

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 «СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

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	5; 10, 9

Вид нагрузки	Часы	Зачётные единицы
Лекция	36	1
Лабораторная работа	36	1
Практическое занятие	72	2
Контроль самостоятельной работы	72	2
Самостоятельная работа	117	3,25
Форма аттестации: Дифференцированный зачет (9 сем), Курсовая работа (10 сем), Экзамен (10 сем)	27	0,75
Всего	360	10

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

С.В. Карпеев

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 «Системы моделирования химико-технологических процессов» являются:

- а) совершенствование профессиональной подготовки обучающегося в области моделирования химико-технологических процессов,
- б) овладение знаниями в области использования современных математических программных пакетов при моделирования процессов и аппаратов химической технологии,
- в) формирование навыков проведения компьютерных исследований моделируемых объектов,
- г) изучение физических основ технических измерений, принципов действия и конструкций средств измерения, классификации средств измерения и автоматизации.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системы моделирования химико-технологических процессов» 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 «Системы моделирования химико-технологических процессов» обучающийся по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Конструирование и расчет элементов оборудования (по отраслям)
2. Общая химическая технология
3. Процессы и аппараты химической технологии
4. Разделение многокомпонентных смесей
5. Физика
6. Химия

Дисциплина «Системы моделирования химико-технологических процессов» является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

1. Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты
2. Преддипломная практика
3. Производственная практика (технологическая практика)

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

ПСК-9.2 способностью демонстрировать знания конструктивных особенностей разрабатываемых и используемых в автоматизированных технологических комплексах химического машиностроения технических средств

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

Знать:

- принципы построения, классификацию средств измерения и автоматизации;
- существующее программное обеспечение для моделирования процессов и аппаратов, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации.
- типовые, базовые решения при проектировании автоматизированных технологических комплексов

Уметь:

- выполнять математический анализ экспериментальных данных с целью определения параметров для моделирования процессов и аппаратов;
- пользоваться стандартным программным обеспечением автоматизированных технологических комплексов химического машиностроения;
- составлять математические модели типовых профессиональных задач, находить способы их решений и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата.

Владеть:

- методами обработки и представления экспериментальных данных;
- навыками использования пакетов прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов.
- программным обеспечением, которое позволяет настраивать, регулировать, проверять и обслуживать системы автоматизации и контроля;

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 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.	Преимущества компьютерного моделирования	9	1	1		4	5	Расчетное задание
2.	Термодинамические принципы для открытых систем	9	2	2		5	7	
3.	Единицы оборудования	9	3	7	14	4	7	Лабораторная работа; Расчетное задание

№ 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
4.	Обзор методов сходимости, сходимость вычислений	9	2	2		5	7	Расчетное задание
5.	Методы расчета констант фазового равновесия	9	3	2		4	7	
6.	Оптимизация в системах моделирования	9	2	1	4	5	7	Лабораторная работа; Расчетное задание
7.	Сепараторы	9	2	2		4	7	Расчетное задание
8.	Колонное оборудование	9	3	1		5	7	
	Итого по семестру	9	18	18	18	36	54	Дифференцированный зачет
1.	Трубопроводная арматура. Насосы и компрессоры	10	1	7		3	6	Расчетное задание
2.	Реактор и диспетчер реакций	10	2	7		3	6	
3.	Пакет свойств Амины	10	3	8		3	6	
4.	Диспетчер нефтяных смесей	10	3	8		3	6	
5.	Расчет процесса многокомпонентной ректификации в колоннах	10	3	8		3	6	
6.	Использование эффективности тарелок при расчете колонн	10	3	8		3	6	
7.	Схемы управления процессами перегонки и ректификации нефтяных смесей	10	3	8	18	3	6	Лабораторная работа; Расчетное задание; Экзамен
8.	Курсовая работа	10				15	21	Курсовая работа
	Итого по семестру	10	18	54	18	36	63	Курсовая работа, Экзамен

