

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**Б1.Б.04**

(индекс дисциплины)

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Катализ в химической технологии

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

18.04.01 Химическая технология

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ ФГОС ВО)

Химия и технология продуктов основного органического и нефтехимического синтеза

(направленность (профиль)/специализация)

Форма обучения: очная

Год набора: 2019

### Распределение часов дисциплины по семестрам и видам занятий (по учебному плану)

Количество ЗЕТ	5											
Часов по РУП	180											
Виды контроля в семестрах:	Экзамены			Зачеты			Курсовые проекты		Курсовые работы		Контрольные работы (для заочной формы обучения)	
				1								
	№№ семестров											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Итого
ЗЕТ по семестрам	5											5
Лекции	16											16
Лабораторные												
Практические	48											48
Контактная работа	64											64
Сам. работа	116											116
Контроль												
Итого	180											180

Тольятти, 2019

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВПО/ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности) 18.04.01 Химическая технология  
(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ ФГОС ВО)

**Рецензирование рабочей программы дисциплины:**

☒ Отсутствует

☒ Учебная (рабочая) программа одобрена на заседании кафедры «Рациональное природопользование и ресурсосбережение» (протокол заседания № 1 от 28 августа 2018 г.)

☐ Рецензент

\_\_\_\_\_  
(должность, ученое звание, степень)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

**Срок действия рабочей программы дисциплины до 28 августа 2021 г.**

**Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:**

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**СОГЛАСОВАНО**

Заведующий кафедрой «Химия, химические процессы и технологии»  
(выпускающей направление (специальность))

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Г.И. Остапенко  
(И.О. Фамилия)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой «Рациональное природопользование и ресурсосбережение»  
(разработавшей РПД)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

М.В. Кравцова  
(И.О. Фамилия)

**АННОТАЦИЯ**  
**дисциплины (учебного курса)**  
**Б1.Б.04 Катализ в химической технологии**

---

(индекс и наименование дисциплины (учебного курса))

**1. Цель и задачи изучения дисциплины (учебного курса)**

Цель - формирование знаний углубленных знаний и представлений о сущности каталитических процессов, их применении в химической промышленности, методах экспериментального определения параметров катализаторов.

Задачи:

1. Сформировать навыки планирования, организации и проведения научно-исследовательских работ в сфере промышленного катализа; освоения детального анализа научной и технической информации в области энерго-, ресурсосбережения, патентной и маркетинговой поддержки проводимых фундаментальных исследований и технологических разработок.

2. Научить оценивать эффективность каталитических систем; осуществлять подбор аппаратуры на основании кинетических данных и скорости процесса; проводить рецептуростроение и химико-технологические расчёты; разрабатывать бизнес-модели.

3. Научить представлять результаты выполненной работы в виде научно-технических отчетов, обзоров, научных докладов и публикаций с использованием современных возможностей информационных технологий.

**2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (базовая часть).

Дисциплина представляет собой первый этап обучения, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – «Гетерогенный катализ в технологии основного органического и нефтехимического синтеза».

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) – «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии».

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (учебному курсу), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Формируемые и контролируемые компетенции</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>
- способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1)	Знать: информацию о современных методах анализа;
	Уметь: выбирать оптимальный метод анализа;
	Владеть: навыками работы в аналитической лаборатории.
способность организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, разрабатывать задания для исполнителей (ПК-1)	Знать: – теоретические основы гомогенного, гетерогенного и ферментативного видов катализа, аппаратное оформление каталитических процессов
	Уметь: – проводить расчеты кинетических параметров для каталитических реакций
	Владеть: – теорией и практикой планирования эксперимента, выявления лимитирующих стадий сложного каталитического процесса
готовность к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, выбору методик и средств решения задачи (ПК-2)	Знать: – правила проведения патентного поиска с выявлением наиболее близких технических решений, обработки информационных данных в виде аналитических обзоров
	Уметь: – разрабатывать и вести базы экспериментальных данных, производить поиск методик и средств измерения для решения научно-исследовательских задач, выполнять моделирование каталитических процессов
	Владеть: – математическим аппаратом для статистической обработки экспериментальных данных, расчета ошибок и вывода аналитических уравнений
способность использовать современные приборы и методики,	Знать: – устройство, назначение и принцип работы современных аналитических приборов, правила аттестации и аккредитации методик контроля

организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты (ПК-3)	Уметь: – профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы, компьютерные программные средства для получения и обработки экспериментальных данных, определять сроки службы промышленных катализаторов.
	Владеть: – методиками расчета эффективности различных каталитических систем.

### Тематическое содержание дисциплины (учебного курса)

Раздел, модуль	Подраздел, тема
<b>Модуль 1.</b> Термодинамические и кинетические аспекты в катализе.	Классификация каталитических процессов и оборудование для их осуществления. Требования к каталитическим системам, методы регулирования параметров катализаторов. Основные технологические процессы, идущие с участием катализаторов. Каталитическая нейтрализация вредных выбросов химических производств.
<b>Модуль 2.</b> Гетерогенный катализ в производстве.	Гетерогенный катализ. Общие положения. Практическая реализация каталитических процессов. Промышленные катализаторы для сероочистки природного газа, первичного риформинга метана в синтез-газ.

**Общая трудоемкость дисциплины (учебного курса) – 5 ЗЕТ.**

## 4. Структура и содержание дисциплины (учебного курса) Катализ в химической технологии

(наименование дисциплины (учебного курса))

Семестр изучения 1

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально-технические ресурсы	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)	Рекомендуемая литература (№)	
		Контрольная работа (в часах)				Самостоятельная работа					
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведения лекций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реализующие применяемую образовательную технологию	в часах				формы организации самостоятельной работы
		лекций	лабораторных	практических							
Модуль 1. Термодинамические и кинетические аспекты в катализе.	Лекция №1. Классификация каталитических процессов и оборудование для их осуществления.	2				Лекция с элементами дискуссии.			Мультимедийная аудитория.	1-4	
	Лекция №2. Требования к каталитическим системам, методы регулирования параметров катализаторов.	4				Лекция с элементами дискуссии.			Мультимедийная аудитория.	1-4	
	Лекция №3. Основные технологические процессы, идущие с участием катализаторов.	2				Лекция с элементами дискуссии.			Мультимедийная аудитория.	1-4	
	Лекция №4. Каталитическая нейтрализация вредных выбросов химических производств.	2				Лекция с элементами дискуссии.			Мультимедийная аудитория.	1-4	
	Практическое занятие №1. Основы и методы построение математических моделей каталитических процессов химической технологии.			4		Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности.	10	Подготовка отчета по практическому занятию	Раздаточный материал, меловая доска.	Отчет по практическому занятию № 1	1-4
	Практическое занятие № 2. Моделирование кинетики гомогенных и гетерогенных каталитических реакций.			4		Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности.	10	Подготовка отчета по практическому занятию	Раздаточный материал, меловая доска.	Отчет по практическому занятию № 2	1-4
Модуль 2. Гетерогенный катализ в производстве.	Лекция №5. Гетерогенный катализ. Общие положения. Практическая реализация каталитических процессов.	2				Лекция с элементами дискуссии.			Мультимедийная аудитория.	1-4	
	Лекция №6. Промышленные катализаторы для сероочистки природного газа, первичного риформинга метана в синтез-газ.	4				Лекция с элементами дискуссии.			Мультимедийная аудитория.	1-4	
	Практическое занятие № 3. Каталитические процессы окислительного дегидрирования метанола в формальдегид.			4		Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности.	10	Подготовка отчета по практическому занятию	Раздаточный материал, меловая доска.	Отчет по практическому занятию № 3	1-4
	Практическое занятие № 4. Катализаторы и аппаратное оформление процесса нейтрализации дымовых газов			4		Практическое занятие с решением	10	Подготовка отчета по	Раздаточный материал, меловая доска.	Отчет по практическому занятию	1-4

