

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора Инженерной школы
природных ресурсов

 Гусева Н.В.
«25» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2017 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Макрокинетика химических процессов и расчет реакторов			
Направление подготовки/ специальность	18.03.01 Химическая технология		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Химическая технология		
Специализация	Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	22	
	Практические занятия	0	
	Лабораторные занятия	22	
	ВСЕГО	44	
Самостоятельная работа, ч		64	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной
аттестации

Экзамен	Обеспечивающее подразделение	Отделение химической инженерии
---------	---------------------------------	--------------------------------------

Заведующий кафедрой -
руководитель Отделения
химической инженерии на
правах кафедры
Руководитель специализации
Преподаватель

	Короткова Е.И.
	Юрьев Е.М.
	Юрьев Е.М.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования	РЗ	ПК(У)-2.В5	Владеет навыками расчетов основных макрокинетических показателей промышленного каталитического процесса
			ПК(У)-2.У5	Умеет разрабатывать математические модели зерна катализатора и слоя катализатора
			ПК(У)-2.35	Знает макрокинетические области проведения химического процесса в лабораторных и промышленных условиях
ДПК(У)-3	Готовность использовать знания фундаментальных физико-химических закономерностей для решения возникающих научно-исследовательских задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе, химических реакторов	Р2	ДПК(У)-3.В1	Владеет опытом практических расчетов при моделировании промышленных химических процессов и реакторов
			ДПК(У)-3.У1	Умеет составлять математические модели при разработке и исследовании промышленных химических реакторов
			ДПК(У)-3.31	Знает физико-химические основы расчета промышленных химических реакторов

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части, к вариативному междисциплинарному профессиональному модулю «Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа» Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД1	Знать теоретические основы внутри- и внешнедиффузионных явлений, имеющих место при протекании гетерогенных каталитических процессов.	ПК(У)-2
РД2	Владеть навыками составления математических моделей процессов внутри зерна катализатора и материального баланса внешнедиффузионных процессов для одно- и многореакционных схем превращения.	ДПК(У)-3
РД3	Владеть навыками моделирования гетерогенных химических реакторов и оценки оптимальных пористой структуры, формы и размера зерна катализатора.	ДПК(У)-3

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Макрокинетические области протекания химических	РД1	Лекции	8
		Практические занятия	0

реакций		Лабораторные занятия	5
		Самостоятельная работа	16
Раздел 2. Внутридиффузионная область химического процесса	РД1 РД2 РД3	Лекции	8
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	9
		Самостоятельная работа	24
Раздел 3. Гетерогенные катализаторы и их оптимальные характеристики	РД3	Лекции	6
		Практические занятия	0
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	24

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Макрокинетические области протекания химических реакций

Введение в макрокинетику. Основы диффузионной кинетики. Цели и задачи макрокинетики, ее роль в совершенствовании современных химических производств. Основные методы решения макрокинетических задач. Основные разделы макрокинетики. Основы диффузионной кинетики. Понятия о макрокинетических областях протекания реакции. Внешнедиффузионное торможение и разогрев внешней поверхности катализатора. Влияние различных факторов на протекание химической реакции во внешнедиффузионной области.

Темы лекций:

1. Введение в макрокинетику. Основные разделы макрокинетики.
2. Основы диффузионной кинетики. Внешнедиффузионная область.
3. Теория теплового режима химической реакции.
4. Влияние различных факторов на протекание химической реакции во внешнедиффузионной области.

Названия лабораторных работ:

1. Расчет эффективных коэффициентов диффузии при протекании гетерогенных химических реакций.

Раздел 2. Внутридиффузионная область химического процесса

Внутридиффузионная область. Скорость реакций в пористых катализаторах. Модели пористой структуры катализатора. Параметр Тиле и фактор эффективности. Внутридиффузионное торможение и внутренний разогрев поверхности катализатора. Критерии влияния диффузии веществ в порах катализатора. Переходные макрокинетические области. Селективность при протекании химических реакций. Селективность сложных реакций при диффузионном торможении процесса. Селективность последовательных и параллельных реакций во внешне- и внутридиффузионных областях.

Темы лекций:

1. Модели пористой структуры катализатора
2. Протекание химической реакции во внутридиффузионной области.
3. Параметр Тиле и фактор эффективности
4. Анализ селективности протекания химических реакций в различных макрокинетических областях

Названия лабораторных работ:

1. Моделирование процессов в пористом зерне катализатора
2. Моделирование химической реакции в зерне катализатора полидисперсной структуры.

Раздел 3. Гетерогенные катализаторы и их оптимальные характеристики

Характеристики пористой структуры катализатора. Размеры пор, модели пор катализатора. Моно-, би- и полидисперсная структуры катализатора. Оптимальная пористая структура катализатора. Основные факторы, влияющие на гидравлическое сопротивление и размер слоя катализатора. Фактор формы частицы катализатора. Оценка фактора эффективности для частиц различной формы.

