


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**ТОБОЛЬСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ (филиал)**

**УТВЕРЖДАЮ:**

  
Председатель КСН

А.Г. Мозырев

«30» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Основы катализа

направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

направленность: Химическая технология органических веществ


форма обучения: очная, заочная

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 30 августа 2021 г. и требованиями ОПОП 18.03.01 Химическая технология, направленность «Химическая технология органических веществ» к результатам освоения дисциплины «Основы катализа»

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин. Протокол № 1 от «30» августа 2021 г.

Заведующий кафедрой  С.А. Татьяненко

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой  С.А. Татьяненко  
«30» августа 2021 г.

Рабочую программу разработал:

Н.И. Лосева, доцент кафедры  
естественнонаучных и гуманитарных дисциплин,  
кандидат химических наук, доцент



## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: формирование у обучающихся компетенций, устойчивых представлений, знаний и умений в области гомогенного и гетерогенного катализа для подготовки к профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины:

- изучение физико-химической сущности катализа химических реакций,
- изучение теорий катализа;
- изучение различных подходов к анализу механизма и кинетики процессов, протекающих на поверхности катализаторов;
- изучение особенностей гетерогенного и гомогенного катализа;
- освоение научных основ подбора и технологии промышленных катализаторов переработки нефти и газа.

## 2. Место дисциплины/модуля в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Основы катализа» относится к обязательной части учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

- знания по дисциплинам: «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Химия нефти и газа», «Процессы и аппараты химической технологии», «Теория химико-технологических процессов органического синтеза», «Переработка природного и попутного газа» / «Химия и технология мономеров»;
- умение применять знания для подбора катализатора и технологии промышленных процессов переработки нефти и газа;
- владение способами совершенствования технологических схем и реакторов технологических процессов.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Органическая химия», «Физическая химия», «Процессы и аппараты химической технологии» и служит основой для прохождения преддипломной практики, а также выполнения и защиты выпускной квалификационной работы. В процессе изучения дисциплины формируются основные компетенции, направленные на овладение культурой инженерного мышления, способностью к анализу и синтезу.

## 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК) <sup>1</sup>	Код и наименование результата обучения по дисциплине
ОПК-2 Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1 Использует знания математических, физических, физико-химических, химических закономерностей и их взаимосвязей для решения задач профессиональной деятельности	Знать: теоретические основы физико-химических методов изучения процессов катализа (З1);
		Уметь: применять знания физико-химических закономерностей каталитических процессов в профессиональной деятельности (У1);
		Владеть: методами анализа природы катализатора и технологии его приготовления для процессов переработки углеводородного сырья

		(В1);
	ОПК-2.2. Владеет методами, основанными на математических, физических, физико-химических, химических законах; изучает и анализирует основные технологические объекты на их основе	Знать: технологические особенности каталитических процессов нефтепереработки (З2);
		Уметь: анализировать каталитические процессы нефтепереработки на основе математических, физических и химических законов (У2);
	Владеть: методами математического анализа и подбора катализаторов для процессов переработки нефти и газа (В2)	

#### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
очная	4/8	14	26	-	68	экзамен
заочная	5/10	8	10	-	90	экзамен

#### 5. Структура и содержание дисциплины

##### 5.1. Структура дисциплины

##### очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства <sup>1</sup>
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1.	1	Введение. Катализ в топливной промышленности	2	2	-	4	8	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос
2	2	Физико-химические основы каталитических процессов нефтепереработки и нефтехимии	2	4	-	7	13	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос, тест № 1
3	3	Теоретические представления о катализе	2	4	-	7	13	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос
4	4	Основные способы производства твердых катализаторов	2	4	-	6	12	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос
5	5	Физико-химические свойства катализаторов и методы их исследования	2	6	-	6	14	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос, тест № 2
6	6	Катализ с применением металлокомплексных соединений	2	4	-	6	12	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос
7	7	Подбор и прогнозирование	2	2	-	5	9	ОПК-2.1	устный опрос

		катализаторов для процессов нефтепереработки						ОПК-2.2	тест № 3
		Экзамен				27	27	ОПК-2.1 ОПК-2.2	Итоговый тест
		Итого	14	26	-	68	108		

### заочная форма обучения (ЗФО)

Таблица 5.1.2

п/п	Структура дисциплины		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства <sup>1</sup>
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
1.	1	Введение. Катализ в топливной промышленности	1	-	-	10	11	ОПК-2.1 ОПК-2.2	-
2.	2	Физико-химические основы каталитических процессов нефтепереработки и нефтехимии	1	2	-	10	13	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос
3	3	Теоретические представления о катализе	1	2	-	10	13	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос
4	4	Основные способы производства твердых катализаторов	1	-	-	10	11	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос
5	5	Физико-химические свойства катализаторов и методы их исследования	2	2	-	21	25	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос
6	6	Катализ с применением металлокомплексных соединений	1	2	-	10	13	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос
7	7	Подбор и прогнозирование катализаторов для процессов нефтепереработки	1	2	-	10	13	ОПК-2.1 ОПК-2.2	устный опрос
8	1-7	Экзамен				9	9	ОПК-2.1 ОПК-2.2	Итоговый тест, контрольная работа
		Итого	8	10	-	90	108		

**очно-заочная форма обучения (ОЗФО) - не предусмотрена.**

5.2. Содержание дисциплины.