	аммиачного производства.					задач, обсуждение результатов деятельности.		практическому занятию	доска.	занятию № 4	
	Практическое занятие № 5. Современные технологические процессы обеззараживания формальдегидсодержащих абгазов.			4		Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности.	10	Подготовка отчета по практическому занятию	Раздаточный материал, меловая доска.	Отчет по практическому занятию № 5	1-4
	Практическое занятие № 6. Математическое, кинетическое и компьютерное моделирование биокаталитических процессов			4		Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности.	10	Подготовка отчета по практическому занятию	Раздаточный материал, меловая доска.	Отчет по практическому занятию № 6	1-4
	Практическое занятие № 7. Каталитические процессы крупнотоннажных агрегатов получения аммиака.			8		Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности.	10	Подготовка отчета по практическому занятию	Раздаточный материал, меловая доска.	Отчет по практическому занятию № 7	1-4
	Практическое занятие № 8. Процесс МТО – переработка метанола в олефины.			4		Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности.	10	Подготовка отчета по практическому занятию	Раздаточный материал, меловая доска.	Отчет по практическому занятию № 8	1-4
	Практическое занятие № 9. Жидкофазные каталитические процессы на примере получения уксусной кислоты.			8		Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности.	10	Подготовка отчета по практическому занятию	Раздаточный материал, меловая доска.	Отчет по практическому занятию № 9	1-4
	Практическое занятие № 10. Промышленные катализаторы полимеризации олефинов.			4		Практическое занятие с решением задач, обсуждение результатов деятельности.	26	Подготовка отчета по практическому занятию	Раздаточный материал, меловая доска.	Отчет по практическому занятию № 10	1-4
Итого: 180		16		48			116				

### 5. Критерии и нормы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Отчет по практическим занятиям.	Наличие отчетов по практическим занятиям № 1 - 10	«зачтено»	Отчет по практическому занятию выполнен в соответствие с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии. Студент отвечает на задаваемые по работе вопросы.
		«не зачтено»	Отчет по практическому занятию выполнен не в соответствие с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии. Студент не отвечает на заданные по работе вопросы, не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты.

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
зачет (устно)	Наличие «зачтено» по результатам текущего контроля	«зачтено»	Ответ на теоретический материал по одному из двух теоретических вопросов полный, ответы на дополнительные вопросы по теоретическому материалу должны быть близкими к теории.
		«не зачтено»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.



## 6. Критерии и нормы оценки курсовых работ (проектов)

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

## 7. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

Письменные работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

## 8. Вопросы к зачету

№ п/п	Вопросы
1	Элементы молекулярно-кинетической теории газов.
2	Теория активных столкновений.
3	Мономолекулярные и бимолекулярные реакции.
4	Статистический аспект теории активированного комплекса.
5	Термодинамический аспект теории активированного комплекса.
6	Основные положения в катализе. Понятия и определения.
7	Теория промежуточных соединений в катализе.
8	Термодинамические аспекты в катализе.
9	Кинетические аспекты в катализе.
10	Автокатализ.
11	Ферментативный катализ.
12	Кинетика ферментативной реакции с одним субстратом.
13	Способы определения кинетических параметров.
14	Ингибирование ферментативных реакций..
15	Активность ферментов
16	Кислотно-основной катализ.
17	Теория кислот и оснований.
18	Типы кислотно-основного катализа.
19	Кинетика реакций кислотно-основного катализа.
20	Расчет солевых эффектов в катализе.
21	Применение корреляционных соотношений в катализе.
22	Функции кислотности Гаммета.
23	Гетерогенный катализ. Общие положения.
24	Катализаторы в промышленных процессах.
25	Физическая адсорбция и хемосорбция.
26	Адсорбционная теория Лэнгмюра.
27	Нелэнгмюровские изотермы адсорбции.
28	Кинетика гетерогенных каталитических реакций.
29	Макрокинетика гетерогенных каталитических реакций.
30	Природные катализаторы разрушения озона в атмосфере.
31	Энергетика химических каталитических реакций.

