

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



Проф. Минзарипов Р.Г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Техника каталитических экспериментов М2.ДВ.1

Направление подготовки: 020100.68 - Химия

Профиль подготовки: Нефтехимия и катализ

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Ильясов И.Р.

**Рецензент(ы):**

Соломонов Б.Н.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Соломонов Б. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Регистрационный No 7814

Казань

2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) научный сотрудник, к.н. Ильясов И.Р. лаборатория сорбционных и каталитических процессов Отдел физической химии , lldar.Ilyasov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

основные закономерности проведения каталитических экспериментов для корректного и точного определения значений основных показателей работы гетерогенных катализаторов, ознакомление обучающихся с экспериментальной техникой определения каталитической активности, конструктивными особенностями микрореакторов и каталитических установок

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 020100.68 Химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

относится к профессиональному циклу М2, его вариативной части М2.ДВ.1 и опирается на основные разделы общенаучных дисциплин: неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, химическая технология, физические методы исследования, каталитические методы в органическом синтезе; естественнонаучных и специальных дисциплин: химическая термодинамика, физико-химические основы катализа, кинетика химических реакций

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью владеть культурой мышления, умение аргументировано и ясно строить устную и письменную речь
ОК-2 (общекультурные компетенции)	способностью уважительно и бережно относиться к историческому наследию и культурным традициям, толерантность в восприятии социальных и культурных различий
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способностью использовать нормативные правовые документы в своей деятельности, проявлять настойчивость в достижении цели с учетом моральных и правовых норм и обязанностей
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- методы измерения каталитической активности, сравнения активности катализаторов по глубине превращения, по температуре достижения стационарной конверсии;
- методы исследования каталитических свойств приближенными и точными интегральными и дифференциальными методами;
- способы приготовления и использования исходных модельных реакционных смесей;
- технические особенности каталитических установок проточного и циркуляционного типов;
- конструкции лабораторных микрореакторов

2. должен уметь:

- ориентироваться в общих факторах, определяющих скорость химического превращения;
- разбираться в основах диффузионной кинетики, влияния внешней и внутренней диффузии на протекание каталитических реакций;
- ориентироваться в вопросах влияния взаимодействия реагирующей системы и катализатора на кинетику реакции

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- рационально проводить поиск и использование научно-технической информации, связанной с методологией проведения каталитических испытаний гетерогенных катализаторов;
- ориентироваться в учебной, монографической, справочной и журнальной литературе в области каталитических экспериментов

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Общие закономерности каталитических экспериментов	3	1	0	2	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Основы построения технологических схем лабораторных каталитических установок	3	2-4	0	4	4	устный опрос
3.	Тема 3. Модельные и реальные сырьевые смеси	3	5-8	0	4	4	контрольная работа
4.	Тема 4. Стационарные и нестационарные режимы проведения каталитических реакций	3	9-12	0	2	4	контрольная работа
5.	Тема 5. Контроль и измерение основных технологических параметров каталитических процессов	3	13-14	0	2	4	контрольная работа
6.	Тема 6. Основы автоматического управления каталитическими экспериментами	3	15-16	0	2	4	контрольная работа
7.	Тема 7. Конструкция проточной и проточно-циркуляционной каталитической установок	3	17-18	0	2	2	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет
	Итого			0	18	24	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Общие закономерности каталитических экспериментов

#### *практическое занятие (2 часа(ов)):*

Общие закономерности каталитических экспериментов при разработке новых катализаторов и каталитических процессов в химических лабораториях, цели и типы лабораторных каталитических экспериментов, каталитические свойства (активность, селективность, стабильность), кинетические методы исследований каталитических свойств, общие представления о методиках испытаний каталитических свойств, производительность и автоматизация каталитических экспериментов.

#### *лабораторная работа (2 часа(ов)):*

### Тема 2. Основы построения технологических схем лабораторных каталитических установок

#### *практическое занятие (4 часа(ов)):*

Основы построения технологических схем лабораторных каталитических установок. Структурные, функциональные и принципиальные схемы, условные обозначения, основные системы, блоки и элементы технологической части и системы КИП и А каталитических установок и микрореакторов.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

**Тема 3. Модельные и реальные сырьевые смеси**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Модельные и реальные сырьевые смеси при проведении каталитических экспериментов. Приготовление калибровочных эталонных смесей и исходных реакционных смесей (ИРС) для проведения каталитических экспериментов. Методы периодического и непрерывного приготовления ИРС, техника непрерывного дозирования газов и жидкостей, автоматическое управление материальными микропотоками. Особенности применения аналитических методов исследования исходных и конечных реакционных смесей в каталитических экспериментах.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