5.2.1. Содержание разделов дисциплины (дидактические единицы).

**Раздел 1. Введение. Катализ в топливной промышленности.** Классификация видов технологического топлива. Нефть и газ как основные энергоносители современных технологий. Мировые и отечественные запасы нефти, газа и угля. История возникновения и развития каталитических процессов в России и за рубежом. Современные каталитические процессы нефтепереработки и нефтехимии

**Раздел 2. Физико-химические основы каталитических процессов нефтепереработки и нефтехимии.** Природа действия катализаторов. Новые реакционные пути в присутствии катализаторов. Классификация каталитических процессов. Связь между атомами в твердых телах, используемых в качестве катализаторов.

**Раздел 3. Теоретические представления о катализе.** Адсорбционная теория И. Лэнгмюра. Теория промежуточных химических соединений. Теория активных центров Х.С. Тейлора. Мультиплетная теория катализа А.А. Баландина. Теория активных ансамблей Н.И. Кобозева. Электронная теория катализа. Теоретические представления о катализе Г.К. Борескова. Удельная каталитическая активность. Предвидение каталитического действия.

**Раздел 4. Основные способы производства твердых катализаторов.** Технология производства осажденных катализаторов. Приготовление нанесенных катализаторов. Плавленные и скелетные контактные массы. Катализаторы на основе цеолитов.

**Раздел 5. Физико-химические свойства катализаторов и методы их исследования.** Основные требования к промышленным катализаторам. Физические свойства адсорбентов и катализаторов. Методы исследования катализаторов и контроль качества. Отравление катализаторов и методы определения каталитической активности.

**Раздел 6. Катализ с применением металлокомплексных соединений.** Основные типы реакций, катализируемых комплексами металлов. Механизм металлокомплексного катализа.

**Раздел 7. Подбор и прогнозирование катализаторов для процессов нефтепереработки.** Синтеза на основе оксида углерода и водорода. Промышленный катализ углеводородного сырья на платиносодержащих катализаторах. Реакции окисления, аспекты катализа.

5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

### Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема лекции
		ОФО	ЗФО	ОЗФО	
1.	1	2	1	-	Введение. Катализ в топливной промышленности
2.	2	2	1	-	Физико-химические основы каталитических процессов нефтепереработки и нефтехимии
3.	3	2	1	-	Теоретические представления о катализе
4.	4	2	1	-	Основные способы производства твердых катализаторов
5.	5	2	2	-	Физико-химические свойства катализаторов и методы их исследования
6.	6	2	1	-	Катализ с применением металлокомплексных соединений
7.	7	2	1	-	Подбор и прогнозирование катализаторов для процессов нефтепереработки
Итого:		14	8	-	

### Практические занятия

Таблица 5.2.2

№ п/п	Номер раздела	Объем, час.			Тема практического занятия
		ОФО			

	дисциплины		ЗФО	ОЗФО	
1	1	2	-	-	Введение. Катализ в топливной промышленности
2	2	4	2	-	Физико-химические основы каталитических процессов нефтепереработки и нефтехимии
3	3	4	2		Теоретические представления о катализе
4	4	4	-	-	Основные способы производства твердых катализаторов
5	5	6	2	-	Физико-химические свойства катализаторов и методы их исследования
6	6	4	2	-	Катализ с применением металлокомплексных соединений
7	7	2	2	-	Подбор и прогнозирование катализаторов для процессов нефтепереработки
Итого:		26	10	-	

### Лабораторные работы

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

### Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.3

п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.			Тема	Вид СРС
		ОФО	ЗФО	ОЗФО		
1.	1	4	7	-	Введение. Катализ в топливной промышленности	подготовка к практическим занятиям
2.	2	7	7	-	Физико-химические основы каталитических процессов нефтепереработки и нефтехимии	подготовка к практическим занятиям
3.	3	7	7	-	Теоретические представления о катализе	подготовка к практическим занятиям
4.	4	6	7	-	Основные способы производства твердых катализаторов	подготовка к практическим занятиям
5.	5	6	18	-	Физико-химические свойства катализаторов и методы их исследования	подготовка к практическим занятиям
6.	6	6	9		Катализ с применением металлокомплексных соединений	подготовка к практическим занятиям
7.	7	5	8		Подбор и прогнозирование катализаторов для процессов нефтепереработки	подготовка к практическим занятиям
8.	1-7	-	18	-	Контрольная работа	выполнение контрольной работы
9.	Экзамен	27	9	-	Подготовка к экзамену	Подготовка к итоговому тестированию
Итого:		68	90	-		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в PowerPoint в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- работа в малых группах (практические занятия).

