

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
профессор Н.К. Кондрашева

---

**Проректор по образовательной**  
**деятельности доцент**  
Д.Г. Петраков

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИРОДНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ И УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <b>Уровень высшего образования:</b> | Бакалавриат  |
| <b>Направление подготовки:</b>      | 18.03.01 Химическая технология   |
| <b>Направленность (профиль):</b>    | Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов      |
| <b>Квалификация выпускника</b>      | бакалавр   |
| <b>Форма обучения:</b>              | очная  |
| <b>Составитель:</b>                 | профессор Н.К. Кондрашева<br>профессор В.В.Васильев<br>доцент Е.В.Саламатова |

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Теоретические основы химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» разработана:**

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО бакалавриата по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», утверждённого приказом Минобрнауки России № 922 от 07 августа 2020 г.;

– на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» направленность (профиль) «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Составитель: \_\_\_\_\_ профессор каф. ХТПЭ Кондрашева Н.К.  
\_\_\_\_\_ профессор каф. ХТПЭ Васильев В.В.  
\_\_\_\_\_ доцент каф. ХТПЭ Саламатова Е.В.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры химических технологий и переработки и переработки энергоносителей от 15 февраля 2021 г., протокол № 19.

Заведующая кафедрой ХТПЭ \_\_\_\_\_ Н.К. Кондрашева

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования,  
аккредитации и контроля качества  
образования \_\_\_\_\_ Ю.А. Дубровская

Начальник отдела методического  
обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ А.Ю.Романчиков

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Теоретические основы химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» является подготовка выпускника, знающего технологии получения высококачественных топлив, смазочных материалов и технических жидкостей, их физико-химические, эксплуатационные и экологические свойства, требования к ним, нормативные документы, классификацию, способы экономии, правила перевозки и хранения, технику безопасности.

Задачами дисциплины являются:

- изучение теоретических основ получения высококачественных топлив;
- получение общих представлений о химизме и механизмах протекания реакций в ходе термических (термолитических) и каталитических процессов переработки природных энергоносителей и углеродных материалов;
- сформировать понимание практической значимости теоретических основ химической технологии для проектирования и осуществления бесперебойного ведения процессов в современной нефтепереработке, нефтехимии и на предприятиях коксохимического профиля.
- развитие мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теоретические основы химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» и изучается в 5-м семестре.

Дисциплина «Теоретические основы химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», «Основы химической технологии смазочных масел и присадок».

Особенностью дисциплины является изучение протекания химических превращений сырья для понимания технологии переработки природных энергоносителей.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Теоретические основы химической технологии природных энергоносителей и углеродных материалов» направлен на формирование следующих компетенций:

| Формируемые компетенции по ФГОС ВО   |                 | Основные показатели освоения программы дисциплины   |
|--|-----------------|---|
| Содержание компетенции   | Код компетенции |   |
| Способность изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире, основываясь на знаниях о строении | ОПК-1           | <b>Знать:</b> теоретические основы общих закономерностей протекания химических реакций; основы химической термодинамики и кинетики; основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния; закономерности строения органических соединений; строение вещества, природу химической связи в различных классах химических соединений; механизмы протекания химических реакций; природу межмолекулярного взаимодействия |

| Формируемые компетенции по ФГОС ВО  |                 | Основные показатели освоения программы дисциплины  |
|---|-----------------|--|
| Содержание компетенции  | Код компетенции |  |
| вещества, природе химической связи и свойствах различных классов химических элементов, соединений, веществ и материалов   |                 | <b>Уметь:</b> анализировать химические элементы и их соединения; использовать методы расчета химико-технологических процессов; определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ, использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии для решения профессиональных задач; применить методы идентификации органического соединения, провести качественный и количественный анализ органического соединения; оценивать свойства простых веществ и их соединений, реакционную способность веществ на основе сведений об атомно-молекулярном строении, природе и свойствах химической связи |
|   |                 | <b>Владеть:</b> навыками применения в практической деятельности законов естественнонаучных дисциплин; навыками расчета основных показателей процессов, протекающих в химических агрегатах, навыками установления структуры органических соединений; методами вычисления тепловых эффектов и констант равновесия химических реакций при заданной температуре и определения констант скорости реакций по результатам эксперимента  |
| Способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса | ПКС-1           | <b>Знать:</b> основные технологические процессы, виды применяемого оборудования и правила его эксплуатации   |
|   |                 | <b>Уметь:</b> осуществлять контроль выполнения требований технологического регламента  |
|   |                 | <b>Владеть:</b> навыками контроля работы технологического объекта по обеспечению требований технологического регламента  |
| Способность принимать конкретные технические решения для совершенствования технологических процессов с учетом экологических последствий их применения                         | ПКС-2           | <b>Знать:</b> основные технологические схемы нефтепереработки  |
|   |                 | <b>Уметь:</b> проводить работы по совершенствованию действующих и освоению новых технологических процессов   |
|   |                 | <b>Владеть:</b> навыками анализа и систематизации научно-технической документации  |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часов.

