

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

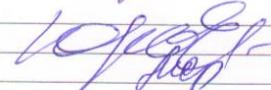
УТВЕРЖДАЮ
 И.о. директора
 Инженерной школы природных
 ресурсов

 Н.В.Гусева
 «19» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2017 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Математическое моделирование химико-технологических процессов		
Направление подготовки/ Образовательная программа (направленность (профиль))	18.03.01 «Химическая технология» Химическая технология	
Специализация	Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа	
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат	
Курс	4 семестр 7	
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6	
Виды учебной деятельности	Временной ресурс	
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	32
	Практические занятия	
	Лабораторные занятия	64
	ВСЕГО	96
Самостоятельная работа, ч		120
ИТОГО, ч		216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОХИ ИШПР
---------------------------------	---------	---------------------------------	----------

Заведующий кафедрой- руководитель отделения на правах кафедры ОХИ Руководитель специализации Преподаватель		Е.И.Короткова
		Е.М.Юрьев
		О.Е. Мойзес

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	Р3	ПК(У)-2. В8	Владеет опытом разработки компьютерных программ для моделирования технологических процессов переработки природных энергоносителей
			ПК(У)-2. У8	Умеет выполнять расчеты по решению систем уравнений материальных и тепловых балансов химико-технологических процессов
			ПК(У)-2. 38	Знает основ теории тепло- и массопереноса в аппаратах
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	Р4	ПК(У)-4. В5	Владеет опытом использования литературы для создания систем уравнений для моделирования технологических процессов переработки природных энергоносителей
			ПК(У)-4. У5	Умеет выбирать тип гидродинамических математических моделей систем
			ПК(У)-4. 35	Знает теоретические основы разработки технологических процессов
ДПК(У)-1	Способность планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов	Р3	ДПК(У)-1.В6	Владеет опытом построения статистических математических моделей ХТП
			ДПК(У)-1.У6	Умеет применять методы корреляционного и регрессионного анализа при обработке данных и методы планирования и оптимизации эксперимента
			ДПК(У)-1.36	Знает методы статистического анализа для обработки результатов активных и пассивных экспериментов

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части 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.	Развить навыки построения математических моделей процессов химической технологии	ДПК(У)-1
РД2.	Применять численные методы и компьютерные технологии при решении инженерных задач	ПК(У)-2 ПК(У)-4 ДПК(У)-1
РД3	Освоить методологию анализа результатов моделирования химико-технологических процессов	ДПК(У)-1 ПК(У)-2
РД4	Освоить методы обработки и анализа данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях, методы корреляционного и регрессионного анализа	ПК(У)-2 ДПК(У)-1
РД5	Освоить методы планирования и оптимизации эксперимента	ДПК(У)-1

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. <i>Методологические основы построения математических моделей процессов химической технологии</i>	РД-1, РД-2, РД-3	Лекции	4
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	20
Раздел 2. <i>Моделирование тепловых и массообменных процессов</i>	РД-1, РД-2, РД-3	Лекции	6
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	20
Раздел 3. <i>Моделирование гетерогенных каталитических процессов</i>	РД-1, РД-2, РД-3	Лекции	6
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	20
Раздел 4. <i>Построение математических моделей экспериментально статистическими методами</i>	РД-1, РД2 РД3, РД-4, РД5	Лекции	6
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	20
Раздел 5 <i>Статистические модели оптимальной области исследования</i>	РД-1, РД5	Лекции	4
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	20
Раздел 6 <i>Методы оптимизации ХТП</i>	РД2 РД5	Лекции	6
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	20

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Методологические основы построения математических моделей процессов химической технологии
--

Математическое моделирование как современный метод анализа и синтеза химико-

технологических процессов (ХТП). Математическое моделирование – перспективное направление совершенствования химико-технологических процессов

Системы и процессы. Математическое моделирование. Сущность и цели математического моделирования объектов химической технологии.