Темы лекций:

1. Оптимальная пористая структура катализаторов.
2. Оптимальные форма и размеры зерна катализатора.
3. Гетерогенные каталитические реактора

Названия лабораторных работ:

1. Расчет гидравлического сопротивления слоя катализатора.
2. Расчет каталитических химических реакторов.
3. Расчет жидкофазного реактора алкилирования.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Рудобашта, Станислав Павлович. Диффузия в химико-технологических процессах : учебное пособие для вузов / С. П. Рудобашта, Э. М. Карташов. — 2-е изд., перераб. и доп.. — Москва: КолосС, 2010. — 478 с.: ил.. — Для высшей школы. — Библиогр.: с. 467-478.. — ISBN 978-5-9532-0714-0.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C174255>

2. Ушева, Наталья Викторовна. Макрокинетика химических процессов и расчет реакторов : учебное пособие [Электронный ресурс] / Н. В. Ушева, А. В. Кравцов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР), Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики (ХТТ). — 2-е изд.. — 1 компьютерный файл (pdf; 1.3 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m267.pdf> (контент) <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C266113>

3. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие [Электронный ресурс] / Н. В. Ушева [и др.]; Национальный исследовательский

Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 1.8 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m366.pdf> (контент)
<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C297780>

Дополнительная литература:

4. Франк-Каменецкий, Давид Альбертович. Основы макрокинетики. Диффузия и теплопередача в химической кинетике / Д. А. Франк-Каменецкий. — 4-е изд.. — Долгопрудный: Интеллект, 2008. — 408 с. — Библиография в конце глав. — ISBN 978-5-91559-004-4.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C152589>

5. Бесков, Владимир Сергеевич. Моделирование каталитических процессов и реакторов / В. С. Бесков, В. Флокк. — Москва: Химия, 1991. — 256 с.. — Библиогр.: с. 246-253.. — ISBN 5-7245-0426-X.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C36452>

6. Бесков, Владимир Сергеевич. Общая химическая технология : учебник для вузов / В. С. Бесков. — Москва: Академкнига, 2006. — 452 с.: ил.. — Учебник для вузов. — Рекомендуемая литература: с. 446.. — ISBN 5-94628-149-6.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C112994>

7. Крайденко, Роман Иванович. Тепловые процессы в химической технологии : учебное пособие / Р. И. Крайденко; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 96 с.: ил.. — Библиогр.: с. 94-95.. — ISBN 978-5-98298-768-6.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C208566>

8. Беляев, Василий Михайлович. Расчет и конструирование основного оборудования отрасли : учебное пособие / В. М. Беляев, В. М. Миронов; Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 288 с.: ил.. — Библиогр.: с. 280-282.

<http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/advanced/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C199901>

6.2 Информационное обеспечение (Internet-ресурсы, в т.ч. в среде LMS Moodle и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный курс по дисциплине Макрокинетика химических процессов / ДО 2015» — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Схема доступа: <https://eor.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1755>

2. ЭБС «Лань». — Политематический ресурс (в основном, коллекции книг ведущих издательств учебной и научной литературы). — Режим доступа: из аудитории с компьютерами, подключенными к сети ТПУ (<http://e.lanbook.com/books>).

3. Журнал «Кинетика и катализ» — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=7848.

4. Журнал «Катализ в промышленности» — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7328>.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Unisim Design R460 (UniSim Design Academic Network)
2. Acrobat Reader DC and Runtime Software Distribution Agreement; Visual C++ Redistributable Package; UniSim Design Academic Network; PascalABC.NET; Mozilla Public License 2.0; K-Lite Codec Pack; GNU Lesser General Public

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

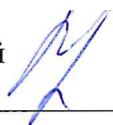
№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения практических, лекционных занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная аудитория, оборудованная демонстрационным материалом и мультимедийной техникой) 634034 г. Томская область, 634034, г. Томск, пр. Ленина, 43а, учебный корпус № 2, аудитория 131	Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034 г. Томская область, 634034, г. Томск, пр. Ленина, 43а, учебный корпус № 2, аудитория 133	Комплект учебной мебели на 13 посадочных мест; Тумба стационарная - 1 шт.; Компьютер - 13 шт.; Проектор - 1 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 18.03.01 «Химическая технология», специализации «Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа» (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОХИ ИШПР		Е.М. Юрьев

Программа одобрена на заседании кафедры ХТТХК ИПР (протокол от 26.05.2017 г. № 29).

Заведующий кафедрой – руководитель Отделения химической инженерии на правах кафедры, д.х.н., профессор _____ /Короткова Е.И./
подпись 

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОХИ
2018/2019 учебный год	Актуализирована структура и содержание дисциплины в связи с изменением учебного плана набора 2018 г	Протокол № 12 от 31.05.2018 г.
2018/2019 учебный год	Изменены фонды оценочных средств дисциплины, в соответствии с приказами ТПУ от 25.07.2018 г. № 58/од «Об утверждении и введении в действие «Системы оценивания результатов обучения в Томском политехническом университете» и от 25.07.2018 г. № 59/од «Об утверждении и введении в действие иной редакции «Положения о проведении текущего контроля и промежуточной аттестации в ТПУ»	Протокол № 1 от 27.08.2018 г.
2019/2020 учебный год	Внесены изменения в учебно-методическое обеспечение дисциплины, актуализирован список литературы с учетом развития науки, техники и технологий; актуализировано материально-техническое обеспечение дисциплины	Протокол № 7 от 20.05.2019 г.
2020/2021 учебный год	Изменена форма рабочей программы в соответствии с приказом ТПУ от 06.05.2020 г. № 127-7/об «Об утверждении форм документов ООП», актуализирован список литературы	Протокол № 15 от 19.06.2020 г.