**Тема 4. Стационарные и нестационарные режимы проведения каталитических реакций**

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Стационарные и нестационарные режимы проведения каталитических реакций. Реакторы для каталитических реакций. Статические и проточные микрореакторы, реакторы методов идеального смешения и идеального вытеснения, реакторы для процессов при высоких давлениях, термостаты микрореакторов.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

**Тема 5. Контроль и измерение основных технологических параметров каталитических процессов**

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Контроль и измерение основных технологических параметров каталитических процессов (составов, расходов, давлений, температур). Погрешность измерений.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

**Тема 6. Основы автоматического управления каталитическими экспериментами**

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Основы автоматического управления каталитическими экспериментами, способы сбора и обработки информации на каталитических установках, алгоритмы автоматического управления каталитическими экспериментами, локальные и централизованные средства автоматизации.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

**Тема 7. Конструкция проточной и проточно-циркуляционной каталитической установок**

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Конструкция проточной и проточно-циркуляционной каталитической установок. Методики проведения типовых кинетических экспериментов. Проведение комплекса исследований по установлению зависимости каталитической активности от температуры реакции, состава контактной реакционной смеси.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

#### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Общие закономерности каталитических					

экспериментов

3

1

подготовка к  
устному опросу

2

устный опрос



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Основы построения технологических схем лабораторных каталитических установок	3	2-4	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
3.	Тема 3. Модельные и реальные сырьевые смеси	3	5-8	подготовка к контрольной работе	12	контрольная работа
4.	Тема 4. Стационарные и нестационарные режимы проведения каталитических реакций	3	9-12	подготовка к контрольной работе	14	контрольная работа
5.	Тема 5. Контроль и измерение основных технологических параметров каталитических процессов	3	13-14	подготовка к контрольной работе	14	контрольная работа
6.	Тема 6. Основы автоматического управления каталитическими экспериментами	3	15-16	подготовка к контрольной работе	8	контрольная работа
7.	Тема 7. Конструкция проточной и проточно-циркуляционной каталитической установок	3	17-18	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
	Итого				66	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

- демонстрацией слайдов с применением мультимедийной техники,
- использованием раздаточного материала с изображением конструкций различных реакционных устройств и принципиальных схем некоторых каталитических процессов.
- использованием интернет-ресурсов различных поисковых систем, таких как [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.wail.ru](http://www.wail.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru); [www.rushim.ru](http://www.rushim.ru), [www.chem.msu.ru](http://www.chem.msu.ru), [www.Scirus.com](http://www.Scirus.com), а также сайтов государственных ВУЗов: МГУ, СПбГУ, НГУ, ИК СО РАН, Scientopica, ChemWeb, ResearchIndex, ScientificWorld

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Общие закономерности каталитических экспериментов



устный опрос , примерные вопросы:

Каталитическая активность и методы ее измерения.

## **Тема 2. Основы построения технологических схем лабораторных каталитических установок**

устный опрос , примерные вопросы:

Определение меры каталитической активности.

## **Тема 3. Модельные и реальные сырьевые смеси**

контрольная работа , примерные вопросы:

Методы приготовления калибровочных эталонных смесей

## **Тема 4. Стационарные и нестационарные режимы проведения каталитических реакций**

контрольная работа , примерные вопросы:

Стационарные и нестационарные режимы проведения каталитических реакций. Статические и проточные микрореакторы, реакторы методов идеального смешения и идеального вытеснения, реакторы для процессов при высоких давлениях.

## **Тема 5. Контроль и измерение основных технологических параметров каталитических процессов**

контрольная работа , примерные вопросы:

Методы определения селективности работы катализатора. Методы определения стабильности работы катализатора.

## **Тема 6. Основы автоматического управления каталитическими экспериментами**

контрольная работа , примерные вопросы:

Алгоритмы автоматического управления каталитическими экспериментами, локальные и централизованные средства автоматизации.

## **Тема 7. Конструкция проточной и проточно-циркуляционной каталитической установок**

контрольная работа , примерные вопросы:

Конструкция проточной и проточно-циркуляционной каталитической установок.

Конструкционные особенности микрореакторов.