Стехиометрический анализ, механизмы реакций. Экспериментальные методы исследования кинетики химических реакций в проточных реакторах идеального вытеснения и идеального перемешивания. Теоретические методы оценки кинетических параметров. Методы идентификации кинетических параметров с использованием экспериментальных данных.

Темы лекций:

1. Математическое моделирование химико-технологических процессов
2. Методы исследования кинетики химических реакций. Идентификация кинетических параметров

Названия лабораторных работ:

1. Моделирование кинетики химических реакций (исследование температурной зависимости, сравнение численных методов Рунге-Кутты и Эйлера).

Раздел 2. Моделирование тепловых и массообменных процессов

Модели массообменных процессов. Гидродинамические основы процессов массопередачи. Моделирование и расчет диффузионных аппаратов. Расчет процессов разделения в газовых сепараторах на основе методики однократного испарения. Физико-химические основы, принципы расчета и модели процессов ректификации, сушки, экстракции, абсорбции.

Темы лекций:

3. Моделирование тепловых процессов
4. Моделирование массообменных процессов
5. Моделирование процессов ректификации, экстракции

Названия лабораторных работ:

2. Моделирование процессов сепарации
3. Моделирование процессов ректификации

Раздел 3. Моделирование гетерогенных каталитических процессов

Основные понятия химической кинетики в гетерогенном катализе. Теория абсолютных скоростей реакций и ее место в катализе. Элементы теории сложных реакций. Методы построения кинетических моделей гетерогенных химических реакций: метод Лэнгмюра, метод стационарных концентраций, метод графов.

Конструкции химических реакторов с неподвижным слоем катализатора. Квазигомогенные модели каталитических химических процессов, модели идеального вытеснения, модели с учётом явлений переноса по радиусу контактной трубки, двухфазные гетерогенные модели. Моделирование промышленных каталитических процессов (на примере синтеза метанола).

Физико-химические основы процессов, протекающих в аппаратах с кипящим слоем катализатора. Аппаратурное оформление реакторов с кипящим слоем катализатора. Математические модели.

Темы лекций:

6. Методы построения кинетических моделей гетерогенных химических реакций
7. Моделирование химических реакторов с неподвижным слоем катализатора
8. Моделирование химических реакторов с кипящим слоем катализатора

Названия лабораторных работ:

4. Моделирование кинетики гетерогенных химических реакций;
5. Моделирование химических реакторов

Раздел 4. Построение математических моделей экспериментально статистическими

Построение математических моделей экспериментально статистическими методами. Некоторые элементы теории вероятности и математической статистики. Законы распределения случайной величины. Методы корреляционного и регрессионного анализа при обработке данных химического эксперимента. Регрессия в виде полинома второго порядка. Полный и дробный факторный эксперимент. Свойства матрицы планирования. Определение коэффициентов регрессии. Статистический анализ уравнения регрессии.

Темы лекций

9. Некоторые элементы теории вероятности и математической статистики. Методы корреляционного и регрессионного анализа при обработке данных химического эксперимента.
10. Методы планирования эксперимента. Полный и дробный факторный эксперимент.
11. Статистический анализ уравнения регрессии.

Названия лабораторных работ:

6. Методы корреляционного и регрессионного анализов при обработке экспериментальных данных. Обработка экспериментальных данных в EXCEL
7. Формирование входной информации в математической модели многокомпонентного процесса

Раздел 5. Статистические модели оптимальной области исследования

Планы второго порядка. Описание почти стационарной области. Ортогональные планы 2-го порядка. Ротатабельные планы 2-го порядка. Определение параметров и статистический анализ полинома второй степени. Симплексный метод планирования и оптимизации

Темы лекций

12. Центральное композиционное планирование 2-го порядка. Ортогональные и ротатабельные планы.
13. Симплексный метод планирования и оптимизации

Названия лабораторных работ:

8. Статистический анализ уравнения регрессии в полном факторном эксперименте.