32	Реакция, заложенная в технологии получения уксусной кислоты.
33	Критерии термодинамического равновесия.
34	Влияние температуры на скорость химической реакции.
35	Катализ окисления диоксида серы кислородом воздуха.
36	Химические реакции, протекающие при контакте метанола-воздушной смеси с железомолибденовым катализатором.
37	Катализаторы Циглер-Натта.
38	Каталитические яды.
39	Стадии гетерогенно-каталитических реакций.
40	Промышленные катализаторы крекинга нефтепродуктов.

## 9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 9.1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Модуль 1. Термодинамические и кинетические аспекты катализе.	ПК-1, ПК-2, ПК-3.	Отчеты по практическим занятиям № 1-2
2	Модуль 2. Гетерогенный катализ в производстве.	ПК-1, ПК-2, ПК-3.	Отчеты по практическим занятиям № 3-10

### 9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 9.2.1 Типовые задания по практическим занятиям

##### Практическое занятие №1.

##### Основы и методы построения математических моделей каталитических процессов химической технологии.

**Задание:** составить термодинамическое описание энергетических барьеров некаталитической и каталитической реакций первого порядка.

В качестве базового предлагается взять уравнение Аррениуса и предложить применительно к нему термодинамическое описание энергетических барьеров некаталитической и каталитической реакций первого порядка.

### **Критерии оценки:**

- «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.
- «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

### **Практическое занятие №2.**

#### **Моделирование кинетики гомогенных и гетерогенных химических реакций.**

**Задание:** составить модели кинетики гомогенных и гетерогенных химических реакций.

В качестве гомогенных химических реакций могут быть рассмотрены:

- катализируемое атомами хлора разложение озона в стратосфере;
- получение уксусной кислоты из метанола и оксида углерода в присутствии рутениевого катализатора

Примерами гетерогенных каталитических реакций могут быть рассмотрены:

- окисление метанола в муравьиную кислоту в реакторе полочного типа;
- нейтрализация формальдегидсодержащего абгаза в реакторе дожигания на платиновом катализаторе.

### **Критерии оценки:**

- «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.
- «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

### **Практическая работа №3.**

#### **Каталитические процессы окислительного дегидрирования метанола в формальдегид.**

**Задание:** оптимизация технологической схемы, расчет тепла химической реакции, составление материального баланса данной стадии получения формалина.

### **Критерии оценки:**

- «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

- «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

#### **Практическая работа №4.**

##### **Катализаторы и аппаратное оформление процесса нейтрализации дымовых газов аммиачного производства.**

**Задание:** выбор катализатора и восстановительной системы, аппаратное оформление каталитического процесса по технологии Делюкс, составление материального и энергетического балансов при заданной селективности процесса.

##### **Критерии оценки:**

- «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

- «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

#### **Практическая работа №5.**

##### **Современные технологические процессы обеззараживания формальдегидсодержащих абгазов.**

**Задание:** рассмотрение технологической схемы и аппаратного оформления узла очистки ф. FORMOX с применением платинового гранулированного катализатора. Решение задач по поддержанию заданной температуры в реакторе полочного типа.

##### **Критерии оценки:**

- «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

- «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом

пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

### **Практическая задача №6.**

#### **Математическое, кинетическое и компьютерное моделирование биокаталитических процессов.**

Определение значения константы Михаэлиса и значения максимальной скорости всеми возможными методами для реакции гидролиза метилового эфира N-ацетил – L-валина, катализируемого  $\alpha$  – химотрипсином с использованием исходных данных.