5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1.	Преимущества компьютерного моделирования	1	Преимущества применения универсальных моделирующих программ ChemCad, HYSYS, PRO/II. Проектирование новых и реконструкция существующих технологических процессов. Периодические процессы. Балансы стационарных состояний.	ПК-12
2.	Термодинамические принципы для открытых систем	2	Общий баланс массы. Энергетический баланс. Покомпонентный баланс. Баланс количества движений (импульса). Модель и степени свободы.	ПК-12
3.	Единицы оборудования	3	Смеситель потоков. Разделитель потоков. Равновесный испаритель. Сепаратор	ПК-12

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
			компонентов. Регулирующий клапан. Компрессор. Печь/однопочный теплообменник. Двухпочный теплообменник. Стехиометрический реактор. многоцелевой равновесный испаритель. Колонный аппарат. Модель теоретическо тарелки. Обзор методов оценки начальных приближений	
4.	Обзор методов сходимости, сходимость вычислений	2	Метод простых итераций. Метод Вегстейна. Метод Бройдена. Расчет технологических схем с рециклическими потоками.	ОПК-2 ПК-12
5.	Методы расчета констант фазового равновесия	3	Уравнения состояния. Пенг-Робинсон, Соав-Ридлих-Квонг, Кабади-Данер, Ли-Кеслер-Плокер, Пенг-Робинсон-Стрижек-Вера, Кислый Пенг-Робинсон, Кислый Соав-Ридлих-Квонг, Зудкевич-Йофе. Модели активности. Чьен-Нулл, расширенный и общий NRTL, Маргулис, UNIQUAC, Ван-Лаар, Вильсон, Вириальное уравнение. Полуэмпирические методы (Чао-Сидера, Грайсона-Стрида). Пакеты упругости пара. Модифицированный Антуан, Брауна, таблицы Эссо. Расчет испарения при заданных Т-Р. Диаграммы TV-TH-TS. Расчет испарения при заданной доле пара	ПК-12
6.	Оптимизация в системах моделирования	2	Методы оптимизации. Задание функций. Метод Бокса. Метод последовательного квадратичного программирования. Смешанный метод. Метод Флетчера-Ривса. Квази-Ньютоновский метод	ПК-12
7.	Сепараторы	2	Простой сепаратор твердых частиц. Трехфазный сепаратор и пример его расчета. Циклон. Гидроциклон. Барабанный вакуумный фильтр	ПК-12
8.	Колонное оборудование	3	Трехфазные системы. Обнаружение наличия трех фаз. Начальные оценки. Ввод реакций в колонне. Конденсатор колонны. Ребойлер колонны. Тарельчатая секция. Анализ причин несходимости. Отсутствие сходимости тепловых балансов. Отсутствие сходимости. Расчет фазового равновесия.	ОПК-2 ПК-12
9.	Трубопроводная арматура. Насосы и компрессоры	1	Смеситель. Трубопровод. Отложения твердой фазы. Местные сопротивления. Разветвитель. Клапан и пример его расчета. Клапан сброса. Компрессор и пример его расчета. Поршневой компрессор и пример его расчета.	ПК-12
10.	Реактор и диспетчер реакций	2	Компоненты реакций. Компоненты библиотечных реакций. Конверсионные реакции. Равновесные реакции. Кинетические реакции. Гетерогенная каталитическая реакция. Работа с наборами реакций. Экспорт/импорт наборов реакций. Добавление набора реакций к пакету свойств. Конверсионный реактор. Реактор идеального смешения. Равновесный реактор. Реактор Гиббса. Реактор идеального вытеснения.	ПК-12
11.	Пакет свойств Амины	3	Неравновесная модель тарелки. КПД	ПК-12