## 6. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены.

## 7. Контрольные работы

### 7.1. Методические указания для выполнения контрольных работ.

Основной формой учебы обучающегося на заочной форме является самостоятельная работа с рекомендуемой литературой. По дисциплине «Основы катализа» контрольная работа для обучающихся заочной формы предусмотрена в 10 семестре. Приступая к изучению дисциплины, целесообразно вначале ознакомиться с программой и изучить весь материал, включенный в программу по учебнику. Для основательного освоения материала рекомендуется конспектировать отдельные положения, формулировки, выводы. В каждом варианте контрольной работы предусмотрено выполнение четырех теоретических заданий и решение практической задачи.

В соответствии с учебным планом, до вызова на сессию студенты должны выполнить контрольную работу.

Оформление контрольной работы должно отвечать следующим требованиям:

- работа должна быть написана в тетради (объемом 12 или 18 листов) или на листах формата А – 4 разборчиво и аккуратно;
- следует писать номер задания, полностью его содержание, а затем – ответ;
- обязательно записывается формулировка задания, а затем ответ или решение задачи;
- ответы на вопросы, уравнения реакций записываются полностью. Произвольные сокращения не допускаются, таблицы и рисунки оформляются в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению. Должны быть приведены уравнения химических реакций и сведения об их механизме;
- ответы должны быть обстоятельными, недопустимы односложные ответы и ответы, не имеющие прямого отношения к поставленному вопросу;
- в конце контрольной работы студент должен привести список литературы, использованной им при ее выполнении;
- на обложке тетради или титульном листе студент указывает фамилию, имя и отчество, вариант контрольной работы (номер варианта должен совпадать с порядковым номером студента в списке академической группы).

Работа, выполненная по иному варианту, а также работа с визой «на доработку», возвращаются студенту для внесения исправлений и дополнений.

Трудоемкость контрольной работы в составе самостоятельной работы – 18 часов.

### 7.2. Тематика контрольной работы.

#### Примеры теоретических заданий контрольной работы

№ варианта	Тема задания
1	Каталитический крекинг углеводородов. Химизм, механизм и уравнение кинетики процесса каталитического крекинга. Тип промышленных катализаторов крекинга. Технология синтеза катализаторов крекинга. Влияние условий приготовления и обработки катализаторов на их свойства.
2	Каталитический риформинг углеводородов. Химизм, механизм, кинетические схемы процесса риформинга. Типы катализаторов риформинга. Технология приготовления катализаторов риформинга.



3	Изомеризация алканов. Химизм, механизм, процесса изомеризации. Типы катализаторов изомеризации. Технология приготовления катализаторов изомеризации
4	Алкилирование углеводородов. Химизм, механизм, процесса алкилирования. Типы катализаторов алкилирования. Технология приготовления катализаторов алкилирования
5	Гидрокрекинг углеводородов. Химизм, механизм, процесса. Катализаторы гидрокрекинга. Технология приготовления катализаторов гидрокрекинга.
6	Гидродесульфуризация сернистых соединений. Функции катализаторов гидроочистки и химизм реакций. Кинетика гидродесульфирования. Особенности синтеза катализаторов гидроочистки
7	Дегидрирование углеводородов. Окислительное дегидрирование углеводородов. Химизм, механизм, процесса. Катализаторы дегидрирования. Технология приготовления катализаторов
8	Катализ в переработке природного газа. Окислительная конверсия метана в синтез-газ. Паровая конверсия метана. Парциальное окисление метана в синтез-газ. Углекислотная конверсия метана. Автотермический риформинг метана. Механизм процесса, катализаторы
9	Синтез метанола и диметилового эфира. Механизм, кинетика, катализаторы процесса
10	Синтез Фишера-Тропша. Механизм, кинетика, катализаторы процесса. Селективное гидрирование СО в изоалканы и изоолефины
11	Окислительная конденсация метана. Механизм, кинетика, катализаторы процесса.
12	Каталитическая очистка природного газа от серы. Механизм, кинетика, катализаторы процесса
13	Катализаторы гидрирования. Химизм, механизм и уравнение кинетики процесса. Тип промышленных катализаторов. Технология синтеза катализаторов гидрирования. Влияние условий приготовления и обработки катализаторов на их свойства
14	Катализаторы дегидрирования алифатических углеводородов. Химизм, механизм, кинетические схемы процесса. Типы катализаторов дегидрирования. Технология приготовления катализаторов
15	Катализаторы дегидрирования ароматических углеводородов. Химизм, механизм, кинетические схемы процесса. Типы катализаторов дегидрирования. Технология приготовления катализаторов
16	Катализаторы катионной полимеризации. Химизм, механизм, процесса. Типы катализаторов. Существующие промышленные технологии
17	Катализаторы анионной полимеризации. Химизм, механизм, процесса. Типы катализаторов. Существующие промышленные технологии
18	Катализаторы радикальной полимеризации. Химизм, механизм, процесса. Типы катализаторов. Существующие промышленные технологии
19	Кислотно-основной катализ. Кислотные и основные центры в гетерогенном катализе. Механизмы кислотно-основного катализа
20	Мембранный катализ
21	Межфазный катализ
22	Бифазный катализ (катализ в ионных жидкостях).
23	Катализ в среде сверхкритических растворителей
24	Нанокатализ. Нанореакторы
25	Металлокомплексный катализ: основные типы реакций, механизм