#### **Критерии оценки:**

- «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.
- «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

### **Практическая задача №7.**

#### **Каталитические процессы крупнотоннажных агрегатов получения аммиака. Получение синтез-газа в печи риформинга.**

**Задание:** расчет – подтверждение безопасной эксплуатации каталитических реакционных труб при повышенных температурах и давлениях с учетом длительной прочности стали аустенитного класса.

#### **Критерии оценки:**

- «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.
- «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

### **Практическая работа №8.**

#### **Процесс МТО – переработка метанола в олефины.**

**Задание:** выбор технологической схемы каталитического процесса, включающей реактор/регенератор, составление блок-схемы по разделению углеводородов.

Метанол-сырец → смесь  $C_2H_4$ ,  $C_3H_6$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  
 $H_2O$  → компримирование и газодифракционное фракционирование.

#### **Критерии оценки:**

- «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.
- «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

#### **Практическая работа №9.**

##### **Жидкофазные каталитические процессы на примере получения уксусной кислоты.**

**Задание:** составление принципиальной технологической схемы, включающей получение синтез-газа в печи риформинга, разделение водорода и оксида углерода и синтез уксусной кислоты на рутениевом катализаторе. Материальный баланс процесса.

#### **Критерии оценки:**

- «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.
- «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

#### **Практическая задача №10.**

##### **Промышленные катализаторы полимеризации олефинов на примере получения цис-1,4-полиизопрена.**

**Задание:** описание механизма процесса, требование к качеству сырьевых компонентов, молекулярные параметры получаемого каучука, дезактивация каталитического комплекса и дегазация полимеризата с регенерацией изопентана – растворителя.

Составление принципиальной технологической схемы.

#### **Критерии оценки:**

- «зачтено» выставляется студенту, если отчет оформлен в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, сделаны необходимые выводы. Студент правильно отвечает на два контрольных вопроса.

- «не зачтено» выставляется студенту, если расчет произведен с ошибками, не в соответствии с требованиями, указанными в учебно-методическом пособии, студент не в состоянии прокомментировать ход работы и ее результаты, ответить на контрольные вопросы.

## **10. Образовательные технологии и методические указания по освоению дисциплины (учебного курса)**

При реализации дисциплины предполагается использование технологии традиционного обучения: лекции, практические занятия. На лекциях в основном используются наглядные и словесные методы обучения.

### **Методические рекомендации студентам:**

#### **Модуль 1. Термодинамические и кинетические аспекты в катализе.** Учебные вопросы.

Элементы молекулярно-кинетической теории газов. Теория активных столкновений. Мономолекулярные и бимолекулярные реакции. Основные положения в катализе. Понятия и определения. Теория промежуточных соединений в катализе.

Методические рекомендации по изучению темы.

Изучив данный модуль, студент должен:

иметь представление о современном катализе и химической кинетике, каталитических процессах, реализованных на предприятиях большой химии г. Тольятти.

знать:

- современные методы изучения поверхностей и каталитических наночастиц, требования к каталитическим системам, методы регулирования параметров катализаторов, способы изучения поверхностных реакций и теорию течения реагирующих газов в пористых каталитических слоях.

- основные технологические процессы, идущие с участием катализаторов;

- каталитическую нейтрализацию вредных выбросов химических производств.

уметь:

- оценивать параметры промышленных катализаторов;
- ориентироваться в технико-коммерческих предложениях производителей каталитических систем с целью решения стоящих перед производством проблем.

владеть навыками:

- оценки состояния катализатора на конкретном химическом производстве;
- управления каталитическим процессом, например, окислением метанола в формальдегид на железомолибденовом катализаторе;
- загрузки катализаторной системы в трубчатый реактор окислительного дегидрирования метанола на установке получения КФК-85.

