

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор
И.В. Макурин
20 18 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

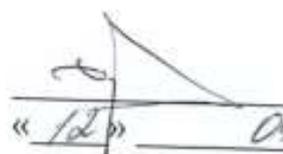
дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов»

основной профессиональной образовательной программы
подготовки бакалавров по направлению
18.03.01 «Химическая технология»,
профиль «Химическая технология природных энергоносителей
и углеродных материалов»

Форма обучения Очная
Технология обучения Традиционная

Комсомольск-на-Амуре 20 18

Автор рабочей программы
старший преподаватель

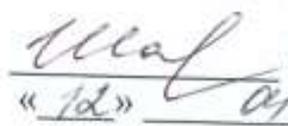

« 12 » 04 2014 г.

СОГЛАСОВАНО

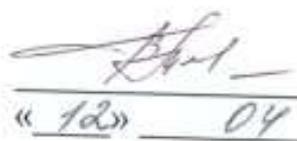
Директор библиотеки


« 26 » 04 2014 г.

Заведующий кафедрой технологии пе-
реработки нефти и полимеров


« 12 » 04 2014 г.

Декан факультета экологии и химиче-
ских технологий


« 12 » 04 2014 г.

Начальник учебно-методического
управления


« 26 » 04 2014 г.

Введение

Рабочая программа дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.08.2016 № 1005, и основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 18.03.01 «Химическая технология».

1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	<u>Моделирование химико-технологических процессов</u>							
Цель дисциплины	Изложение современных принципов построения и применения математических моделей в системах химико-технологического производства и областях химической промышленности							
Задачи дисциплины	Планируемые результаты: Освоение методик математического описания систем химико-технологического производства; Изучение методов идентификации и оптимизации математических описаний химико-технологических процессов.							
Основные разделы дисциплины	-Общие принципы моделирования; -Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков; -Математическое моделирование теплообменных процессов; -Математическое моделирование кинетики химических реакций; -Математическое моделирование массообменных процессов; -Математическое моделирование химических реакторов; -Вероятностный подход к моделированию.							
Общая трудоемкость дисциплины	3 з.е. / 108 академических часов							
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч				СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы	Курсовое проектирование			
7 семестр	17	34	-	-	57	-	108	
ИТОГО:	17	34	-	-	57	-	108	

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина *«Моделирование химико-технологических процессов»* нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
ПК-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	З1(ПК-2-4) Знать особенности современных информационных технологий;	У1(ПК-2-4) Работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач;	Н1(ПК-2-4) Владеть методами поиска и обмена информацией в компьютерных сетях;
	З2(ПК-2-4) Знать технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации, один из языков программирования высокого уровня;	У2(ПК-2-4) Уметь использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;	Н2(ПК-2-4) Владеть техническими и программными средствами защиты информации, включая приемы антивирусной защиты;
ПК-6 Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств	З1(ПК-6-2) Знать методы поиска и обмена информацией в компьютерных сетях,	У1(ПК-6-2) Уметь использовать численные методы для решения математических задач	Н1(ПК-6-2) Владеть методами анализа и расчета процессов в промышленных аппаратах;

	З2(ПК-6-2) Знать пакеты прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов	У2(ПК-6-2) Уметь использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;	Н2(ПК-6-2) Владеть методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования
--	--	--	--

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина *«Моделирование химико-технологических процессов»* изучается на 4 курсе в 7 семестре.

Дисциплина является *вариативной дисциплиной* входит, в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к обязательной *вариативной* части.

Знания, умения и навыки, сформированные дисциплиной *«Моделирование химико-технологических процессов»* являются основной для успешного выполнения выпускной квалификационной работы, подготовке и сдаче государственного экзамена.

Входной контроль при изучении дисциплины не проводится.

4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	108
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	51
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	17
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия,	34

Объем дисциплины	Всего академических часов
	Очная форма обучения
практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа, включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	57
Промежуточная аттестация обучающихся	Зачет

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				компетенции	ЗУН
1	2	4	3	5	6
Раздел 1 Общие принципы моделирования					
Тема 1.1 Общая характеристика задач химической технологии, решаемых с применением ЭВМ	Лекция	1	традиционная лекция	ПК-2	31(ПК-2-4)
Тема 1.2 Математическое моделирование химико-технологических процессов (ХТП). Понятие модели. Классификация моделей. Виды моделирования.	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-2	31(ПК-2-4)
Классификация математических моделей. Принципы математического моделирования процессов химической технологии.	СРС	2	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2	У1(ПК-2-4)
Тема 1.3 Блочный принцип построения математической модели ХТП.	Лекция	1	традиционная лекция	ПК-2	31(ПК-2-4)
Классификация уравнений модели. Этапы построения математической модели ХТП	СРС	2	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2	У1(ПК-2-4)
Текущий контроль по разделу 1		Опрос			
ИТОГО по разделу 1	Лекции	3	–	–	–
	Практические занятия	-	–	–	–
	СРС	4	–	–	–
Раздел 2 Математическое моделирование гидродинамической структуры однофазных потоков					