### Примеры практических задач контрольной работы

№ варианта	Условия задачи
1	Производительность установки одностадийного дегидрирования <i>n</i> -бутана составляет 2900 кг бутадиена в час. Определить объем контактной массы, если объемная скорость паров <i>n</i> -бутана равна 270 объемное соотношение катализатора и теплоносителя равно 1:2,1, степень конверсии <i>n</i> -бутана 22%, селективность по бутадиену 54,3%.
2	Производительность установки одностадийного дегидрирования <i>n</i> -бутана составляет 2750 кг/ч. Определить объем контактной массы, если объемная скорость паров <i>n</i> -бутана равна 280 ч <sup>-1</sup> , объемное соотношение катализатора и теплоносителя равно 1: 2,3, степень конверсии <i>n</i> -бутана 24%, селективность по бутадиену 54,8%.
3	Производительность установки одностадийного дегидрирования <i>n</i> -бутана составляет 3400 кг бутадиена в час. Определить объем контактной массы, если объемная скорость паров <i>n</i> -бутана равна 300 ч <sup>-1</sup> , объемное соотношение катализатора и теплоносителя равно 1:2, степень конверсии <i>n</i> -бутана 30% , селективность по бутадиену 55%
4	Определить объемную скорость паров <i>n</i> -бутана в реакторе одностадийного дегидрирования <i>n</i> -бутана бутадием, если производительность установки равна 3000 кг бутадиена в час, объем

	катализатора равна $45,7 \text{ м}^3$ , степень конверсии н-бутана 20%, селективности по бутадиену 54,5%
5	Определить объемную скорость паров н-бутана в реакторе одностадийного дегидрирования н-бутана бутадиен, если производительность установки равна 3400 кг бутадиена в час, объем катализатора равен $29,9 \text{ м}^3$ , степень конверсии н-бутана 30%, селективное по бутадиену 55%
6	На установке каталитического дегидрирования изобутана с псевдооживленным слоем катализатора получают 13 787 кг изобутена в час. Определить диаметр и высоту реактора, если степень конверсии изобутона равна 41%, селективность по изобутену 75,4 % объемная скорость паров изобутана $444 \text{ ч}^{-1}$ , плотность паров из бутана $2,59 \text{ кг/м}^3$ , насыпная плотность катализатора $800 \text{ кг/м}^3$ , плотность псевдооживленного слоя $400 \text{ кг/м}^3$ отношение $H/D$ равно 1,4. Высоту отстойной зоны принять равной 4,5 м
7	На установке каталитического дегидрирования псевдооживленным слоем катализатора перерабатывай 46500 кг изобутана в час. Определить диаметр и высоту реактора, если объемная скорость паров равна 460 ч плотность паров изобутана в условиях процесса $2,59 \text{ кг/м}^3$ , насыпная плотность катализатора $800 \text{ кг/м}^3$ плотность псевдооживленного слоя $400 \text{ кг/м}^3$ . Высоту отстойной зоны принять равной 4,5 м. Отношение $H/D$ равно 1,4
8	На установке каталитического дегидрирования изобутана с псевдооживленным слоем катализатора получают 13840 кг изобутена в час. Определить диаметр и высоту реактора, если степень конверсии изобутана равна 40,6%, селективность по изобутену 76,2%, объемная скорость паров изобутана $443 \text{ ч}^{-1}$ , плотность пара изобутана $2,59 \text{ кг/м}^3$ , насыпная плотность катализатора $800 \text{ кг/м}^3$ , плотность псевдооживленного слоя $400 \text{ кг/м}^3$ , отношение $H/D$ равно 1,4. Высоту отстойной зоны принять равной 4,5 м
9	На установке каталитического дегидрирования изобутана с псевдооживленным слоем катализатора получают 13 920 кг изобутена в час. Определить диаметр и высоту реактора, если степень конверсии изобутана равна 40,8%, селективность по изобутену 75,5%, объемная скорость паров изобутана $471 \text{ ч}^{-1}$ , плотность паров изобутана $2,59 \text{ кг/м}^3$ , насыпная плотность катализатора $800 \text{ кг/м}^3$ , плотность псевдооживленного слоя $400 \text{ кг/м}^3$ , отношение $H/D$ равно 1,4
10	В адиабатическом реакторе дегидрированием изопентенов получают 3500 кг изопрена в час. Определить массу катализатора в реакторе, если степень конверсии изопентенов равна 41%, селективность по изопрену 75,3%, а производительность 1 т катализатора составляет 620 кг изопентенов в час
11	В адиабатическом реакторе дегидрированием изопентенов производят 3580 кг изопрена в час. Определить массу катализатора в реакторе, если степень конверсии изопентенов равна 40,5%; селективность по изопрену равна 76%, а производительность 1 т катализатора составляет 625 кг изопентенов в час
12	В шаровом реакторе на стационарном слое катализатора проводят дегидрирование изопентенов до изопрена. Расход теплоты для компенсации эндотермического эффекта реакции дегидрирования составляет 1820 кВт. Определить массу катализатора в реакторе, если тепловой эффект реакции дегидрирования равен 1870 кДж на 1 кг изопрена, степень конверсии изопенте: нов равна 40,5%, селективность по изопрену 76%, производительность 1 т катализатора составляет 620 кг изопентена в час
13	В шаровом реакторе на стационарном слое катализатора проводят дегидрирование изопентенов до изопрена. Расход теплоты для компенсации эндотермического- эффекта реакции дегидрирования составляет 1845 кВт. Определить массу катализатора в реакторе, если тепловой эффект реакции дегидрирования равен 1845 кДж на 1 кг изопрена, степень конверсии изопентенов равна 41%, селективность по изопрену 75,8%, производительность 1 т катализатора составляет 623 кг изопентенов в час
14	В шаровом реакторе на стационарном слое катализатора проводят дегидрирование изопентенов до изопрена. Определить часовой объемный расход топливного газа для компенсации эндотермического эффекта реакции дегидрирования, если на установку подается 40210 кг изопентенов в час, степень конверсии изопентенов равна 40,8%, селективность по изопрену 75,3 теплота сгорания газа $33\ 000 \text{ кДж/м}^3$ , тепловой эффект реакции дегидрирования 1870 кДж на 1 кг изопрена
15	Производительность четырехпоточного реактора по пропилену составляет 1370 кг/ч, исходное сырье (пропан и водяной пар) подают в массовом соотношении 1 : 1,62. Тепловая напряженность $1 \text{ м}^2$ площади поверхности радиантных труб 94 кВт, количество передаваемой теплоты 2280 кДж на 1 кг поступающей смеси. Определить длину труб радиантной секции одного потока, если диаметр трубы равен 72 мм, а степень конверсии пропана в пропилен составляет 18,7%.
16	Производительность четырехпоточного реактора по пропилену составляет 1360 кг/ч, исходное сырье (пропан и водяной пар) подают в массовом соотношении 1 : 1,43. Степень конверсии