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал по базовым каталитическим процессам, реализованных на промышленных предприятиях г. Тольятти;
- акцентировать внимание студентов на кинетических закономерностях в катализе и роли активированного комплекса в ускорении химических реакций;
- выполнить задание по составлению принципиальной технологической схемы каталитического получения синтез-газа в трубчатом реакторе со съемом тепла реакции.
- ответить на контрольные вопросы:
  1. Классификация каталитических химических процессов.
  2. Зависимость скорости реакций от температуры. Кажущаяся энергия активации.
  3. Биокатализ.
  4. Механизм кислотно-основного катализа и его использование в промышленности.
  5. Уравнение скорости реакций и порядки реакций.
  6. Каталитические реакции и термодинамическое равновесие.

Синтез аммиака.

7. Химическое равновесие для неидеальных газов.
8. Изотермы адсорбции Ленгмюра. Ассоциативная адсорбция. Диссоциативная адсорбция. Конкурентная адсорбция.
9. Энтропия, автокатализ, колебательные реакции.
10. Кинетика реакций, катализируемых энзимами.
11. Теория переходных состояний для поверхностных реакций.
12. Кинетика поверхностных реакций. Интермедианты в поверхностных реакциях.

13. Микрокинетическое моделирование:

- Схема реакции и выражение для скорости реакции;
- Энергия активации и порядки реакции;
- Катализатор синтеза аммиака в рабочих условиях.

14. Химическая адсорбция в катализе. Модель Ньюиса – Андерсона.

15. Требования, предъявляемые к эффективным катализаторам.

Структура металлов, оксидов, сульфидов и их поверхностей.

16. Технология получения нанесенных катализаторов. Соосаждение. Импрегнация. Ионный обмен.



## 17. Катализаторы без носителей.

### **Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:**

1. Изучение теоретического материала по изучаемой теме, изложенного в учебно-методическом пособии.
2. Вопросы для самостоятельной работы студентов
  - 2.1. Аппаратурное оформление процесса конверсии низших углеводородов с водяным паром. Пассивация серой: селективное отравление катализатора меркаптанами и сульфидами.
  - 2.2. Носители катализаторов. Кремнезем. Оксид алюминия. Углеродные носители. Формование носителей катализаторов.
  - 2.3. Тестирование катализаторов. Десять заповедей по тестированию катализаторов. Измерение активности.
  - 2.4. Методы исследования катализаторов.
  - 2.5. Промоторы и ингибиторы каталитических систем.
  - 2.6. Цеолиты в катализе.
3. Подготовка к аудиторным занятиям (практическим, семинарским, лабораторным работам) и выполнение соответствующих заданий;
4. Самостоятельное прочтение, просмотр, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала.
5. Подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам
6. Практическая работа с решением прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.
7. Подготовка отчетов по практическим работам.

### **Модуль 2. Гетерогенный катализ в производстве.**

#### Учебные вопросы:

Гетерогенный катализ. Общие положения. Примеры каталитических промышленных процессов.

#### Методические рекомендации по изучению темы

Изучив данную тему, студент должен:

иметь представление о разновидностях промышленного гомогенного и гетерогенного катализа, механизме протекания ферментативного, кислотно-основного и других видов катализа, о современных теориях, объясняющих каталитические свойства соединений и их влияние на активационные параметры в уравнении Аррениуса.

знать:

- промышленные катализаторы для сероочистки природного газа, первичного риформинга метана в синтез-газ, окисления метанола в формальдегид, разложения диметилдиоксана в изопрен, каталитического сжигания аммиака в оксиды азота;
- устройство и характеристики каталитических реакторов;
- промоторы и ингибиторы.

уметь:

- выдавать практические рекомендации о состоянии катализатора и целесообразности его замены;
- оценивать экономическую эффективность применения новых каталитических систем с целью интенсификации производства и снижения вероятности возникновения ЧС.