| Вид учебной работы   | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |
|--|-----------------|-----------------------|
|  |                 | 5                     |
| <b>Аудиторные занятия, в том числе:</b>                    | <b>102</b>      | <b>102</b>            |
| Лекции   | 34              | 34                    |
| Практические работы (ПР)                                   | 51              | 51                    |
| Лабораторные работы (ЛР)                                   | 17              | 17                    |
| <b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе</b> | <b>6</b>        | <b>6</b>              |
| Подготовка к практическим работам                          | 6               | 6                     |
| <b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>                  | <b>Э(36)</b>    | <b>Э(36)</b>          |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины</b>                       |                 |                       |
| <b>ак. час.</b>  | <b>144</b>      | <b>144</b>            |
| <b>зач. ед.</b>  | <b>4</b>        | <b>4</b>              |

#### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, лабораторные работы и самостоятельная работа.

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

| Наименование разделов  | Виды занятий    |           |                      |                     |                                 |
|--|-----------------|-----------|----------------------|---------------------|---------------------------------|
|  | Всего ак. часов | Лекции    | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа студента |
| Раздел 1 Химизм и механизм превращения углеводов при термоллизе. | 38              | 10        | 20                   | 6                   | 2                               |
| Раздел 2 Химизм и механизм превращения углеводов при катализе.   | 42              | 14        | 20                   | 6                   | 2                               |
| Раздел 3 Химизм и механизм бифункционального катализа:           | 28              | 10        | 11                   | 5                   | 2                               |
| <b>Итого:</b>  | <b>108</b>      | <b>34</b> | <b>51</b>            | <b>17</b>           | <b>6</b>                        |

##### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

| № п/п | Наименование раздела дисциплины                         | Содержание лекционных занятий  | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|---|--|--------------------------|
| 1     | Химизм и механизм превращения углеводов при термоллизе. | Цели и задачи курса. Связь с другими дисциплинами. Организация изучения дисциплины. Общие положения.<br>Гомолитический разрыв; понятие радикала; энергия разрыва связи С-С и С-Н в углеводородах; свойства радикалов; реакции радикалов: замещение, присоединение, распад, изомеризация, рекомбинация, диспропорционирование; радикально-цепной механизм.<br>Понятие пиролиза в газовой фазе, термоллиз алкановых, алкеновых, циклоалкановых и ареновых углеводов; понятие жидкофазного термоллиза, «клеточный | 10                       |

| № п/п         | Наименование раздела дисциплины                           | Содержание лекционных занятий  | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|---|--|--------------------------|
|               |   | эффект», термическое превращение углеводородов в процессе замедленного коксования; мезофаза; закономерности процесса коксования.   |                          |
| 2             | Химизм и механизм превращения углеводородов при катализе. | Гетеролитический разрыв; классификация каталитических реакций; понятие карбоний-ионов, механизм образования карбоний-ионов по классическому и неклассическому способам; протонная теория Бренстеда и электронная теория Льюиса; реакции карбоний-ионов: замещение, изомеризация, присоединение, распад, конденсация. Понятие катализатора; необходимое условие катализа; свойства катализатора: активности, селективность, стабильность; классификация каталитических реакций и катализаторов; кислотно-основный катализ (гетеролитический); окислительно-восстановительный катализ (гомолитический); координационно-комплексный (бифункциональный) катализ; алюмосиликатные катализаторы: природные, синтетические аморфные и кристаллические; состав промышленных катализаторов. | 14                       |
| 3             | Химизм и механизм бифункционального катализа:             | Каталитический риформинг; целевые и побочные реакции риформинга; каталитическая изомеризация; гидроочистка серо-, азот- и кислородсодержащих и металлоорганических соединений; гидрокрекинг на катализаторах с кислотной и гидрирующей функцией.   | 10                       |
| <b>Итого:</b> |   |  | <b>34</b>                |