	пропана в пропилен составляет 18,4%, общая длина труб 580 м, тепловая напряженность 1 м <sup>2</sup> площади поверхности радиантных труб 88 кВт, количество передаваемой теплоты 3800 кДж на 1 кг поступающей смеси. Определить диаметр труб радиантной секции одного потока
17	Производительность четырехпоточного реактора по пропилену составляет 1330 кг/ч, исходное сырье (пропан и водяной пар) подают в массовом соотношении 1 : 1,52. Степень конверсии пропана в пропилен составляет 18%, общая длина труб 592 м, тепловая напряженность 1 м <sup>2</sup> площади поверхности радиантных труб 90 кВт, количество передаваемой теплоты 2840 кДж на 1 кг поступающей смеси. Определить диаметр труб радиантной секции одного потока
18	Производительность четырехпоточного реактора по пропилену 1350 кг/ч, исходное сырье (пропан и водяной пар) подают в массовом соотношении 1:1,5. Степень конверсии пропана в пропилен составляет 19%, общая длина труб 576 м, тепловая напряженность 1 м <sup>2</sup> площади поверхности радиантных труб 92 кВт, количество передаваемой теплоты 3280 кДж на 1 кг исходной смеси. Определить диаметр труб радиантной секции одного потока
19	Производительность двухпоточной трубчатой печи, работающей в «пропиленовом» режиме, составляет 1430 кг пропилен в час. Определить диаметр труб печи массовый расход бутано-паро-водяной смеси для получения пропилен, если количество водяного пара составляет 50% от исходного бутана, степень конверсии бутана равна 75%, селективность по пропилену 27,2% а массовая скорость бутано-паро-водяной смеси в трубах реактора равна 153 кг/(м <sup>2</sup> ·с)
20	Производительность двухпоточной трубчатой печи, работающей в «пропиленовом» режиме, составляет 1460 кг пропилен в час. Определить диаметр труб печи и массовый расход пропано-паро-водяной смеси, если количество водяного пара, подаваемого в процесс, составляет 15% от массы пропана, степень конверсии пропана равна 70%, селективность по пропилену 27,7%, массовая скорость пропано-паро-водяной смеси 193 кг/(м <sup>2</sup> ·с)
21	Производительность установки одностадийного дегидрирования н-бутана в бутadiен-1,3 составляет 3000 кг/ч. Определить объем контактной массы, если объемная скорость на н-бутана составляет 250 ч <sup>-1</sup> , объемное соотношение катализатор теплоносителя равно 1 : 2,2, степень конверсии н-бутана 20%, а селективность по бутadiену 54,5%.
22	Площадь поверхности теплообмена труб радиантной секции пиролизного реактора равна 158 м <sup>2</sup> . Определить сьем этилена с 1 м <sup>2</sup> площади поверхности, если в реактор поступает в час 10,5 т смеси этана с водяным паром, массовая доля водяного пара равна 46% от расхода этана, а выход этилена составляет 54,2% в расчете на исходный этан.
23	В трубчатый реактор поступает в час 8000 м <sup>3</sup> смеси этана с водяным паром в мольном соотношении 1,4 : 1. Тепловая напряженность 1 м <sup>2</sup> площади Поверхности труб радиантной секции 46 кВт, расход передаваемой теплоты 8900 кДж на 1 кг образующегося этилена. Определить площадь поверхности теплообмена труб радиантной секции, если степень конверсии этана равна 76%, а селективность по этилену 69%.
24	Производительность трубчатого двухпоточного реактора 3700 кг этилена в час. Этан поступает на пиролиз в смеси с водяным паром, массовая доля которого раина 41%. Определить внутренний диаметр трубы, если массовая скорость парогазовой смеси в сечении трубы раина 120 кг/(м <sup>2</sup> *с), степень конверсии этана 76%, а селективность по этилену 70%
25	Внутренний диаметр трубы двухпоточного реактора равен 124 мм, массовая скорость парогазовой смеси в сечении трубы 125 кг/(м <sup>2</sup> *с). На пиролиз подают этан в смеси с водяным паром в мольном соотношении 1,4:1. Определить производительность реактора по этилену, если выход этилена составляет 55% в расчете на исходный этан.