владеть навыками:

- применения на практике знаний по управлению конкретным каталитическим процессом;
- разработки мероприятий по взаимодействию с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях;

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал, рассмотреть механизм конкретного каталитического процесса, его аппаратное оформление, мероприятия по обеспечению надежной эксплуатации оборудования;
- акцентировать внимание на мероприятиях по обеспечению пожарной и экологической безопасности объекта;
- выполнить задание по расчету объема загрузки катализатора, например, в трубы печи риформинга агрегата метанола;
- ответить на контрольные вопросы:

1 Процесс каталитической конверсии природного газа с водяным паром.

2 Аппаратное оформление процесса паровой конверсии углеводородов.

3 Профилактика пожарной опасности каталитических реакторов.

4 Катализаторы для проведения процесса паровой конверсии метана.

5 Реакции с участием синтез-газа. Получение метанола. Основные понятия процесса.

6 Кинетические и термодинамические параметры получения метанола на медно-цинковом катализаторе.

Горизонтальный реактор крупнотоннажного агрегата метанола. Достоинства и недостатки.

7 Процесс получения жидкого топлива (реакция Фишера-Тропша).

8 Принципиальная технологическая схема получения аммиака по реакции Габера.

9. Возобновляемые источники энергии. Водород и топливные элементы.

10. Катализаторы окисления метанола в формальдегид. Конверсия и селективность процесса.

11. Технологические аспекты получения железомолибденового катализатора.

12. Катализаторы Циглера–Натта (ТИБА) в производстве синтетических каучуков.

13.Каталитический процесс получения оксида азота в ПАО «КуйбышевАзот».

14.Структура задач и мероприятий по совершенствованию эффективности катализаторов в азотной промышленности.

Методические рекомендации к выполнению самостоятельной работы:

1.Изучение теоретического материала по изучаемой теме, изложенного в учебно-методическом пособии.

2.Вопросы для самостоятельной работы студентов

2.1.Технологический регламент получения карбамидоформальдегидного концентрата в ПАО «Тольяттиазот».

2.2.Промышленная утилизация отработанных катализаторов производства аммиака и метанола.

2.3.Аппаратурное оформление сероочистки природного газа.

2.4. Утилизация тепла каталитических экзотермических процессов.

2.5.Мониторинг безаварийной эксплуатации каталитических реакторов окисления метанола в формальдегид и нейтрализации формальдегидсодержащего абгаза.

2.6.Расчет предохранительной мембраны для предотвращения разрушения аппарата окисления метанола в формальдегид и возникновения пожара.

2.7.Каталитическая гидроочистка нефтепродуктов.

3.Подготовка к аудиторным занятиям (практическим, семинарским, лабораторным работам) и выполнение соответствующих заданий;

4.Самостоятельное прочтение, просмотр, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала.

5.Подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам

6.Практическая работа с решением прикладных, расчетных и ситуационных задач, обсуждение результатов деятельности.

7. Подготовка отчетов по практическим работам.

## 11. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (учебного курса)

### 11.1. Обязательная литература

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Количество в библиотеке
1	Ильин А. П. Производство азотной кислоты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. П. Ильин, А. В. Кунин. - Изд. 2-е, испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 247 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).	учебное пособие	ЭБС "Лань"
2	Общая химическая технология [Электронный ресурс] : основные концепции проектирования химико-технологических систем : учебник / И. М. Кузнецова [и др.] ; под ред. Х. Э. Харлампики. - Изд. 2-е, перераб. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 380 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).	учебник	ЭБС "Лань"
3	Потехин В. М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки [Электронный ресурс] : учебник для студентов химико-технолог. специальностей вузов / В. М. Потехин, В. В. Потехин. - 3-е изд., стереотип. - Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2014. - 943 с. : ил. - (Учебник для вузов).	учебник	ЭБС "IPRbooks"
4	Органическая химия [Электронный ресурс] : базовый курс : учеб. пособие для вузов / Д. Б. Березин [и др.]. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 237 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература).	учебное пособие	ЭБС "Лань"

