

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Д.Ш. Султанова

«07» июня 2021 г.



Рабочая программа дисциплины в виде электронного документа выгружена из информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу
Простая электронная подпись, ID подписи: 1060
Подписал Проректор по учебной работе Д.Ш. Султанова
Дата 07.06.2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **«МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ»**

Специальность:	15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов
Специализация:	Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств
Квалификация выпускника:	Инженер
Форма обучения:	Очная
Институт:	Институт химического и нефтяного машиностроения
Факультет:	Механический факультет
Кафедра-разработчик:	Кафедра «Процессов и аппаратов химической технологии»
Курс; семестр	4; 8

Вид нагрузки	Часы	Зачётные единицы
Лекция	36	1
Лабораторная работа	54	1,5
Контроль самостоятельной работы	54	1,5
Самостоятельная работа	108	3
Форма аттестации: Экзамен (8 сем)	36	1
Всего	288	8

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального государственного образовательного стандарта (приказ № 1343 от 28.10.2016) по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов для специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» на основании учебных планов набора обучающихся 2021 года.

Разработчик программы:

Доцент

Л.Р. Минибаева

Доцент

И.П. Анашкин

СОГЛАСОВАНО

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Процессов и аппаратов химической технологии», протокол от 13.05.2021 г. № 8.

Заведующий кафедрой *Согласовано* А.В. Клинов

УТВЕРЖДЕНО

Начальник центра УМЦ

Утверждаю

Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических комплексов» являются:

- а) освоение методов построения математических моделей основных тепло- и массообменных процессов, а также сопряженных и совмещенных процессов;
- б) изучение алгоритмов идентификации параметров математических моделей и способов проверки их адекватности;
- в) освоение методов решения задач оптимизации;
- г) освоение специализированных программно-вычислительных комплексов, позволяющих решать задачи моделирования и оптимизации химико-технологических процессов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Моделирование и оптимизация технологических комплексов» относится к базовой части ООП и формирует у обучающихся по специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических комплексов» обучающийся по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Высшая математика
2. Информационные технологии
3. Общая химическая технология
4. Процессы и аппараты химической технологии
5. Физика
6. Химия
7. Явления переноса

Дисциплина «Моделирование и оптимизация технологических комплексов» является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

1. Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты
2. Компьютерное проектирование оборудования химических и нефтехимических производств
3. Преддипломная практика
4. Системы моделирования химико-технологических процессов

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК-2 владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией

ПК-12 способностью обеспечивать моделирование машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов

ПК-13 способностью подготавливать исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономических расчетов

ПСК-9.7 способностью выполнять технико-экономический анализ целесообразности выполнения проектных работ по созданию машин и автоматизированных технологических комплексов химического машиностроения

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

Знать:

Методологические основы построения математических моделей процессов химической технологии

Методы идентификации параметров моделей и проверки их адекватности

Основные задачи оптимизации

Методы решения оптимальных задач

Основные модели описания гидродинамической структуры потоков в аппаратах и физико-химических свойств рабочих агентов

Уметь:

Выбирать критерии оптимальности, ограничения и поисковые переменные в задачах оптимизации

Проводить идентификацию параметров модели и оценивать ее адекватность

Разрабатывать эффективные алгоритмы и программы для решения уравнений математических моделей

Составлять математические модели процессов тепло- массопереноса, осложненных химической реакцией

Владеть:

Навыками анализа условий проведения процесса и конструкции аппаратов для оценки эффективности химико-технологических процессов

Навыками программирования для решения уравнений математических моделей

Навыками работы в программных продуктах позволяющих решать задачи моделирования и оптимизации химико-технологических процессов

