

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.02  
(индекс дисциплины)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Катализ и промышленные каталитические процессы в химической технологии

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки  
18.04.01 Химическая технология

направленность (профиль)

Химия и технология продуктов основного органического и нефтехимического синтеза

Форма обучения: очная

Год набора: 2026

Общая трудоемкость: 6 ЗЕ

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	2	Итого
Форма контроля	Экзамен	
Вид занятий		
Лекции	8	8
Лабораторные	32	32
Практические	32	32
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР	-	-
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	72,35	72,35
Самостоятельная работа	108	108
Контроль	35,65	35,65
<b>Итого</b>	<b>216</b>	<b>216</b>

Рабочую программу составил(и):

доцент, доцент, канд. тех. наук. Капустин П.П.

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

---

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☒

Отсутствует

☐

Рецензент

---

*(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)*

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки 18.04.01 Химическая технология

---

**Срок действия рабочей программы дисциплины до «31» августа 2028г.**

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Химическая технология и ресурсосбережение»

---

(протокол заседания № 1 от «29» августа 2025 г.).

## **1. Цель освоения дисциплины**

Цель освоения дисциплины – 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 в структуре ОПОП ВО**

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

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина:

«Химия и технология элементоорганических мономеров», «Моделирование технических систем».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Дополнительные главы органической химии», «Современные технологии получения мономеров», «Гетерогенный катализ в технологии основного органического и нефтехимического синтеза», «Производственная практика (научно-исследовательская работа)».

### 3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-2 - Готов к поиску, обработке, анализу и систематизации научно-технической информации по теме исследования, решения нестандартных задач, основанных на принципах моделирования технических систем, выбору методик и средств решения задачи в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза	ПК-2.1. Имеет практический опыт применения программных средств для расчетов и обработки экспериментальных данных в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза, компьютера как средства управления графической и текстовой информацией, базами данных	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
	ПК-2.2. Работает с научно-технической информацией в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза с использованием информационных и сетевых технологий с соблюдением основных требований информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны	Знать: – основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны в области катализа в химической технологии Уметь: – анализировать техническую документацию и отбирать необходимые и достаточные исходные данные по теме исследования Владеть: – методами выбора методик и средств решения задачи в области катализа в химической технологии
ПК-3 - Способен использовать современные приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний в области химии и технологии	ПК-3.1. Участвует в проведении научных исследований в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза с использованием	Знать: – устройство, назначение и принцип работы современных аналитических приборов, правила аттестации и аккредитации методик контроля Уметь:

основного органического и нефтехимического синтеза, проводить их обработку и анализировать их результаты, изучать свойства химического и биохимического сырья и продуктов, полученных на их основе	современного лабораторного оборудования	– 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.
	ПК-3.2. Применяет алгоритм практических действий при проведении экспериментов и испытаний в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза с применением физико-химических методов исследования	Знать: физико-химические методы исследования в области катализа в химической технологии
		Уметь: – математически моделировать процессы и явления в области катализа в химической технологии
		Владеть: – навыками выполнения технических и технологических расчётов
	ПК-3.3. Использует теоретические знания и экспериментальные навыки для самостоятельного планирования и проведения эксперимента в области химии и технологии основного органического и нефтехимического синтеза, анализа и оформления полученных результатов	Знать: – методы проведения эксперимента в области катализа в химической технологии
		Уметь: – самостоятельно приобретать знания, обобщать отечественный и зарубежный опыт в области катализа в химической технологии
		Владеть: – навыками анализа и оформления результатов эксперимента в области катализа в химической технологии

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Модуль 1. Термодинамические и кинетические аспекты в катализе	Лек	Лекция №1. Классификация каталитических процессов и оборудование для их осуществления.	2	2	-	-	
	Лек	Лекция №2. Требования к каталитическим системам, методы регулирования параметров катализаторов.	2	2	-	-	
	Лаб1	Лабораторная работа №1 Каталитические реакции	2	8			Отчет о выполнении лабораторной работы
	Лек	Лекция №3. Основные технологические процессы, идущие с участием катализаторов. Каталитическая нейтрализация вредных выбросов химических производств.	2	2	-	-	
	Лаб2	Лабораторная работа №3 Анализ производительности и интенсивности каталитических процессов на разных катализаторах	2	8	-		Отчет о выполнении лабораторной работы

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр	Практическое занятие №1. Основы и методы построение математических моделей каталитических процессов химической технологии.	2	2	-	4	Отчет о выполнении практического задания
	Пр	Практическое занятие № 2. Моделирование кинетики гомогенных и гетерогенных каталитических реакций.	2	2	-	4	Отчет о выполнении практического задания
	Ср	Изучение пройденного материала	2	54	-	-	
Модуль 2. Гетерогенный катализ в производстве.	Лек	Лекция №4. Гетерогенный катализ. Общие положения. Практическая реализация каталитических процессов. Промышленные катализаторы для сероочистки природного газа, первичного риформинга метана в синтез-газ.	2	2	-		
	ЛабЗ	Лабораторная работа №3 Подбор оптимальных режимов протекания гетерогеннокаталитических процессов	2	8			Отчет о выполнении лабораторной работы
	Пр	Практическое занятие № 3. Каталитические процессы окислительного дегидрирования метанола в формальдегид.	2	4	-	4	Отчет о выполнении практического задания