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
			тарелки. Равновесная растворимость. Модель Кента и Айзенберга. Модель электролитов Ли-Матера. Энтальпия фаз. Расчет схемы аминовой очистки. Расчет абсорбера. Расчет регенератора. Сходимость рецикла. Программные ограничения и область применимости пакета.	
12.	Диспетчер нефтяных смесей	3	Нефтяной пакет. Процедура задания нефтяных смесей. Ввод экспериментальных данных. Создание псевдокомпонентов. Анализ газовой части. Автоматический расчет газовой части. Разбивка кривой ИТК на псевдокомпоненты. Графическое определение свойств компонентов. Расчет критических свойств компонентов. Кривая распределения серы.	ПК-12
13.	Расчет процесса многокомпонентной ректификации в колоннах	3	Расчет температур кипения, температур точки росы и па-ро-жидкостного равновесия. Метод последовательных приближений. Методика Тиле и Геддеса. Способ простых итераций. Решение уравнений материального баланса при помощи матриц. Методика Льюиса и Матисона. Методы сходимости расчета. О-метод сходимости. Метод сходимости Харпа-Боннера. Методика Льюиса и Матисона в сочетании с О-методом сходимости. Релаксационная методика расчета.	ОПК-2 ПК-12
14.	Использование эффективности тарелок при расчете колонн	3	Модифицированная эффективность тарелки по Мерффри. Модифицированная эффективность испарения. Эффективность теплопередачи. Использование эффективности испарения при расчете простых колонн. Сочетание эффективности тарелки по Мерффри и эффективности испарения.	ПК-12
15.	Схемы управления процессами перегонки и ректификации нефтяных смесей	3	Общая характеристика систем автоматического управления технологическими процессами. Элементы систем автоматического управления процессами перегонки и ректификации. Регулирование давления. Регулирование расхода. Регулирование температуры. Регулирование температуры паров в верху колонны. Регулирование температуры паров в низу колонны. Регулирование уровня в низу колонны. Автоматизация и управление процессом ректификации в простых колоннах. Автоматическое управление процессом ректификации в сложных колоннах.	ОПК-2 ПСК-9.2
	ВСЕГО	36		

6. Содержание практических/семинарских занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Формируемые компетенции

1	2	3	4	6
1.	Преимущества компьютерного моделирования	1	Обзор основных экранных окон ХЕМКАД'А и Хай-сис'а	ПК-12
2.	Термодинамические принципы для открытых систем	2	Этапы обработки задачи моделирования установившихся режимов в Хемкаде и Хайсисе.	ПК-12
3.	Единицы оборудования	5	Расчет простой технологической схемы без рециклов	ПК-12
4.		2	Теплообменное оборудование	ПК-12
5.	Обзор методов сходимости, сходимость вычислений	2	Расчет простой технологической схемы с рециклом	ОПК-2 ПК-12
6.	Методы расчета констант фазового равновесия	2	Массовые и тепловые балансы производств, связанных с защитой окружающей среды	ПК-12
7.	Оптимизация в системах моделирования	1	Примеры оптимизации в системах моделирования	ПК-12
8.	Сепараторы	2	Расчет материальных и тепловых балансов при разработке нового производства	ПК-12
9.	Колонное оборудование	1	Расчет массовых и тепловых балансов в условиях действующих производств	ПК-12
10.	Трубопроводная арматура. Насосы и компрессоры	7	Расширение технологической схемы за счет дополнительного оборудования	ПК-12
11.	Реактор и диспетчер реакций	7	Переработка природного газа	ПК-12
12.	Пакет свойств Амины	8	Очистка природного газа	ПК-12
13.	Диспетчер нефтяных смесей	8	Перегонка и ректификация в нефтепереработке	ОПК-2 ПК-12
14.	Расчет процесса многокомпонентной ректификации в колоннах	8	Концепция расчета колонн по теоретическим ступеням	ПК-12
15.	Использование эффективности тарелок при расчете колонн	2	Контактные устройства	ПК-12
16.		3	Тарельчатые контактные устройства	ПК-12
17.		3	Насадочные контактные устройства	ПК-12
18.	Схемы управления процессами перегонки и ректификации нефтяных смесей	1	Проверка гипотезы о законе распределения по критерию хи-квадрат	ОПК-2
19.		1	Критерий Уилкоксона	ОПК-2
20.		6	Расчет цифровой АСР	ПСК-9.2
	ВСЕГО	72		

7. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Формируемые компетенции
1	2	3	4	6
1.	Единицы оборудования	5	Кожухотрубчатый теплообменник	ПК-12
2.		4	Аппарат воздушного охлаждения	ПК-12
3.		5	Теплообменник типа «труба в трубе»	ПК-12
4.	Оптимизация в системах моделирования	4	Оптимизация конструкции пластинчатого теплообменника	ОПК-2 ПК-12
5.	Схемы управления процессами перегонки и ректификации нефтяных смесей	6	Измерение уровня жидкости	ОПК-2
6.		6	Приборы для измерения давления	ОПК-2
7.		6	Уровнемер для химических и нефтехимических производств	ОПК-2
	ВСЕГО	36		

8. Самостоятельная работа

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1.	История компьютерного моделирования химических производств. Методы защиты окружающей среды	5	подготовка расчетного задания	ПК-12
2.	Построение технологической схемы для динамических режимов в ChemCad. Выбор методов расчета термодинамических характеристик. Задание потоков питания и начальных условий для потоков. Выбор единиц оборудования и задание их характеристик.	7	подготовка к лабораторной работе, подготовка расчетного задания	ПК-12
3.	Выполнение моделирования динамических режимов протекания процессов в ChemCad. Основные этапы моделирования динамики процессов. Создание нового задания.	7	подготовка к лабораторной работе, подготовка расчетного задания	ПК-12
4.	Моделирование образования гидратов в HYSYS. Температура образования. Давление образования. Ингибирование. Пример ингибирования.	7	подготовка расчетного задания	ПК-12
5.	Задание продолжительности расчета, шага по времени и/или критериев останова. Просмотр результатов с использованием функций RESULTS (Результаты) и PLOT (График). Повторный запуск моделирования или продолжение моделирования с текущего момента в ChemCad	7	подготовка к лабораторной работе, подготовка расчетного задания	ПК-12
6.	Выполнение параметрического моделирования в ChemCad. Заполнение окна ввода данных для независимой переменной. Заполнение окна ввода данных для регистрируемых переменных	7	подготовка к лабораторной работе, подготовка расчетного задания	ПК-12
7.	Модуль расчета динамического режима работы аппарата высокого давления (dynamic vessel).	7	подготовка расчетного задания	ПК-12
8.	Модули расчета ректификационной колонны в динамическом режиме работы (DYNAMIC COLUMN).	7	подготовка расчетного задания	ПК-12
9.	Модули расчета ПИД-регулятора и регулировочного клапана (CC-DYNAMICS). Структуры контуров регулирования	6	подготовка к лабораторной работе, подготовка расчетного задания	ПСК-9.2
10.	Модуль расчета реактора периодического действия в ChemCad (CC-Reacs).	6	подготовка расчетного задания	ПК-12
11.	Очистка нефтяных смесей от меркаптановой серы. Щелочная очистка нефтяных смесей	6	подготовка расчетного задания	ПК-12
12.	Температура вспышки в закрытом тигле. Давление насыщенных паров по Рейду. Температура застывания нефтяных смесей. Октановое число.	6	подготовка к лабораторной работе, подготовка расчетного задания	ПК-12
13.	Многокомпонентный массоперенос. Модели массо- и теплообмена для двухфазных газожидкостных систем	6	подготовка расчетного задания	ПК-12

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
14.	Сопряженный массо- и теплообмен. Поперечный поток массы	6	подготовка расчетного задания	ПК-12
15.	Техническая реализация АСР расхода, температуры, уровня и давления. Определение объемов необходимых автоматических защит и блокировок технологического оборудования. Выбор приборов из справочника	6	подготовка к лабораторной работе, подготовка расчетного задания	ОПК-2 ПСК-9.2
16.	Курсовая работа	21	выполнение курсовой работы	ОПК-2 ПК-12
	ВСЕГО	117		