## 8. Оценка результатов освоения дисциплины

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

Оценка освоения дисциплины «Основы катализа» предусматривает использование рейтинговой системы. Нормативный рейтинг дисциплины за семестр составляет 100 баллов. По итогам семестра баллы рейтинга переводятся в пятибалльную систему по следующей шкале:

91-100 баллов – «отлично»;

76-90 балла – «хорошо»;

61-75 баллов – «удовлетворительно»;

60 баллов и менее – «неудовлетворительно».

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1 текущая аттестация		
1.	Работа на практических занятиях	0–20
2.	Тестирование	0–10
	<b>ИТОГО за первую текущую аттестацию</b>	<b>0-30</b>
2 текущая аттестация		
1.	Работа на практических занятиях	0–20
2.	Тестирование	0–10
	<b>ИТОГО за вторую текущую аттестацию</b>	<b>0-30</b>
3 текущая аттестация		
1.	Работа на практических занятиях	0–20
3	Итоговое тестирование	0-20
	<b>ИТОГО за третью текущую аттестацию</b>	<b>0-40</b>
	<b>ВСЕГО</b>	<b>0-100</b>

8.3. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся заочной формы обучения представлена в таблице 8.2.

Таблица 8.2

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
1.	Выполнение контрольной работы	0-21
2.	Работа на практических занятиях	0-30
3.	Итоговое тестирование	0-49
	<b>ВСЕГО</b>	<b>0-100</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

1. Электронный каталог/Электронная библиотека ТИУ – <http://webirbis.tsogu.ru/>
2. Электронно-библиотечной система «IPRbooks» – <http://www.iprbookshop.ru/>
3. Электронная нефтегазовая библиотека РГУ нефти и газа им. Губкина (Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина) – <http://elib.gubkin.ru/>
4. Электронная библиотека УГНТУ (Уфимский государственный нефтяной технический университет) – <http://bibl.rusoil.net>

5. Электронная библиотека УГТУ (Ухтинский государственный технический университет) – <http://lib.ugtu.net/books>
6. Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU – <http://www.elibrary.ru>
7. Электронно-библиотечная система «Лань» – <https://e.lanbook.com>
8. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
9. Электронно-библиотечная система «Book.ru» – <https://www.book.ru/>
10. Электронная библиотека ЮРАЙТ – <https://urait.ru/>
11. Система поддержки дистанционного обучения – <https://educon2.tyuiu.ru/>

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства:

- MS Office (Microsoft Office Professional Plus);
- MS Windows;
- Zoom.

