

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего**  
**образования**  
**«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ**  
**УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Химической технологии им. Н.И. Ярополова (136)»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №5 от 12 февраля 2026 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«ТЕОРИЯ ГЕТЕРОГЕННОГО КАТАЛИЗА»**

Направление: 18.03.01 Химическая технология

Технология малотоннажных и среднетоннажных химических производств

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Составитель программы:  
Айзина Юлия Александровна  
Дата подписания: 22.06.2026

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Утвердил: Боженков Георгий  
Викторович  
Дата подписания: 22.06.2026

Документ подписан простой  
электронной подписью  
Согласовал: Чайка Анна  
Анатольевна  
Дата подписания: 22.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

## 1.1 Дисциплина «Теория гетерогенного катализа» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

| Код, наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                              | Код индикатора компетенции |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| ОПК ОС-3 Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов | ОПК ОС-3.6                 |

## 1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

| Код индикатора | Содержание индикатора                                                                                                                                                                                                                                                                             | Результат обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК ОС-3.6     | Демонстрирует знание основных явлений, имеющих место в условиях гетерогенного катализа, о механизме и кинетике гетерогенно-каталитических процессов. Применяет знания физико-химических характеристик катализаторов, методов их определения и расчета для определения характеристик катализаторов | <b>Знать</b> принципы классификации катализаторов по механизму их действия, зависимость активности катализатора от их состава и способа приготовления; общие закономерности физических и химических процессов, классификацию углеводородов и не углеводородных соединений<br><b>Уметь</b> определять основные характеристики катализаторов, исследовать кинетику гетерогенно-каталитической реакции, определять активность и селективность катализаторов, изучать, обобщать, анализировать, оформлять и излагать основные материалы<br><b>Владеть</b> современными методами подбора катализаторов и оценки их активности и избирательности, современными методами определения и сравнения важнейших свойств катализаторов; методами расчета и анализа технологических показателей сырья и метрологической оценки его результатов |

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Теория гетерогенного катализа» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Основы общей и неорганической химии», «Введение в профессиональную деятельность»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Технология композиционных и силикатных материалов»

### 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

| Вид учебной работы                                                 | Трудоемкость в академических часах<br>(Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа) |             |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|                                                                    | Всего                                                                                                         | Семестр № 7 |
| Общая трудоемкость дисциплины                                      | 108                                                                                                           | 108         |
| Аудиторные занятия, в том числе:                                   | 48                                                                                                            | 48          |
| лекции                                                             | 32                                                                                                            | 32          |
| лабораторные работы                                                | 16                                                                                                            | 16          |
| практические/семинарские занятия                                   | 0                                                                                                             | 0           |
| Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)            | 60                                                                                                            | 60          |
| Трудоемкость промежуточной аттестации                              | 0                                                                                                             | 0           |
| Вид промежуточной аттестации<br>(итогового контроля по дисциплине) | Зачет                                                                                                         | Зачет       |

### 4 Структура и содержание дисциплины

#### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

##### Семестр № 7

| №<br>п/п | Наименование<br>раздела и темы<br>дисциплины     | Виды контактной работы |              |      |              |         |              | СРС |              | Форма<br>текущего<br>контроля |
|----------|--------------------------------------------------|------------------------|--------------|------|--------------|---------|--------------|-----|--------------|-------------------------------|
|          |                                                  | Лекции                 |              | ЛР   |              | ПЗ(СЕМ) |              |     |              |                               |
|          |                                                  | №                      | Кол.<br>Час. | №    | Кол.<br>Час. | №       | Кол.<br>Час. | №   | Кол.<br>Час. |                               |
| 1        | 2                                                | 3                      | 4            | 5    | 6            | 7       | 8            | 9   | 10           | 11                            |
| 1        | Общие сведения о катализе и катализаторах        | 1, 2                   | 4            | 1    | 2            |         |              | 2   | 20           | Устный опрос                  |
| 2        | Физико - химические характеристики катализаторов | 4, 5, 7                | 14           | 2, 5 | 4            |         |              | 2   | 20           | Устный опрос                  |
| 3        | Классификация гетерогенных катализаторов         | 3                      | 2            | 6    | 2            |         |              |     |              | Устный опрос                  |
| 4        | Адсорбция и катализ                              | 6                      | 4            | 3, 4 | 8            |         |              |     |              | Устный опрос                  |
| 5        | Каталитические и гидрокаталитические процессы    | 8                      | 8            |      |              |         |              | 1   | 20           | Устный опрос                  |
|          | Промежуточная аттестация                         |                        |              |      |              |         |              |     |              | Зачет                         |
|          | Всего                                            |                        | 32           |      | 16           |         |              |     | 60           |                               |