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр	Практическое занятие № 4. Катализаторы и аппаратное оформление процесса нейтрализации дымовых газов аммиачного производства.	2	4	-	4	Отчет о выполнении практического задания
	Пр	Практическое занятие № 5. Современные технологические процессы обеззараживания формальдегидсодержащих абгазов.	2	4	-	4	Отчет о выполнении практического задания
	Лаб4	Лабораторная работа №4 Получение кинетических характеристик реакции этерификации в присутствии разных катализаторов	2	8			Отчет о выполнении лабораторной работы
	Пр	Практическое занятие № 6. Математическое, кинетическое и компьютерное моделирование биокаталитических процессов	2	4	-	4	Отчет о выполнении практического задания
	Пр	Практическое занятие № 7. Каталитические процессы крупнотоннажных агрегатов получения аммиака.	2	4	-	4	Отчет о выполнении практического задания
	Пр	Практическое занятие № 8. Процесс МТО – переработка метанола в олефины.	2	4	-	4	Отчет о выполнении практического задания



Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр	Практическое занятие № 9. Жидкофазные каталитические процессы на примере получения уксусной кислоты.	2	2	-	8	Отчет о выполнении практического задания
	Пр	Практическое занятие № 10. Промышленные катализаторы полимеризации олефинов.	2	2	-	4	Отчет о выполнении практического задания
	СР	Изучение пройденного материала	2	54	-	-	-
	Контроль	Подготовка к экзамену	2	35.65			
	ПА	Экзамен	2	0,35	-		Экзамен
<b>Итого:</b>				<b>216</b>	-		

## 5. Образовательные технологии

При реализации учебного курса дисциплины используются следующие технологии:

- технология традиционного обучения, включающая лекции, практические работы, которые предполагают последовательное изложение материала преподавателем. Форма текущего контроля – отчет по практическим работам;
- технология обучения с применением интерактивных форм, включающая лекции с элементами дискуссии, с использованием технологий развития критического мышления;
- технология модульного обучения, которая предусматривает проведение занятий при использовании следующих форм обучения: практическое занятие с решением ситуационных задач и обсуждением результатов деятельности;
- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных и мультимедийных технологий.

## 6. Методические указания по освоению дисциплины

### 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.

### 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 каталитической 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 диметилдиоксиана 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. Аппаратурное 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 железомolibденового 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.

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
2	ПК-2	<i>Вопросы к экзамену № 1-40</i>
	ПК-3	<i>Отчёты о выполнении практических заданий № 1-10</i> <i>Отчет о выполнении лабораторных работ №1-4</i>

### 7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

#### 7.2.1. Собеседование (отчеты о выполнении практических работ) (наименование оценочного средства)

#### Типовой(ые) пример(ы) задания(ий)

##### 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  $\rightarrow$  смесь  $C_2H_4$ ,  $C_3H_6$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $H_2O \rightarrow$  компримирование и газофракционирование.

##### **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.

**Темы письменных работ (не предусмотрены)**

**7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

**7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации**

Семестр   2  

№ п/п	Вопросы к экзамену
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.

### 7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
2	Экзамен (устно)	«удовлетворительно»	Ответ на теоретический материал по одному из двух теоретических вопросов полный, ответы на дополнительные вопросы по теоретическому экзаменационному материалу билета должны быть близкими к теории.
		«неудовлетворительно»	Не отвечает ни на один из теоретических вопросов, не может ответить ни на один дополнительный вопрос.
		«хорошо»	Ответ на два теоретических вопроса, студент в полном объеме владеет материалом, ответ на теоретический материал одного из вопросов экзаменационного билета неполный, не отвечает на дополнительный вопрос, приводит примеры.
		«отлично»	Ответ на два теоретических вопроса, студент в полном объеме владеет материалом и отвечает на один дополнительный вопрос с пониманием, приводит примеры.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Исляйкин М. К	Теория химико-технологических процессов органического синтеза	учебное пособие	2017	ЭБС «Лань»
2	Боровлев И.В.	Органическая химия: термины и основные реакции	Электронные текстовые данные	2020	ЭБС «IPRbooks»
3	Хайруллин Р.А.	Методы получения органических и элементоорганических соединений	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»
4	Берестовицкая В.М., Липина Э.С.	Химия гетероциклических соединений : учебное пособие	Учебное пособие	2019	ЭБС «Лань»
5	Харлампики, Х. Э	Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов	Учебник	2022	ЭБС «Лань»

### 8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
6	Потехин В. М.	Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки	учебник	2017	ЭБС "IPRbooks"
7	Бухаров С.В.	Химия и технология продуктов тонкого органического синтеза	Учебное пособие	2017	ЭБС «IPRbooks»
8	Реутов О.А.	Органическая химия	учебник	2017	Znaniy.com

### 8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- WebofScience[Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. – Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016– . – Режим доступа : apps.webofknowledge.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Scopus[Электронный ресурс] : реферативная база данных. – Netherlands: Elsevier, 2004– . – Режим доступа : scopus.com. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
- Elibrary[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000– . – Режим доступа : 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.

### 8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	MathCAD версия 14 или 15	Акт п/п от 21.07.09 (Гос. Контракт 487 от 28.05.09), бессрочный
2	Windows	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия, бессрочный
3	Office Standart	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия, бессрочный; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия, бессрочный

**8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория "Процессов и АХП". 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. (А -118)	Лабораторные установки по изучению процесса ректификации , процесса теплопередачи (труба в трубе), лабораторная установка для измерения давления ,стационарное медиа оборудование, интерактивная доска. Столы ученические , стулья ученические.
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. (А-215)	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский , доска аудиторная (меловая).
3	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. (А- 306)	Столы ученические двухместные (моноблоки), стол преподавательский, стул преподавательский , доска аудиторная (меловая), таблица Менделеева .
4	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (Г-401)	Столы, стулья, компьютеры