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины (демонстрационное оборудование)
1	-	<p>Лекционные и практические занятия:</p> <p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Комплект мультимедийного оборудования: ноутбук в комплекте, проектор, экран настенный.</p> <p>Комплект учебно-наглядных пособий</p> <p>Локальная и корпоративная сеть.</p>
2	<p>Оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Аппарат для определения температуры застывания нефтепродуктов ЛЗН – 75;</li> <li>– аппарат для определения температуры каплепадения нефтепродуктов Капля – 20 – 01;</li> <li>– аппарат ТВЗ для определения температуры вспышки в закрытом тигле 1.40.10.0160;</li> <li>– аппарат полуавтоматический для определения фракционного состава ПЭ-7510;</li> <li>– комплект для испытаний на медной пластине с баней ПЭ 4310;</li> <li>– весы «AND» GH-200;</li> <li>– генератор водорода Цвет Хром – 30;</li> <li>– печь муфельная для химических реактивов ПМ – 12;</li> <li>– печь муфельная для химических реактивов СНОЛ 1.6;</li> <li>– прибор для определения фактических смол в моторном топливе ПОС–77М;</li> </ul>	<p>Практические занятия:</p> <p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа (практические занятия); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации. Лаборатория «Нефтехимия»</p>

	– термостат жидкостной ВИСТ-Т-08-3; – термостат для определения плотности «ВТ – ро – 02»; – шкаф сушильный ПЭ – 4610.	
3	-	Помещение для самостоятельной работы обучающихся с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду: ноутбуки в комплекте.

## 11. Методические указания по организации СРС

### 11.1. Методические указания по подготовке к практическим занятиям.

Практические занятия на протяжении изучения курса являются одной из основных форм аудиторной работы. Основная задача практических занятий заключается в том, чтобы расширить и углубить знания обучающихся, полученные ими на лекциях и в результате самостоятельной работы с учебниками и учебными пособиями, научной и научно-популярной литературой. На практических занятиях обучающиеся выполняют задания практического характера. Занятия дают возможность осуществлять контроль за самостоятельной работой обучающихся, глубиной и прочностью их знаний.

Практические занятия организуются с использованием различных методов обучения, включая интерактивные (работа в малых группах, решение практических заданий). В процессе подготовки к практическим занятиям обучающиеся могут прибегать к консультациям преподавателя.

На практических занятиях подробно рассматривается основной теоретический материал дисциплины. К каждому практическому занятию следует проработать лекционный материал по теме или по учебнику.

Подготовка к каждому практическому занятию включает запоминание определений основных терминов, проработку вопросов на данную тему.

В процессе подготовки к практическим занятиям необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому освоению изучаемого материала.

### 11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся представляет собой логическое продолжение аудиторных занятий. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется обучающимися по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Затраты времени на выполнение этой работы регламентируются рабочим учебным планом. Режим работы выбирает сам обучающийся в зависимости от своих способностей и конкретных условий.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений обучающихся.

Самостоятельная работа включает в себя работу с конспектом лекций, изучение и конспектирование рекомендуемой литературы, подготовку к лабораторным работам, отчетов по лабораторным работам, тестированию и др. Обучающиеся должны понимать содержание выполненной работы (знать определения понятий, уметь разъяснить значение и смысл любого термина, химической реакции).

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу обучающихся по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Самостоятельная работа с преподавателем включает в себя индивидуальные консультации обучающихся в течение семестра.

Самостоятельная работа с группой включает проведение текущих консультаций перед промежуточными видами контроля или итоговой аттестации.

Самостоятельная работа обучающегося без преподавателя включает в себя подготовку к различным видам контрольных испытаний, подготовку и написание самостоятельных видов работ.

Перед выполнением внеаудиторной самостоятельной работы обучающийся должен внимательно выслушать инструктаж преподавателя по выполнению задания, который включает определение цели задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает обучающихся о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания. В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся используются аудиторские занятия, аттестационные мероприятия, самоотчеты.

Критериями оценки результатов внеаудиторной самостоятельной работы обучающегося являются: уровень освоения обучающимся учебного материала; умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении практических заданий; обоснованность и четкость изложения ответа; оформление материала в соответствии с требованиями.

### Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина: Основы катализа

Код, направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: Химическая технология органических веществ

Код компетенции	Код, наименование ИДК	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
ОПК-2 Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1 Использует знания математических, физических, физико-химических, химических закономерностей и их взаимосвязей для решения задач профессиональной деятельности	Знать: теоретические основы физико-химических методов изучения процессов катализа (З1);	не знает теоретические основы физико-химических методов изучения процессов катализа	демонстрирует неполные знания теоретических основ физико-химических методов изучения процессов катализа	хорошо знает теоретические основы физико-химических методов изучения процессов катализа	отлично знает теоретические основы физико-химических методов изучения процессов катализа
		Уметь: применять знания физико-химических закономерностей каталитических процессов в профессиональной деятельности (У1);	не умеет применять знания физико-химических закономерностей каталитических процессов в профессиональной деятельности	может применять знания физико-химических закономерностей каталитических процессов в профессиональной деятельности	уверенно применяет знания физико-химических закономерностей каталитических процессов в профессиональной деятельности	свободно применяет знания физико-химических закономерностей каталитических процессов в профессиональной деятельности