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

**Семестр № 7**

| № | Тема                                             | Краткое содержание                                                                                                                                                                                  |
|---|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Общие сведения о катализе и катализаторах        | Классификация гетерогенных катализаторов, Теории гетерогенного катализа,                                                                                                                            |
| 2 | Физико - химические характеристики катализаторов | Физико - химические характеристики катализаторов, Адсорбция и катализ. Влияние реакционной среды на формирование катализатора, Закоксовывание и регенерация катализаторов, Отравление катализаторов |
| 3 | Классификация гетерогенных катализаторов         | Общие сведения по применению катализаторов в различных процессах, способы получения катализаторов                                                                                                   |
| 4 | Адсорбция и катализ                              | Химическая и физическая адсорбция, Закоксовывание и регенерация катализаторов, Отравление катализаторов. Способы защиты катализатора от отравления.                                                 |
| 5 | Каталитические и гидрокаталитические процессы    | Крекинг, риформинг, пиролиз, гидрокрекинг                                                                                                                                                           |

**4.3 Перечень лабораторных работ****Семестр № 7**

| № | Наименование лабораторной работы                                   | Кол-во академических часов |
|---|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Определение насыпной плотности                                     | 2                          |
| 2 | Определение гранулометрического состава                            | 2                          |
| 3 | Определение содержания воды                                        | 4                          |
| 4 | Определение удельной поверхности катализатора по адсорбции йода    | 4                          |
| 5 | Определение кислотности катализаторов                              | 2                          |
| 6 | Определение статистической обменной емкости (СОЕ) в катионите ку-2 | 2                          |

**4.4 Перечень практических занятий**

Практических занятий не предусмотрено

**4.5 Самостоятельная работа****Семестр № 7**

| № | Вид СРС                                                   | Кол-во академических часов |
|---|-----------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Подготовка к зачёту                                       | 20                         |
| 2 | Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам) | 40                         |

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия

## **5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины**

### **5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

#### **5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:**

Методические указания включают задания и этапы их выполнения для лабораторных работ по темам курса описаны в [1].

Цель работы: Систематизация полученных теоретических знаний, изучение литературы по разделам курса.

Задание: Повторить необходимые теоретические сведения, необходимые для выполнения той или лабораторной работы.

#### **5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

Оформление отчетов по лабораторным работам

Цель работы: Закрепить полученные умения и навыки.

Задание: Подготовить отчеты по лабораторным работам, группируя их по темам.

Требования к отчетным материалам: Отчетом по выполнению лабораторных работ является сформированный отчет, названный по теме предмета с указанием фамилии автора работы, в котором содержится вся информация по исследуемому методу, исходных компонентов, оборудованию и методу выполнения работы, представлены необходимые расчеты, сделаны выводы по работе.

## **6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **6.1.1 семестр 7 | Устный опрос**

##### **Описание процедуры.**

Состоит из двух частей: 1. Защита отчета, 2. Ответы на контрольные вопросы

Тема (раздел) Отчеты по лабораторным работам, группируются их по темам.

Описание процедуры: Отчетом по выполнению лабораторных работ является сформированный отчет, названный по теме предмета с указанием фамилии автора работы, в котором содержится вся информация по исследуемому методу, исходных компонентов, оборудованию и методу выполнения работы, представлены необходимые расчеты, сделаны выводы по работе.