#### 4.2.3. Практические занятия

| № п/п         | Раздел    | Тематика практических занятий   | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|-----------|---|--------------------------|
| 1.            | Раздел 1. | Термодинамические расчёты химических процессов. Определение энергии Гиббса  | 12                       |
| 2.            | Раздел 1. | Кинетические расчеты различных химических процессов превращения углеводородов (определение скорости и константы скорости реакции) | 14                       |
| 3.            | Раздел 2. | Решение задач по теме «Свободно-радикальный механизм термических реакций»   | 8                        |
| 4.            | Раздел 2. | Решение задач на тему «Карбоний-ионный механизм каталитических реакций»   | 8                        |
| 5.            | Раздел 3. | Составление материального и теплового баланса процессов   | 9                        |
| <b>Итого:</b> |           |   | <b>51</b>                |

#### 4.2.4. Лабораторные работы

| № п/п         | Раздел    | Тематика лабораторных работ   | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|-----------|---|--------------------------|
| 1.            | Раздел 1. | Экспериментальные и расчётные методы определения физико-химических свойств, химического и группового углеводородного состава сырья и продуктов газофазного термоллиза.        | 6                        |
| 2.            | Раздел 2. | Экспериментальные и расчётные методы определения физико-химических свойств, химического и группового углеводородного состава сырья и продуктов каталитических процессов.      | 6                        |
| 3.            | Раздел 3. | Экспериментальные и расчётные методы определения физико-химических свойств, химического и группового углеводородного состава сырья и продуктов гидрокаталитических процессов. | 5                        |
| <b>Итого:</b> |           |   | <b>17</b>                |

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

| № п/п | Тематика курсовых работ (проектов)                            |
|-------|---|
| 1.    | Установка атмосферно-вакуумной перегонки нефти                |
| 2.    | Установка риформинга прямогонного бензина                     |
| 3.    | Установка каталитического крекинга вакуумного газойля         |
| 4.    | Установка изомеризации прямогонного бензина                   |
| 5.    | Установка висбрекинга нефтяных остатков                       |
| 6.    | Установка термического крекинга дистиллятного сырья           |
| 7.    | Установка гидроочистки бензиновой фракции                     |
| 8.    | Установка гидроочистки-гидродепарафинизации дизельной фракции |
| 9.    | Установка замедленного коксования нефтяных остатков           |
| 10.   | Установка флексикокинга нефтяного сырья                       |
| 11.   | Установка производства метил-трет-бутилового эфира            |
| 12.   | Установка гидрокрекинга вакуумных газойлей                    |
| 13.   | Установка электрообезвоживания-обессоливания нефти            |
| 14.   | Установка демедаллизации нефтяного сырья                      |
| 15.   | Установка производства битумов                                |

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

#### **6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

##### **Раздел 1. Химизм и механизм превращения углеводов при термоллизе**

1. Основные способы разрыва (образования) химических связей в углеводородах.
2. Уравнение закона действующих масс. Уравнение Аррениуса.
3. Промежуточная частица, образующаяся при гомолитическом разрыве связи.
4. Промежуточная частица, образующаяся при гетеролитическом разрыве связи.
5. Понятие радикала. Основные свойства радикалов.
6. По какой связи происходит разрыв в радикале. Характерные реакции радикалов.

##### **Раздел 2. Химизм и механизм образования углеводов при катализе.**

1. Что такое гетеролитический разрыв?
2. Классификация каталитических реакций.
3. Что понимают под карбоний-ионом? Классификация образования карбоний-ионов по механизму.
4. Отличие классического способа образования карбоний-ионов от неклассического.
5. Кислоты и основания по Бренстеду. Кислоты и основания по Льюису. Теории Бренстеда и Льюиса.
6. Понятие катализатора. Необходимые условия для катализа. Свойства катализатора.