8.1. Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1.	История компьютерного моделирования химических производств. Методы защиты окружающей среды	4	проверка расчетного задания	ПК-12
2.	Построение технологической схемы для динамических режимов в ChemCad. Выбор методов расчета термодинамических характеристик. Задание потоков питания и начальных условий для потоков. Выбор единиц оборудования и задание их характеристик.	5	прием лабораторной работы, проверка расчетного задания	ПК-12
3.	Выполнение моделирования динамических режимов протекания процессов в ChemCad. Основные этапы моделирования динамики процессов. Создание нового задания.	4	прием лабораторной работы, проверка расчетного задания	ПК-12
4.	Моделирование образования гидратов в HYSYS. Температура образования. Давление образования. Ингибирование. Пример ингибирования.	5	проверка расчетного задания	ПК-12
5.	Задание продолжительности расчета, шага по времени и/или критериев останова. Просмотр результатов с использованием функций RESULTS (Результаты) и PLOT (График). Повторный запуск моделирования или продолжение моделирования с текущего момента в ChemCad	4	прием лабораторной работы, проверка расчетного задания	ПК-12
6.	Выполнение параметрического моделирования в ChemCad. Заполнение окна ввода данных для независимой переменной. Заполнение окна ввода данных для регистрируемых переменных	5	прием лабораторной работы, проверка расчетного задания	ПК-12
7.	Модуль расчета динамического режима работы аппарата высокого давления (dynamic vessel).	4	проверка расчетного задания	ПК-12
8.	Модули расчета ректификационной колонны в динамическом режиме работы	5	проверка расчетного задания	ПК-12

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
	(DYNAMIC COLUMN).			
9.	Модули расчета ПИД-регулятора и регулировочного клапана (CC-DYNAMICS). Структуры контуров регулирования	3	прием лабораторной работы, проверка расчетного задания	ПСК-9.2
10.	Модуль расчета реактора периодического действия в ChemCad (CC-Reacs).	3	проверка расчетного задания	ПК-12
11.	Очистка нефтяных смесей от меркаптановой серы. Щелочная очистка нефтяных смесей	3	проверка расчетного задания	ПК-12
12.	Температура вспышки в закрытом тигле. Давление насыщенных паров по Рейду. Температура застывания нефтяных смесей. Октановое число.	3	прием лабораторной работы, проверка расчетного задания	ПК-12
13.	Многокомпонентный массоперенос. Модели массо- и теплообмена для двухфазных газожидкостных систем	3	проверка расчетного задания	ПК-12
14.	Сопряженный массо- и теплообмен. Поперечный поток массы	3	проверка расчетного задания	ПК-12
15.	Техническая реализация АСР расхода, температуры, уровня и давления. Определение объемов необходимых автоматических защит и блокировок технологического оборудования. Выбор приборов из справочника	3	прием лабораторной работы, проверка расчетного задания	ОПК-2 ПСК-9.2
16.	Курсовая работа	15	проверка курсовой работы	ОПК-2 ПК-12
	ВСЕГО	72		