Подготовка отчетов выполняется студентами самостоятельно.

При защите отчетов преподавателем проверяется: правильность и творческий подход к выполнению заданий, знание теоретического материала необходимого для выполнения работ.

##### **Критерии оценивания.**

Успешно владеет свойствами и составом гетерогенных катализаторов, которые используются в химической и нефтехимической промышленности, а также составом и свойствами природных энергоносителей и углеводородного сырья

## 6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### 6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

| Индикатор достижения компетенции | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                   | Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| ОПК ОС-3.6                       | Успешно владеет свойствами и составом гетерогенных катализаторов, которые используются в химической и нефтехимической промышленности, а также составом и свойствами природных энергоносителей и углеводородного сырья | Устное собеседование, вопросы к зачету                |

### 6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

#### 6.2.2.1 Семестр 7, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

##### 6.2.2.1.1 Описание процедуры

Формы проведения зачёта – устный опрос.

Вопросы опроса охватывают весь пройденный материал программы. Студенту задаются не более трех четко сформулированных вопросов из различных разделов, тем программы, рассчитанных по объему на ответ студента в течение до 10 минут.

Преподаватель может задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы, а также давать задачи и примеры по программе данной учебной дисциплины из числа заданий пройденных лабораторных работ.

1. Сдача и защита отчетов по лабораторным работам
2. Ответы на контрольные вопросы

#### Пример задания:

Вопросы для контроля:

1. Дайте определение катализу и классификацию катализаторов.
2. Каковы основные требования к гетерогенным катализаторам?
3. Укажите причины физической и химической дезактивации катализаторов.
4. Какова роль модификаторов, промоторов, носителей гетерогенных катализаторов?
5. Дайте классификацию теорий катализа.
6. Что такое удельная поверхность и методы ее определения?
7. Физические свойства катализаторов.
8. Что такое активность и селективность катализаторов?

- 9 Какова связь величины и структуры поверхности с активностью катализатора?
- 10 Укажите основные различия между физической и химической адсорбцией.
- 11 Перечислите наиболее важные для предвидения каталитического действия термодинамические и кинетические принципы и правила.
- 12 Дайте краткую характеристику основных положений теорий кислот и оснований.
- 13 Назовите катализаторы ионного (гетеролитического) катализа.
- 14 Каковы основные свойства и реакции карбений ионов?
- 15 Объясните физико – химическую сущность электронного катализа и назовите катализаторы этого типа.
- 16 Какие процессы нефтепереработки осуществляются по бифункциональному катализу? Укажите состав катализаторов бифункционального действия.
- 17 Задача для творческого размышления: предложите катализатор для процесса каталитического пиролиза бензина.
- 18 Дайте определение науке макрокинетика химических процессов и вывод уравнения для расчета приведенной константы скорости реакций.
- 19 Назовите области гетерогенного реагирования и объясните влияние технологических параметров на режим гетерогенного реагирования.
- 20 Дайте определение закону действующих поверхностей и его математическое выражение.
- 21 Приведите вывод уравнения изотермы Лэнгмюра.
- 22 Сопоставьте и укажите основные отличия кинетических моделей гетерогенных реакций, основанных соответственно на законе действующих масс и законе действующих поверхностей.
- 23 Каково целевое назначение каталитического крекинга?
- 24 Каково влияние фракционного и химического состава сырья на процесс каталитического крекинга?
- 25 Какие процессы облагораживания сырья каталитического крекинга применяются в современной мировой нефтепереработке? Дайте им краткую характеристику.
- 26 Дайте характеристику цеолитам и промышленным катализаторам крекинга. Какова кристаллическая структура цеолитов?
- 27 Каковы назначение, значение и классификация гидрокаталитических процессов?
- 28 Каковы назначение и значение процессов каталитического риформинга?
- 29 Укажите целевые и побочные реакции риформинга бензинов и объясните влияние давления и температуры на их равновесие.
- 30 Объясните, почему промышленные процессы риформинга со стационарным катализатором проводят при повышенных давлениях, а процессы с непрерывной регенерацией, наоборот, при пониженных давлениях?
- 31 Какова роль водорода в процессах каталитического риформинга (КР)?
- 32 Объясните химизм реакций КР с позиции бифункционального катализа.
- 33 Каков состав катализаторов риформинга?
- 34 С какой целью проводится хлорирование катализатора КР?
- 35 Объясните влияние фракционного и химического состава бензина на процесс КР.
- 36 Объясните влияние технологических параметров на показатели КР.
- 37 Почему КР проводят в последовательных реакторах?
- 38 Какие реакции протекают преимущественно в первом, втором и третьем реакторах?
- 39 Каковы целевое назначение и значение процессов каталитической изомеризации нормальных пентанов и гексанов?
- 40 Объясните механизм каталитической изомеризации алканов. Приведите требования к катализаторам изомеризации и их состав.
- 41 Объясните влияние технологических параметров на глубину изомеризации алканов.