##### **Раздел 3. Химизм и механизм бифункционального катализа.**

1. Что понимают под каталитическим риформингом?
2. Основные реакции, протекающие при каталитическом риформинге.
3. Что понимают под каталитической изомеризацией?
4. Для чего предназначен процесс гидроочистки?
5. Отличие гидроочистки от гидрокрекинга.
6. Различия между гомолитическим, гетеролитическим и бифункциональным катализом

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):**

1. Какие классы углеводов являются целевыми в процессе каталитического риформинга?

2. Какой олефин используют для алкилирования изобутана в процессе сернокислотного алкилирования?

3. Какой изоалкан используют в процессе сернокислотного алкилирования?



4. Какую роль может выполнять платина в составе цеолитсодержащего катализатора каталитического крекинга?
5. К нерегулируемым параметрам каталитического крекинга можно отнести?
6. Повышение октанового числа у бензинов при каталитическом риформинге происходит за счет?
7. Углеводородный радикал - это?
8. Выбрать размерность константы скорости реакции k, если порядок реакции n=2.
9. Целевые продукты пиролиза это?
10. Для приведенного ряда радикалов укажите наиболее активный радикал.
11. В процессе пиролиза увеличение давления влечет увеличение скорости реакций.
12. Для уравнения  $A+2B \rightarrow C+D$  напишите закон действующих масс.
13. Укажите реакцию образования кокса.
14. Радикалы не вступают в реакции.
15. Предэкспоненциальный множитель характеризует.
16. К сырью каталитического риформинга предъявляют жесткие требования.
17. В процессе каталитического риформинга преобладают химические реакции протекающие по?
18. В процессе получения МТБЭ в качестве углеводородного сырья используется изобутилен, а реакция конденсации происходит в присутствии?
19. Целевым продуктом процесса каталитического риформинга является?
20. Сущность процесса гидроочистки заключается в?
21. Сырьем установки гидроочистки являются?
22. Назначение процесса пиролиза?
23. Назначение процесса термического крекинга дистиллятного сырья?
24. Назначение процесса висбрекинга?
25. Карбоний-ион - это?
26. Какие существуют стадии карбонизации в термодеструктивных процессах?
27. В чем отличие смол от асфальтенов?
29. Какие растворители и почему высаждают асфальтены, а какие, наоборот, растворяют?
30. Что понимается под мезофазой?

## 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

### Вариант 1

| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа   |
|-------|--|---|
| 1     | 2  | 3   |
| 1.    | Какой из катализаторов применяется в процессе каталитического алкилирования на большинстве российских НПЗ? | 1. Pt;<br>2. HF;<br>3. цеолит;<br>4. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ;   |
| 2.    | Какой из каталитических процессов относят к бифункциональным?  | 1. производство водорода;<br>2. каталитический риформинг;<br>3. производство МТБЭ;<br>4. каталитический крекинг;  |
| 3.    | Общая эмпирическая формула цеолитов в дегидрированной форме может быть записана следующим образом:         | 1. $Me_{2/n} \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2$<br>2. $Me_2 \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2$<br>3. $Me_n \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2$<br>4. $Me_{2/n} \cdot Al_2O_3$ |
| 4.    | В реакциях гидрирования-дегидрирования наибольшую активность проявляет:                                    | 1. Re;<br>2. Pt;<br>3. цеолит;  |