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету и контрольным работам

Вопросы к контрольной работе ♦ 1

1. Каталитическая активность и методы ее измерения.
2. Определение меры каталитической активности.
3. Сравнение активности катализаторов по глубине превращения.
4. Сравнение активности катализаторов по температуре достижения стационарной конверсии.
5. Методы определения селективности работы катализатора.
6. Методы определения стабильности работы катализатора.
7. Изменение свойств катализаторов под воздействием реакционной среды.
8. Учет влияния переноса тепла и вещества в кинетических исследованиях.

Вопросы к контрольной работе ♦ 2

9. Особенности использования модельных и реальных сырьевых смесей при проведении каталитических экспериментов.
10. Методы приготовления калибровочных эталонных смесей.
11. Методы периодического и непрерывного приготовления исходных реакционных смесей для проведения каталитических экспериментов.
12. Способы дозирования газов и жидкостей, автоматическое управление материальными микропотоками.

13. Контроль и измерение основных технологических параметров каталитических процессов (составов, расходов, давлений, температур). Погрешность измерений.

14. Особенности применения аналитических методов исследования исходных и конечных реакционных смесей в каталитических экспериментах.

Вопросы к контрольной работе ♦ 3

15. Стационарные и нестационарные режимы проведения каталитических реакций.

16. Статические и проточные микрореакторы, реакторы методов идеального смешения и идеального вытеснения, реакторы для процессов при высоких давлениях.

17. Проточные методы исследования каталитических свойств.

18. Приближенные интегральные методы исследования каталитических свойств.

19. Точные интегральные методы исследования каталитических свойств.

20. Приближенные дифференциальные методы исследования каталитических свойств.

21. Точные дифференциальные методы исследования каталитических свойств.

Вопросы к контрольной работе ♦ 4

22. Основы автоматического управления каталитическими экспериментами.

23. Способы сбора и обработки информации на каталитических установках.

24. Алгоритмы автоматического управления каталитическими экспериментами, локальные и централизованные средства автоматизации.

25. Конструкция проточной и проточно-циркуляционной каталитической установок.

26. Конструкционные особенности микрореакторов.

27. Методики проведения типовых кинетических экспериментов по установлению зависимости каталитической активности от температуры реакции, состава контактной реакционной смеси

### 7.1. Основная литература:

1. Харлампиди Х.Э. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов. - 2-е изд., перераб. - СПб.: Лань, 2013. - 448 с.

[http://e.lanbook.com/bookselement.php?pl1\\_id=32826](http://e.lanbook.com/bookselement.php?pl1_id=32826)

2. Боруцкий, П.Н. Каталитические процессы получения углеводородов разветвленного строения, Изомерия и катализ синтеза углеводородов разветвленного строения / П.Н. Боруцкий. - Санкт-Петербург: Профессионал, 2010. - 745 с.

3. Миначев, Х.М. Избранные труды: гетерогенный катализ. Нефтехимия. Каталитический органический синтез / Х. М. Миначев; Рос. акад. наук, Ин-т орган. химии им. Н. Д. Зелинского; ред.-сост. д.х.н., проф. Н.Я. Усачев; предисл. чл.-кор. РАН А. Л. Лапидуса и д.х.н., проф. Н. Я. Усачева. Москва: URSS: [ЛИБРОКОМ], 2011. 844 с.

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Кузнецова И.М., Харлампиди Х. Э.

Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС. - 2-е изд., перераб. - СПб.: Лань, 2014. - 384 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=45973](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45973)

2. Закгейм А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Закгейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 2012. - 304 с. - (Новая университетская библиотека). <http://znanium.com/bookread.php?book=468690>

3. Modern heterogeneous oxidation catalysis: design, reactions and characterization / ed. by Noritaka Mizuno. [Weinheim]: Wiley-VCH, [cop. 2009]. XV, 341 с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Катализ в промышленности, периодический журнал -  
<http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1140752>

Кинетика и катализ, периодический журнал - <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=712147>

Неорганические материалы, периодический журнал  
Неорганические материалы, периодический журнал - <http://elibrary.ru/issues.asp?id=7918>

Нефтехимия, периодический журнал - <http://elibrary.ru/issues.asp?id=7920>

Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=32826](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=32826)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Техника каталитических экспериментов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

- слайды с применением мультимедийной техники;
- раздаточный материал с изображением конструкций различных реакционных устройств и принципиальных схем некоторых каталитических процессов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020100.68 "Химия" и магистерской программе Нефтехимия и катализ .

Автор(ы):

Ильясов И.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Соломонов Б.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.