Код компетенции	Код, наименование ИДК	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
			1-2	3	4	5
		Владеть: методами анализа природы катализатора и технологии его приготовления для процессов переработки углеводородного сырья (В1);	не владеет методами анализа природы катализатора и технологии его приготовления для процессов переработки углеводородного сырья	показывает на практике применение основных методов анализа природы катализатора и технологии его приготовления для процессов переработки углеводородного сырья	достаточно уверенно применяет на практике основные методы анализа природы катализатора и технологии его приготовления для процессов переработки углеводородного сырья и	отлично применяет на практике основные методы анализа природы катализатора и технологии его приготовления для процессов переработки углеводородного сырья
	ОПК-2.2. Владеет методами, основанными на математических, физических, физико-химических, химических законах; изучает и анализирует основные технологические объекты на их основе	Знать: технологические особенности каталитических процессов нефтепереработки (32);	не знает технологические особенности каталитических процессов нефтепереработки	частично демонстрирует знания технологических особенностей каталитических процессов нефтепереработки	демонстрирует хорошие знания технологических особенностей каталитических процессов нефтепереработки	отлично знает технологические особенности каталитических процессов нефтепереработки
Уметь: анализировать каталитические процессы нефтепереработки на основе математических, физических и химических законов (У2);		не умеет анализировать каталитические процессы нефтепереработки на основе математических, физических и химических законов	применяет частично на практике методы анализа каталитических процессов нефтепереработки на основе математических, физических и химических законов	хорошо применяет методы анализа каталитических процессов нефтепереработки на основе математических, физических и химических законов	отлично применяет методы анализа каталитических процессов нефтепереработки на основе математических, физических и химических законов	
Владеть: методами математического анализа и подбора катализаторов для процессов переработки нефти и газа (В2)		не владеет методами математического анализа и подбора катализаторов для процессов переработки нефти и газа	владеет методами математического анализа и подбора катализаторов для процессов переработки нефти и газа	уверенно владеет методами математического анализа и подбора катализаторов для процессов переработки нефти и газа	свободно владеет методами математического анализа и подбора катализаторов для процессов переработки нефти и газа	

**КАРТА**  
**обеспеченности дисциплины (модуля) учебной и учебно-методической литературой**

Дисциплина: Основы катализа

Код, направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: Химическая технология органических веществ

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
1	Аветисов, А. К. Прикладной катализ : учебник / А. К. Аветисов, Л. Г. Брук ; под редакцией О. Н. Темкина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-3854-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/126902">https://e.lanbook.com/book/126902</a>	ЭР	30	100	+
2	Колпакова, Н. А. Сборник задач по химической кинетике: учебное пособие / Н. А. Колпакова, С. В. Романенко, В. А. Колпаков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 280 с. — ISBN 978-5-8114-2394-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/105991">https://e.lanbook.com/book/105991</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей..	ЭР	30	100	+
3	Сибаров, Д. А. Катализ, каталитические процессы и реакторы: учебное пособие / Д. А. Сибаров, Д. А. Смирнова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2158-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/102250">https://e.lanbook.com/book/102250</a> . — Режим доступа: для авториз. пользователей.	ЭР	30	100	+

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  С.А. Татьянаенко

«30» августа 2021 г.

Начальник ОИО \_\_\_\_\_  Л.Б. Половникова

«30» августа 2021 г.

**Дополнения и изменения  
к рабочей программе дисциплины  
Основы катализа  
на 2022-2023 учебный год**

Дополнения и изменения в рабочую программу не вносятся (в 2022-2023 уч. году дисциплина не изучается).

Дополнения и изменения внес:

Канд. хим. наук, доцент



Н.И. Лосева

Дополнения (изменения) в рабочую программу рассмотрены и одобрены на заседании кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин.

Заведующий кафедрой



С. А. Татьянаенко

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой



С. А. Татьянаенко

«29» августа 2022 г.

**Дополнения и изменения  
к рабочей программе дисциплины  
Основы катализа  
на 2023-2024 учебный год**

Дополнения и изменения в рабочую программу не вносятся (дисциплина в 2023-2024 учебном году не изучается).

Дополнения и изменения внес:

Канд. хим. наук, доцент



Н.И. Лосева

Дополнения (изменения) в рабочую программу рассмотрены и одобрены на заседании кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин.

Заведующий кафедрой



С. А. Татьянаенко

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой



С. А. Татьянаенко

«31» августа 2023 г.

**Дополнения и изменения  
к рабочей программе дисциплины  
«Основы катализа»  
на 2024-2025 учебный год**

Дополнения и изменения в рабочую программу дисциплины не вносятся (дисциплина в 2024-2025 учебном году не изучается).

Дополнения и изменения внес:  
Канд. хим. наук, доцент

  
\_\_\_\_\_

Н.И. Лосева

Дополнения (изменения) в рабочую программу рассмотрены и одобрены на заседании кафедры естественнонаучных и гуманитарных дисциплин.

Заведующий кафедрой



С. А. Татьянаенко

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой



С. А. Татьянаенко

«4» апреля 2024 г.