|     |  |  |
|-----|--|--|
|     |  | 4. алюмосиликат;   |
| 5.  | Какую роль может выполнять платина в составе цеолитсодержащего катализатора каталитического крекинга?  | 1. в качестве промотора для повышения октанового числа бензинов;<br>2. в качестве ингибитора реакций газообразования;<br>3. в качестве пассиватора металлов;<br>4. в качестве промотора, интенсифицирующего регенерацию закоксованного катализатора.   |
| 6.  | Что является активным компонентом катализатора крекинга?   | 1. цеолит;<br>2. алюмосиликат;<br>3. $Al_2O_3$ ;<br>4. Pt;   |
| 7.  | Снижение активности катализатора или дезактивация может быть как химической так и физической. Какие факторы влияют на физическую дезактивацию? | 1. разрушение катализатора;<br>2. спекания из-за повышенной температуры;<br>3. адсорбцией металлических соединений;<br>4. изменение формы;   |
| 8.  | Какая побочная реакция в процессе алкилирования ведет к снижению крепости гомогенного катализатора $H_2SO_4$ :                                 | 1. деалкилирование;<br>2. полимеризации;<br>3. крекинга;<br>4. образования $SO_2$ ;  |
| 9.  | Какие катализаторы используются при замедленном коксовании?  | 1. шариковые;<br>2. алюмосиликатные;<br>3. Цеокар-2;<br>4. отсутствие катализаторов;   |
| 10. | В процессе каталитического риформинга преобладают химические реакции протекающие по:   | 1. по ионному катализу;<br>2. по электронному катализу;<br>3. бифункциональному катализу;<br>4. по свободно-радикальному механизму.  |
| 11. | В процессе получения МТБЭ в качестве углеводородного сырья используется изобутилен, а реакция конденсации происходит в присутствии             | 1. $H_3PO_4$ ;<br>2. $C_4H_9OH$ ;<br>3. $CH_3OH$ ;<br>4. $H_2SO_4$ ;   |
| 12. | Какие существуют марки цеолитов?   | 1. A, X, Y, T, L<br>2. A, X, Y, T, P<br>3. A, X, Y, T, M<br>4. A, X, Y, T, N   |
| 13. | Как называется количество продукта, образующегося в единицу времени на единицу объема катализатора или реактора?                               | 1. селективность катализатора<br>2. активность катализатора<br>3. объем катализатора<br>4. стабильность катализатора   |
| 14. | Какие вещества добавляют для повышения устойчивости катализатора?  | 1. обладающие каталитической активностью, но заметно уменьшающие скорость рекристаллизации активного компонента катализатора<br>2. обладающие каталитической активностью, но заметно увеличивающие скорость рекристаллизации активного компонента катализатора<br>3. не обладающие каталитической активностью, но заметно увеличивающие скорость рекристаллизации активного компонента катализатора<br>4. не обладающие каталитической активностью, но заметно уменьшающие скорость рекристаллизации активного компонента катализатора |

|     |  |  |
|-----|--|--|
| 15. | Какие бывают типы каталитических реакций по характеру химического взаимодействия катализатора с реагирующими веществами? | 1. Кислотно-основные<br>2. Окислительно-восстановительные<br>3. Бифункциональные<br>4. Все ответы верны  |
| 16. | Как называется способность сохранять активность катализатора во времени?   | 1. селективность катализатора<br>2. активность катализатора<br>3. объем катализатора<br>4. стабильность катализатора   |
| 17. | Как называется химический состав алюмосиликатов описывается соотношением $SiO_2 : Al_2O_3$ ?                             | 1. Алюминиевый модуль<br>2. Алюмосиликатный модуль<br>3. Силикатный модуль<br>4. нет правильного ответа  |
| 18. | Что входит в состав промышленных катализаторов?<br>1. Матрица<br>2. Цеолит<br>3. Вспомогательные добавки                 | 1. 2<br>2. 1, 2<br>3. 2, 3<br>4. 1, 2, 3   |
| 19. | Что такое селективность катализатора?  | 1. доля прореагировавших исходных веществ, превращаемая в присутствии данного катализатора в целевой продукт<br>2. количество продукта, образующегося в единицу времени на единицу объема катализатора или реактора<br>3. доля непрореагировавших исходных веществ, превращаемая в присутствии данного катализатора в целевой продукт<br>4. количество продукта, образующегося за все время в единицу объема катализатора или реактора |
| 20  | При одинаковом строении устойчивость относительно гидрирования возрастает в ряду   | 1. сероорганические -кислородорганические - азоторганические<br>2. азоторганические - сероорганические - кислородорганические<br>3. кислородорганические - азоторганические - сероорганические<br>4. азоторганические -кислородорганические-сероорганические   |

### Вариант 2

| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа  |
|-------|--|--|
| 1     | 2  | 3  |
| 1.    | Какие алюмосиликаты имеют максимальную активность при каталитическом крекинге? | 1. Природные активированные алюмосиликаты<br>2. Синтетические кристаллические алюмосиликаты<br>3. Синтетические активированные алюмосиликаты<br>4. синтетический аморфный алюмосиликат |
| 2.    | Какое вещество относится к кислотам Льюиса?                                    | 1. цеолит;<br>2. алюмосиликат;<br>3. $H_2SO_4$ ;<br>4. 1,2;  |
| 3.    | Укажите реакцию образования кокса:   | 1. ПЦА→смолы→асфальтены→кокс;<br>2. Смолы→асфальтены→ПЦА→кокс;<br>3. Смолы→ПЦА→асфальтены→кокс;<br>4. Асфальтены→смолы→ПЦА→кокс;   |
| 4.    | В реакциях гидрирования-дегидрирования наибольшую активность проявляет:        | 1. Re;<br>2. Pt;<br>3. цеолит;   |