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности обучающихся в рамках дисциплины «Системы моделирования химико-технологических процессов» 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
9-й семестр			
Лабораторная работа	4	24	28
Расчетное задание	9	36	72
Итого		60	100
10-й семестр			
Лабораторная работа	3	10	12
Расчетное задание	11	26	48
Экзамен	1	24	40
Итого		60	100
10-й семестр			
Курсовая работа	1	60	100
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 «Системы моделирования химико-технологических процессов» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Количество экземпляров
Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева, Д.А. Рыжов, Математическое моделирование химико-технологических систем с использованием программы ChemCad [Учебник] учебно-методич. пособие: Казань : , 2008	112 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Е.С. Воробьев, Э.А. Каралин, Ф.И. Воробьева, Моделирование химико-технологических процессов [Учебник] учеб. пособие : в 2 ч.: Казань : Изд-во КНИТУ, 2019	41 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
А.В. Клинов, А.Г. Мухаметзянова, Математическое моделирование химико-технологических процессов [Учебник] учеб. пособие: Казань : , 2009	69 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Р.Н. Костромин, В.М. Мурзин, Р.Ф. Хамидуллин, Моделирование процессов подготовки и переработки нефтегазового сырья в среде ChemCAD [Учебник] учеб. пособие: Казань : , 2009	159 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Ю.Л. Павлов, Н.Н. Зиятдинов, Д.А. Рыжов, Системный анализ химико-технологических процессов как объектов управления и методы настройки регуляторов [Учебник] учеб. пособие: Казань : , 2013	80 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
Ас.М. Гумеров, Н.М. Валеев, Аз.М. Гумеров [и др.], Математическое моделирование химико-технологических процессов [Учебник] учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. 240802 "Основные процессы хим. производств и хим. кибернетика": М. : КолосС, 2008	490 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
, Моделирование процесса обогащения воздуха кислородом на жидких пассивных мембранах в ППП CHEMCAD [Методическое пособие] метод. указания: Казань : Изд-во КНИТУ, 2012	10 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Н.Н. Зиятдинов, Т.В. Лаптева, Д.А. Рыжов [и др.], Системный анализ химико-технологических процессов с использованием программы CHEMCAD [Учебник] учеб.-метод. пособие: Казань : , 2009	159 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
Т. Н. Гартман, Д. В. Клушин, Моделирование	https://e.lanbook.com/book/126905

химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики [Электронный ресурс] : Санкт-Петербург : Лань, 2020	Режим доступа: по подписке КНИТУ
Н. А. Самойлов, Примеры и задачи по курсу "Математическое моделирование химико-технологических процессов" [Электронный ресурс] : Санкт-Петербург : Лань, 2013	http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=37356 Режим доступа: по подписке КНИТУ

11.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Системы моделирования химико-технологических процессов» предусмотрено использование электронных источников информации:

1. Программы формирования тестов для контроля и самоконтроля из банка заданий.
2. Комплект методической литературы, размещенный на сайте кафедры ПАХТ.
3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>
4. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ <http://ruslan.kstu.ru/>

УНИЦ
Согласовано

11.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Scopus Доступ свободный: www.scopus.com
2. Web of Science Доступ свободный: apps.webofknowledge.com
3. Стандартная справочная база данных NIST <https://webbook.nist.gov/chemistry/>
4. База данных CoolProp <http://www.coolprop.org/v4/index.html>
5. Справочно-правовая система «ГАРАНТ» Доступ свободный: www.garant.ru
6. Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» Доступ свободный: www.consultant.ru
7. Профессиональные справочные системы Техэксперт - www.cntd.ru/

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Системы моделирования химико-технологических процессов»:

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

Научное ПО: Mathcad Education

Научное ПО: MATLAB Academic (в комплекте с Simulink Academic)

Научное ПО: Aspen HYSYS (ANSYS Academic Research Mechanical and CFD; ANSYS LS-DYNA; ANSYS LS-DYNA HPC-8)

1. Лекционные занятия:

- а. комплект электронных презентаций/слайдов,
- б. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук),

2. Лабораторные занятия

- а. лаборатория тепло-массообменных установок, оснащенная необходимым оборудованием,
- б. компьютерный класс.

3. Прочее

- a. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- b. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

13. Образовательные технологии

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе по дисциплине «Системы моделирования химико-технологических процессов» составляет 58 ч.

В процессе освоения дисциплины «Системы моделирования химико-технологических процессов» используются следующие образовательные технологии:

- работа в малых группах;
- дискуссия;
- разработка проекта (метод проектов);
- системы дистанционного обучения.