Раздел 6. Оптимизация химико-технологических процессов

Постановка задачи оптимизации в ХТ. Критерий оптимальности, целевая функция и ресурсы оптимизации. Общая стратегия решения задачи оптимизации на ЭВМ. Методы оптимизации, классификация. Экспериментально-статистические методы оптимизации. Метод Бокса-Уилсона. Аналитические методы оптимизации.

Темы лекций

14. Оптимизация ХТП. Основные понятия и определения. Метод Бокса-Уилсона.
15. Аналитические методы оптимизации
16. Методы дихотомии, сканирования, «золотого сечения».

Названия лабораторных работ:

- 9 Одномерная оптимизация. Методы: «Дихотомия, «Золотое сечение», «Сканирование»

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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;

- Выполнение домашних заданий, подготовка рефератов и презентаций.
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;
- Подготовка отчетов по лабораторным работам

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Ушева Н.В., Мойзес О.Е., Митянина О.Е., Кузьменко Е.А. Математическое моделирование химико-технологических процессов. Учебное пособие.-2014.-158 с.
Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m366.pdf>
2. Кравцов А.В., Ушева Н.В., Кузьменко Е.А., Фёдоров А.Ф. Математическое моделирование химико-технологических процессов. Лабораторный практикум. Часть 1. Томск. 2013. – 136 с.
Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m266.pdf>
3. Гумеров, А. М. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А. М. Гумеров. — 2-е изд., перераб. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-1533-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/41014> (дата обращения: 01.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

4. Мойзес О.Е., Е. А. Кузьменко. Углубленный курс информатики: учебное пособие [Электронный ресурс]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — 157 с
Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m365.pdf>
5. Гартман, Т. Н. Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики : учебное пособие / Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 404 с. — ISBN 978-5-8114-3900-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126905> (дата обращения: 01.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Н. И. Кривцова, О. Е. Мойзес. Дополнительные главы математики. Статистический анализ. Учебное пособие.– Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ)- Томск: Изд-во ТПУ, 2015. —86 с.
Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2016/m006.pdf> (контент).

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. *Электронный курс «Математическое моделирование ХТП»*
<https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2302>
1. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
2. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
3. Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

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

Cisco Webex Meetings ,Google Chrome, Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic, Mozilla Firefox ESR, ownCloud Desktop Client, Tracker Software PDF-XChange Viewer, WinDjView, Zoom Zoom, 7-Zip

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для лабораторных занятий:

№ п/п	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034 г. Томская область, Томск, Тимакова улица, д.12, учебный корпус №16 б, аудитория 225	Доска аудиторная настенная - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 72 посадочных мест; Компьютер - 2 шт.; Проектор - 1 шт. Экран с приводом;
2	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034 г. Томская область, Томск, Тимакова улица, д.12, учебный корпус №16 б, аудитория 224	Комплект учебной мебели на 13 посадочных мест;Шкаф для одежды - 2 шт.;Шкаф для документов - 3 шт.; Источник питания ТЭС-18 - 1 шт.;Источник питания ТЭС-1800 - 1 шт.; Компьютер - 11 шт.; Принтер - 3 шт.; Проектор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034 г. Томская область, Томск, пр. Ленина, 39, 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 (Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа;) приема 2017 г., очная форма обучения.

Разработчик(и):

Должность	ФИО
Доцент ОХИ	Мойзес О.Е.

Программа одобрена на заседании кафедры ХТТ и ХК ИПР (протокол от 26.05.2017 г. № 29).

Заведующий кафедрой-
руководитель отделения на правах кафедры ОХИ

 /Короткова Е.И./

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОХИ
2020/2021 учебный год	Актуализирована структура и содержание дисциплины в связи с изменением учебного плана набора 2018 г.	Протокол № 12 от 31.05.2018 г.
2020/2021 учебный год	Изменены фонд 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 от 27.08.2018 г. № 1
2020/2021 учебный год	Внесены изменения в учебно-методическое обеспечение дисциплины.	протокол от 19.06.2020 г. № 15