|     |  |  |
|-----|--|--|
|     |  | 4. алюмосиликат;   |
| 5.  | Какую роль может выполнять платина в составе цеолитсодержащего катализатора каталитического крекинга?  | 1. в качестве промотора для повышения октанового числа бензинов;<br>2. в качестве ингибитора реакций газообразования;<br>3. в качестве пассиватора металлов;<br>4. в качестве промотора, интенсифицирующего регенерацию закоксованного катализатора. |
| 6.  | Что является активным компонентом катализатора крекинга?   | 1. цеолит;<br>2. алюмосиликат;<br>3. $Al_2O_3$ ;<br>4. Pt;   |
| 7.  | Снижение активности катализатора или дезактивация может быть как химической так и физической. Какие факторы влияют на физическую дезактивацию? | 1. разрушение катализатора;<br>2. спекания из-за повышенной температуры;<br>3. адсорбцией металлических соединений;<br>4. изменение формы;   |
| 8.  | Какие классы углеводородов обладают наибольшей основностью?  | 1. парафины;<br>2. изопарафины;<br>3. олефины;<br>4. арены.  |
| 9.  | Какая из нижеприведенных систем обладает наибольшей кислотностью по Гаммету?   | 1. аморфный алюмосиликат;<br>2. оксид алюминия;<br>3. 90%-ный раствор серной кислоты;<br>4. цеолит;  |
| 10. | В процессе каталитического риформинга преобладают химические реакции протекающие по:   | 1. по ионному катализу;<br>2. по электронному катализу;<br>3. бифункциональному катализу;<br>4. по свободно-радикальному механизму.  |
| 11. | В процессе получения МТБЭ в качестве углеводородного сырья используется изобутилен, а реакция конденсации происходит в присутствии             | 1. $H_3PO_4$ ;<br>2. $C_4H_9OH$ ;<br>3. $CH_3OH$ ;<br>4. $H_2SO_4$ ;   |
| 12. | По определению Бренстеда кислота – это:  | 1. донор протона;<br>2. акцептор протона;<br>3. донор электронной пары;<br>4. акцептор электронной пары.   |
| 13. | Как называется количество продукта, образующегося в единицу времени на единицу объема катализатора или реактора?                               | 1. селективность катализатора<br>2. активность катализатора<br>3. объем катализатора<br>4. стабильность катализатора   |
| 14. | Какое вещество относится к кислотам Бренстеда?   | 1. $Al_2O_3$ ;<br>2. $AlCl_3$ ;<br>3. $HCl$ ;<br>4. алюмосиликат;  |
| 15. | Какие бывают типы каталитических реакций по характеру химического взаимодействия катализатора с реагирующими веществами?                       | 1. Кислотно-основные<br>2. Окислительно-восстановительные<br>3. Бифункциональные<br>4. Все ответы верны  |
| 16. | Расположить по мере увеличения основности?<br>1) парафины;<br>2) олефины;<br>3) циклопарафины;<br>4) арены;<br>5) изопарафины.                 | 1. 1, 5, 3, 4, 2;<br>2. 2, 5, 3, 4, 1;<br>3. 3, 5, 1, 4, 2;<br>4. 4, 5, 3, 1, 2;   |
| 17. | В соответствии с протонной теорией Бренстеда, донорами протонов являются   | 1. кислоты<br>2. основания   |

|     |  |   |
|-----|--|---|
|     | ...  | 3. кислоты и основания<br>4. нет правильного ответа   |
| 18. | Что входит в состав промышленных катализаторов?<br>1. Матрица<br>2. Цеолит<br>3. Вспомогательные добавки | 1. 2<br>2. 1, 2<br>3. 2, 3<br>4. 1, 2, 3  |
| 19. | В соответствии с протонной теорией Бренстеда, акцепторами протонов являются ...                          | 1. кислоты<br>2. основания<br>3. кислоты и основания<br>4. нет правильного ответа   |
| 20  | Активные центры катализаторов процесса каталитического крекинга представлены:                            | 1. кислотами Бренстеда;<br>2. кислотами Льюиса;<br>3. гидрирующими-дегидрирующими центрами;<br>4. кислотами Бренстеда и Льюиса; |