- 42 Каково целевое назначение и значение гидрогенизационных процессов нефтепереработки?
- 43 Напишите основные химические реакции гидрогенолиза серо-, азот- и кислородсодержащих гетероорганических соединений нефтяного сырья и проанализируйте влияние температуры и давления на равновесие.
- 44 Какова реакционная способность относительно гидрогенолиза гетероорганических соединений?
- 45 Каковы требования к катализаторам гидрогенизационных процессов и механизм их би- и полифункционального действия?\_

#### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

| Зачтено                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Не зачтено                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| наличие твердых и достаточно полных знаний пройденного программного материала, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, уверенно исправляемые после дополнительных вопросов, правильные действия по применению знаний на практике | наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы |

### 7 Основная учебная литература

1. Айзина Ю.А. Основы гетерогенного катализа: учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2018. – 96 с

[Сайт] – URL: [https://www.google.com/search?q=%D0%90%D0%B9%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%B0+%D0%AE.%D0%90. +%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B+%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE+%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%3A+%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%B1. +%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5. +%E2%80%93+ %D0%98%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BA%3A+ %D0%98%D0%B7%D0%B4-%D0%B2%D0%BE+%D0%98%D0%A0%D0%9D %D0%98%D0%A2%D0%A3%2C+2018. +%E2%80%93+96+ %D1%81=chrome..69i57.1868j0j15=chrome=UTF-8](https://www.google.com/search?q=%D0%90%D0%B9%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%B0+%D0%AE.%D0%90. +%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B+%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE+%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%3A+%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%B1. +%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5. +%E2%80%93+ %D0%98%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BA%3A+ %D0%98%D0%B7%D0%B4-%D0%B2%D0%BE+%D0%98%D0%A0%D0%9D %D0%98%D0%A2%D0%A3%2C+2018. +%E2%80%93+96+ %D1%81=1C1ASUM_ruRU745RU745=%D0%90%D0%B9%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%B0+%D0%AE.%D0%90. +%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B+ %D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE+%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%3A+%D1%83%D1%87%D0%B5%D0%B1. +%D0%BF%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5. +%E2%80%93+ %D0%98%D1%80%D0%BA%D1%83%D1%82%D1%81%D0%BA%3A+ %D0%98%D0%B7%D0%B4-%D0%B2%D0%BE+%D0%98%D0%A0%D0%9D %D0%98%D0%A2%D0%A3%2C+2018. +%E2%80%93+96+ %D1%81=chrome..69i57.1868j0j15=chrome=UTF-8)

## **8 Дополнительная учебная литература и справочная**

1. Ахметов С. А. Лекции по технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива : учебное пособие по специальности 130603 "Оборудование нефтегазопереработки" / С. А. Ахметов, 2007. - 311 с.

[Сайт] – URL: <https://studfile.net/preview/2800410/>

## **9 Ресурсы сети Интернет**

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

## **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

## **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. Свободно распространяемое программное обеспечение Word

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Проектор Acer P1383W (3D.DLP.1280\*800.)