## 11.2. Дополнительная литература и учебные материалы (аудио-, видеопособия и др.)

- фонд научной библиотеки ТГУ:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, аудио-, видеопособия и др.)	Количество в библиотеке
5	Афанасьев С.В., Трифонов К.И. Физико-химические процессы в техносфере. Изд. Сам. научного центра РАН. 2014. – 234 с.	учебник	10

- другие фонды:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, аудио-, видеопособия и др.)	Место хранения (методический кабинет кафедры, городские библиотеки и др.)
6	Афанасьев С.В. Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины «Катализ в химической технологии»	учебно-методическое пособие	методический кабинет кафедры

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

МП

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А.М. Асаева  
(И.О. Фамилия)

### 11.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

- WebofScience[Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016– . – Режим доступа : [apps.webofknowledge.com](http://apps.webofknowledge.com). – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Scopus[Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004– . – Режим доступа : [scopus.com](http://scopus.com). – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Elibrary[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000– . – Режим доступа : [elibrary.ru](http://elibrary.ru). – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- <http://thescipub.com/journals/ajeas> - рецензируемый журнал American Journal of Engineering and Applied Sciences - публикует результаты исследований в области инженерных наук (прикладная физика и прикладная математика, автоматизация и управление, химическая технология, компьютерная техника, информатику, инженерные данные и разработка программного обеспечения, экологическая инженерия, электротехника, промышленная инженерия, информационные технологии и информатика, материаловедение, измерение и метрология, машиностроение, медицинская физика, энергетика, обработка сигналов и телекоммуникации.
- <http://rsta.royalsocietypublishing.org/> - журнал Philosophical Transactions A предоставляет свободный доступ к научным публикациям по следующим темам: инженерные, физические, математические науки.
- <https://doaj.org/> - ресурс, который обеспечивает доступ к полнотекстовым электронным журналам предназначен для поиска по названию статьи (журнала) или по теме. DOAJ ставит целью всестороннее освещение научной периодики, находящейся в открытом доступе и использующей определенные меры, гарантирующие достойное качество их содержания.
- <http://www.gjesm.net> - статьи журнала Global Journal of Environmental Science and Management, посвященного защите окружающей среды, промышленной экологии и управлению в этой области.
- <http://www.sciencedomain.org/archives.php?iid=1160&id=16> - архив рецензируемого журнала American Chemical Science Journal, посвященного общим вопросам химии в следующих предметных областях: органическая химия, неорганическая химия, физическая химия, промышленная химия, химическая технология, аналитическая химия, медицинская химия, супрамолекулярная химия высокомолекулярных соединений и нанохимия и др. прикладных дисциплинах химической науки.
- <http://www.epo.org/searching/free.html> - библиотека патентов

- <https://patentscope.wipo.int/search/en/search.jsf> - поиск по международным и национальным патентным фондам, поиск как на русском, так и на других языках.

#### 11.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2	Office Standart	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно

#### 11.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
1	Лаборатория "Процессы и аппараты защиты окружающей среды". Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной	Столы ученические моноблоки, Столы, стулья, доска аудиторная (меловая), проектор, ноутбук, экран переносной, установка технологического комплекса, позволяющая снизить распространение аэродисперсной системы в пространстве., установка, позволяющая создать аэродинамическую тягу	445020 Самарская обл. г. Тольятти, ул. Белорусская, 16 Б, позиция по ТП № 24, 4 этаж, (А-409)	42,40	20

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	аттестации.				
2	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации.	Столы ученические трехместные (моноблок), моноблоки двухместные, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная (меловая), кафедра	445020 Самарская обл. г. Тольятти, ул. Белорусская, 16 Б, позиция по ТП № 18, 4 этаж, (А-419)	62,10	66
3	Компьютерный класс. Помещение для самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и	Столы ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет	445020 Самарская обл. г. Тольятти, ул. Белорусская, 14, позиция по ТП № 48, 4 этаж, (Г-401)	84,8	16



№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м <sup>2</sup>	Количество посадочных мест
	промежуточной аттестации.				