### Вариант 3

| № п/п | Вопрос   | Варианты ответа  |
|-------|--|--|
| 1     | 2  | 3  |
| 1.    | Целевые продукты пиролиза это:   | 1. Бутен-1;<br>2. Этан и пропан;<br>3. Изопарафины;<br>4. Этилен и пропилен;   |
| 2.    | Какой из перечисленных углеводородов обеспечит наибольший выход целевых продуктов при пиролизе?  | 1. Пропан;<br>2. Изобутан;<br>3. Циклогексан;<br>4. Бутилен;   |
| 3.    | Укажите реакцию образования кокса:   | 1. ПЦА→смолы→асфальтены→кокс;<br>2. Смолы→асфальтены→ПЦА→кокс;<br>3. Смолы→ПЦА→асфальтены→кокс;<br>4. Асфальтены→смолы→ПЦА→кокс;           |
| 4.    | Что является движущей силой химических процессов?  | 1. Разность давлений;<br>2. Разность химических потенциалов;<br>3. Разность температур;<br>4. Разность концентраций.                       |
| 5.    | Назовите продукты вторичных реакций в процессе пиролиза газового сырья:  | 1. бензол;<br>2. $C = C$ ;<br>3. $C = C - C$ ;<br>4. ацетилен.   |
| 6.    | Что является активным компонентом катализатора крекинга?   | 1. цеолит;<br>2. алюмосиликат;<br>3. $Al_2O_3$ ;<br>4. Pt;   |
| 7.    | Снижение активности катализатора или дезактивация может быть как химической так и физической. Какие факторы влияют на физическую дезактивацию? | 1. разрушение катализатора;<br>2. спекания из-за повышенной температуры;<br>3. адсорбцией металлических соединений;<br>4. изменение формы; |
| 8.    | Какие классы углеводородов обладают наибольшей основностью?  | 1. парафины;<br>2. изопарафины;<br>3. олефины;<br>4. арены.  |
| 9.    | Какая из нижеприведенных систем обладает наибольшей кислотностью по Гаммету?   | 1. аморфный алюмосиликат;<br>2. оксид алюминия;<br>3. 90%-ный раствор серной кислоты;<br>4. цеолит;  |

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 10. | Какой олефин используют для алкилирования изобутана в процессе сернокислотного алкилирования?                            | 1. этилен;<br>2. пропен;<br>3. бутен;<br>4. пентен;   |
| 11. | Какой изоалкан используют в процессе сернокислотного алкилирования?  | 1. изооктан.<br>2. изобутан;<br>3. изопентан;<br>4. изогексан;  |
| 12. | По определению Бренстеда кислота – это:  | 1. донор протона;<br>2. акцептор протона;<br>3. донор электронной пары;<br>4. акцептор электронной пары.  |
| 13. | В каком процессе идет реакция переноса водорода?   | 1. каталитического риформинга;<br>2. гидрокрекинга;<br>3. термического крекинга;<br>4. каталитического крекинга;  |
| 14. | Образование какого из этих продуктов является характерным при пиролизе?  | 1. метан;<br>2. этилен;<br>3. циклогексан;<br>4. этан;  |
| 15. | Какие бывают типы каталитических реакций по характеру химического взаимодействия катализатора с реагирующими веществами? | 1. Кислотно-основные<br>2. Окислительно-восстановительные<br>3. Бифункциональные<br>4. Все ответы верны   |
| 16. | Какие углеводороды вступают в реакцию перераспределения водорода в процессе каталитического крекинга?                    | 1. алканы и алкены;<br>2. алканы и арены;<br>3. алкены и циклоалканы<br>4. алканы и циклоалканы;  |
| 17. | Какие углеводороды образуются в результате реакции перераспределения водорода в процессе каталитического крекинга?       | 1. алканы и алкены;<br>2. алканы и арены;<br>3. алкены и циклоалканы;<br>4. алканы и циклоалканы;   |
| 18. | Какие классы углеводородов являются целевыми в процессе каталитического риформинга?                                      | 1. изопарафины;<br>2. арены;<br>3. нафтены;<br>4. олефины;  |
| 19. | Для чего необходимо избыточное давление водорода в процессе гидроочистки   | 1. для гидрирования олефинов и аренов<br>2. для предотвращения закоксовывания катализатора<br>3. для гидрогенолиза гетероорганических соединений;<br>4. 1,2,3 |
| 20  | Реакция гидрокрекинга является   | 1. экзотермической<br>2. эндотермической<br>3. ни той, ни другой<br>4. экзотермической или эндотермической в зависимости от фракционного состава сырья        |