Навыками разработки собственных библиотек для решения задач оптимизации

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации
			Лекция	Практические занятия	Лабораторные	КСР	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Методы моделирования	8	2		4	9	15	Лабораторная работа
2.	Принципы построения математических моделей	8	2		4	8	8	
3.	Эмпирический метод построения математического описания	8	4		6	8	10	
4.	Методы и модели определения физико-химических свойств газовых и жидких смесей	8	4		8	11	20	
5.	Теоретический метод построения математического описания процессов химической технологии	8	10		18	8	25	
6.	Оптимизация химико-технологических процессов	8	14		14	10	30	
	Итого по семестру	8	36		54	54	108	Экзамен

5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1.	Методы моделирования	2	Методы моделирования	ОПК-2 ПСК-9.7
2.	Принципы построения математических моделей	2	Принципы построения математических моделей	ПК-12 ПСК-9.7
3.	Эмпирический метод построения математического описания	4	Эмпирический метод построения математического описания	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
4.	Методы и модели определения физико-химических свойств газовых и жидких смесей	4	Методы и модели определения физико-химических свойств газовых и жидких смесей	ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
5.	Теоретический метод построения математического описания процессов химической технологии	4	Исчерпывающее описание процессов химической технологии и типовые модели структуры потоков	ПК-12 ПСК-9.7
6.		2	Моделирование теплообменных процессов	ПК-12 ПСК-9.7
7.		2	Моделирование массообменных процессов	ПК-12

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
				ПСК-9.7
8.		2	Моделирование химических реакторов	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
9.	Оптимизация химико-технологических процессов	2	Основы программирования в математических пакетах	ОПК-2
10.		2	Общая постановка задач оптимизации технологических процессов	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
11.		2	Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе. Вариационное исчисление	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
12.		2	Метод неопределенных множителей Лагранжа. Динамическое программирование	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
13.		2	Принцип максимума	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
14.		2	Линейное программирование	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
15.		2	Нелинейное программирование	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
	ВСЕГО	36		

6. Содержание практических/семинарских занятий

Проведение практических/семинарских занятий не предусмотрено учебным планом

7. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	6
1.	Методы моделирования	4	Основы математического пакета для моделирования	ОПК-2
2.	Принципы построения математических моделей	4	Численное решение алгебраических и дифференциальных уравнений	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
3.	Эмпирический метод построения математического описания	6	Регрессионный анализ, методы аппроксимации	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
4.	Методы и модели определения физико-химических свойств газовых и жидких смесей	8	Определение условий фазовых равновесий смеси пар-жидкость	ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
5.	Теоретический метод построения математического описания процессов химической технологии	4	Моделирование теплообменных аппаратов	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
6.		6	Моделирование массообменных	ОПК-2

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	6
			процессов	ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
7.		4	Моделирование массообмена с твердой фазой	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
8.		4	Моделирование процесса ректификации на тарельчатых устройствах	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
9.	Оптимизация химико-технологических процессов	6	Оптимизация теплообменных аппаратов	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
10.		4	Оптимизация процесса ректификации	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
11.		4	Оптимизация процесса абсорбции	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
	ВСЕГО	54		

8. Самостоятельная работа

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1.	Методы моделирования	15	подготовка к лабораторной работе	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
2.	Принципы построения математических моделей	8	подготовка к лабораторной работе	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
3.	Эмпирический метод построения математического описания	10	подготовка к лабораторной работе	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
4.	Методы и модели определения физико-химических свойств	20	подготовка к лабораторной работе	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
5.	Теоретический метод построения математических моделей	25	подготовка к лабораторной работе	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
6.	Оптимизация химико-технологических процессов	30	подготовка к лабораторной работе	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
	ВСЕГО	108		

8.1. Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Формируемые компетенции
-------	-------------------------------------------	------	-----------	-------------------------

1	2	3	4	5
1.	Методы моделирования	9	прием лабораторной работы	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
2.	Принципы построения математических моделей	8	прием лабораторной работы	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
3.	Эмпирический метод построения математического описания	8	прием лабораторной работы	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
4.	Методы и модели определения физико-химических свойств газовых и жидких смесей	11	прием лабораторной работы	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
5.	Теоретический метод построения математического описания процессов химической технологии	8	прием лабораторной работы	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
6.	Оптимизация химико-технологических процессов	10	прием лабораторной работы	ОПК-2 ПК-12 ПК-13 ПСК-9.7
	ВСЕГО	54		

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности обучающихся в рамках дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических комплексов» используется рейтинговая система. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО КНИТУ.

Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. За контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

Оценочные средства	Кол-во	Мин.баллов	Макс.баллов
8-й семестр			
Лабораторные работы	11	36	60
Экзамен	1	24	40
Итого		60	100

10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и итоговой аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

11.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических комплексов» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Количество экземпляров
А. Г. Мухаметзянова, А. В. Клинов, Математическое моделирование химико-технологических процессов [Прочее] учебное пособие: Казань : Казанский государственный	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=270540 Режим доступа: по подписке КНИТУ

технологический университет, 2009	
А. Г. Мухаметзянова, А. В. Клинов, Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] Учебное пособие: Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2009	http://www.iprbookshop.ru/62483.html Режим доступа: по подписке КНИТУ
А. В. Малыгин, А. В. Клинов, Лабораторный практикум по математическому моделированию химико-технологических процессов [Прочее] учебное пособие: Казань : КГТУ, 2011	http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258853 Режим доступа: по подписке КНИТУ
В. В. Кафаров, М. Б. Глебов, Математическое моделирование основных процессов химических производств [Прочее] Учебное пособие для вузов: Москва : Юрайт, 2020	https://urait.ru/bcode/455050 Режим доступа: по подписке КНИТУ

11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
А. . Закгейм, Введение в моделирование химико-технологических процессов [Учебник] учеб. пособие для студ. хим.-технол. спец. вузов: М. : Химия, 1982	1052 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
В. . Кафаров, Методы кибернетики в химии и химической технологии [Прочее] учеб. пособие для вузов: М. : Химия, 1976	152 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

11.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических комплексов» предусмотрено использование электронных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ: Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Лань»: Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
3. Образовательная платформа «Юрайт»: Режим доступа: <https://urait.ru/>
4. ЭБС «Znanium.com»: Режим доступа: <http://znanium.com/>
5. ЭБС Университетская библиотека онлайн: Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
6. ЭБС IPRbooks: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
7. ЭБС BOOK.ru : Режим доступа: <https://www.book.ru/>
8. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>

УНИЦ
Согласовано

11.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Scopus Доступ свободный: www.scopus.com

Web of Science Доступ свободный: apps.webofknowledge.com

База данных свойств веществ <https://webbook.nist.gov/chemistry/>

База данных термодинамических свойств <http://www.chem.msu.su/rus/tkv/welcome.html>

Документация для языка программирования julia <https://docs.julialang.org/en/v1/>

Система вопросов и ответов о программировании <https://ru.stackoverflow.com/>

Профессиональные справочные системы Техэксперт - www.cntd.ru/

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» Доступ свободный: www.consultant.ru

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины:

Офисные и деловые программы: ABBYY FineReader 9.0 проф;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Russian;

Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Professional Russian;

Офисные и деловые программы: MS Office 2010-2016 Standard

Архиватор 7 Zip

Блокнот Notepad

Яндекс Браузер

ПО для коллективной работы Microsoft Teams

Математический пакет: Mathcad Education

Язык программирования: Julia

Учебная аудитория (Е106) для проведения учебных занятий оснащены оборудованием:

1. Персональный компьютер (18 шт.)
2. Принтер

техническими средствами обучения:

1. Интерактивная доска

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой:

1. Персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ.

13. Образовательные технологии

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе по дисциплине «Моделирование и оптимизация технологических комплексов» составляет 30 ч.

В процессе освоения дисциплины «Моделирование и оптимизация технологических комплексов» используются следующие образовательные технологии:

- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции (лекция-беседа, лекция – дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций, лекция с заранее запланированными ошибками, лекция- пресс-конференция, мини-лекция).