полнотекстовом электронном виде. — Режим доступа: из аудитории с компьютерами, подключенными к сети ТПУ ([http://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](http://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp)). Для чтения полных текстов требуется персональная регистрация в Научной электронной библиотеке elibrary.ru.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

UniSim Design Academic Network  
Acrobat Reader DC and Runtime Software Distribution

### 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 43а 131	Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест; Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.  7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom Zoom
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный	Комплект учебной мебели на 13 посадочных мест; Шкаф для одежды - 2 шт.; Шкаф для документов - 3 шт.; Источник питания ТЭС-18 - 1 шт.; Источник питания ТЭС-1800 - 1 шт.; Компьютер - 11 шт.; Принтер - 3 шт.; Проектор - 1 шт.  7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player;

	класс) 634028, Томская область, г. Томск, Тимакова улица, 12, 224	AkelPad; Ascon KOMPAS-3D 18 Education Concurrent MCAD ECAD; Autodesk AutoCAD Mechanical 2015 Education; Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Mozilla Firefox ESR; ownCloud Desktop Client; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom Zoom
--	----------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 18.04.01 «Химическая технология», профилю «Химическая технология топлива и газа» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОХИ ИШПР		Е.В. Попок

Программа одобрена на заседании отделения химической инженерии (протокол от «19» июня 2020 г. № 15).

Заведующий кафедрой - руководитель Отделения химической инженерии на правах кафедры, д.х.н., профессор

 /Короткова Е.И./  
подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОХИ (протокол)