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.2. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

| <b>Оценка</b>   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| <b>«2»<br/>(неудовлетворительно)</b>  | <b>Пороговый уровень освоения</b>   | <b>Углубленный уровень освоения</b>   | <b>Продвинутый уровень освоения</b>  |
|   | <b>«3»<br/>(удовлетворительно)</b>  | <b>«4»<br/>(хорошо)</b>   | <b>«5»<br/>(отлично)</b>   |
| Посещение менее 50 % лекционных, лабораторных и практических занятий                              | Посещение не менее 60 % лекционных, лабораторных и практических занятий   | Посещение не менее 70 % лекционных, лабораторных и практических занятий   | Посещение не менее 85 % лекционных, лабораторных и практических занятий  |
| Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы | Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос | Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос. | Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос |
| Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий                 | Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий  | Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий  | Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий  |
| Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено                              | Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно   | Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены   | Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены  |

***Шкала оценивания знаний в тестовой форме:***

| <b>Количество правильных ответов, %</b> | <b>Оценка</b>       |
|---|---------------------|
| 0-50                                    | Неудовлетворительно |
| 51-65                                   | Удовлетворительно   |
| 66-85                                   | Хорошо              |
| 86-100                                  | Отлично             |

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

Потехин, В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки [Электронный ресурс] : учеб. / В.М. Потехин, В.В. Потехин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 896 с. <https://e.lanbook.com/book/53687>

2. Фундаментальные основы комплексной переработки углей КАТЭКа для получения энергии, синтез-газа и новых материалов с заданными свойствами: Монография / Шабанов В.Ф., Кузнецов Б.Н., Щипко М.Л. - Новосибир.: СО РАН, 2005. - 219 с. <http://znanium.com/bookread2.php?book=924623>

### **7.1.2. Дополнительная литература**

1. Зарифьянова М.З. , Пучкова Т.Л. , Шарифуллин А. В. Химия и технология вторичных процессов переработки нефти: учебное пособие – Казань: Издательство КНИТУ, 2015. – 156 с.  
[https://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=428799](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=428799)

### **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека European: <http://www.europeana.eu/portal/>
2. Мировая цифровая библиотека: <http://www.wdl.org/ru/>
3. Свободная энциклопедия «Википедия»: <http://ru.wikipedia.org/>
4. Словари и энциклопедии на «Академик»: <http://dic.academic.ru/>
5. Электронная библиотека учебников: <http://student.net/>
6. Электронная библиотека IQLib: <http://www.iqlib.ru/>
7. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):  
<http://www.rsl.ru/>
8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий.**

Оснащенность: стол- 19 шт., стул-38 шт., доска белая маркерная Magnetoplan C 2000x1000 мм.  
Компьютерная техника: интерактивный сенсорный LCD – экран iiyama ProLite PL8603U.

#### **Аудитории для проведения практических занятий.**

Оснащенность: стол- 8 шт., стул-16 шт., доска белая маркерная Magnetoplan C 2000x1000 мм.  
Компьютерная техника: Моноблок Dell OptiPlex 7470 All-in-One CTO 23.8” FHD DDR4 16 ГБ – 16 шт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт.,



набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение:**

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 « На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007)

3. Microsoft Office 2007 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 46082032 от 30.10.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46822807 от 22.12.2009, договор бессрочный Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 45207312 от 03.03.2009)

4. MySQL Workbench v. 6.3.9 (лицензия свободная GNU GPL)

5. PHP 7.1.7 ( лицензия на свободное программное обеспечение, под которой выпущен язык программирования PHP, одобрена OSI)

6. Apache 2.4.27 (свободный кроссплатформенный Web-сервер, лицензия на свободное программное обеспечение Apache Software Foundation).

7. Python (свободное распространяемое ПО)