1	2	4	3	5	6
Тема 2.1 Время пребывания элементов потока как случайная величина.	Лекция	1	традиционная лекция	ПК-2	31(ПК-2-4)
Распределения времени пребывания элементов потока.	СРС	2	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2	У1(ПК-2-4)
Тема 2.2 Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока.	Практическое занятие	4	выполнение практической работы	ПК-2	Н1(ПК-2-4)
Типовые модели структуры потоков	СРС	2	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2	У1(ПК-2-4)
Текущий контроль по разделу 2		Опрос	–	–	–
ИТОГО по разделу 2	Лекции	1	–	–	–
	Практическое занятие	4	–	–	–
	СРС	4	–	–	–
Раздел 3 Математическое моделирование теплообменных процессов					
Тема 3.1 Основы теплового расчета. Математические модели теплообменников.	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-2	32(ПК-2-4)
Тема 3.2 Оптимальное проектирование теплообменного аппарата.	Практическое занятие	4	выполнение практической работы	ПК-2	Н2(ПК-2-4)
Постановка задачи оптимального проектирования. Алгоритм расчета критерия оптимизации	СРС	6	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-2	У2(ПК-2-4)
Тема 3.3 Моделирование противоточного теплообменника	Практическое занятие	4	выполнение практической работы	ПК-2	Н2(ПК-2-4)
Текущий контроль по разделу 3		Опрос	–	–	–
ИТОГО по разделу 3	Лекции	1	–	–	–
	Практиче-	8	–	–	–

1	2	4	3	5	6
	ское занятие				
	СРС	6	–	–	–
Раздел 4 Математическое моделирование кинетики химических реакций					
Тема 4.1 Основные понятия химической кинетики	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-6	31(ПК-6-2)
Классификация реакций. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения. Простые и сложные реакции.	СРС	4	выполнение РГР	ПК-6	У1(ПК-6-2)
Степень превращения. Степень полноты реакции. Стехиометрические уравнения. Стехиометрическая матрица	СРС	4	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-6	У1(ПК-6-2)
Тема 4.2 Методы упрощения математической модели кинетики ХТП	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-6	31(ПК-6-2)
Стехиометрические линейно зависимые и линейно независимые реакции. Линейные инварианты.	СРС	4	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-6	У1(ПК-6-2)
Этапы идентификации математической модели кинетики химических реакций	СРС	5	выполнение РГР	ПК-6	У2(ПК-6-2)
Тема 4.3 Примеры моделирования кинетики реакций ХТП	Практическое занятие	4	выполнение практической работы	ПК-6	Н1(ПК-6-2)
Текущий контроль по разделу 4		Опрос	–	–	–
ИТОГО по разделу 4	Лекции	3	–	–	–
	Практическое занятие	4	–	–	–
	СРС	17	–	–	–
Раздел 5 Математическое моделирование массообменных процессов					
Тема 5.1 Блочный принцип построения моделей массопередачи	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-6	31(ПК-6-2)
Тема 5.2 Общая характеристика математиче-	Лекция	1	интерактивная	ПК-6	31(ПК-6-2)

1	2	4	3	5	6
ского описания массо-обменных процессов			лекция		
Тема 5.3 Уравнения баланса массы, равновесия и кинетики реакции на примере математической модели ХТП	Практическое занятие	4	выполнение практической работы	ПК-6	Н1(ПК-6-2)
Массообменный процесс адсорбции	СРС	6	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-6	У1(ПК-6-2)
Тема 5.4 Моделирование массообменного процесса на примере моделирования процесса адсорбции	Практическое занятие	4	выполнение практической работы	ПК-6	Н1(ПК-6-2)
Текущий контроль по разделу 5		Опрос	–	–	–
ИТОГО по разделу 5	Лекции	2	–	–	–
	Практическое занятие	8	–	–	–
	СРС	6	–	–	–
Раздел 6 Математическое моделирование химических реакторов					
Тема 6.1 Классификация химических реакторов.	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-6	32(ПК-6-2)
Тема 6.2 Математические модели процесса в реакторе.	Лекция	2	интерактивная лекция	ПК-6	32(ПК-6-2)
Математические модели процесса в реакторе	СРС	5	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-6	У2(ПК-6-2)
Математические модели реакторов идеального смешения	СРС	5	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-6	У2(ПК-6-2)
Математические модели химических реакторов идеального вытеснения	СРС	5	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-6	У2(ПК-6-2)

1	2	4	3	5	6
			плины		
Каскад реакторов идеального смешения	СРС	5	изучение теоретических разделов дисциплины	ПК-6	У2(ПК-6-2)
Тема 6.3 Сравнение химических реакторов идеального смешения и идеального вытеснения и каскада реакторов идеального смешивания	Практическое занятие	6	выполнение практической работы	ПК-6	Н2(ПК-6-2)
Текущий контроль по разделу 6		Опрос	–	–	
ИТОГО по разделу 6	Лекции	3	–	–	–
	Практическое занятие	6	–	–	–
	СРС	20	–	–	–
Раздел 7 Вероятностный подход к моделированию					
Тема 7.1 Функция одной переменной	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-6	32(ПК-6-2)
Тема 7.2 Выбор вида и определение параметров эмпирической зависимости. Пример монотонной зависимости	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-6	32(ПК-6-2)
Тема 7.3 Выбор вида и определение параметров немонотонной зависимости	Практическое занятие	4	выполнение практической работы	ПК-6	Н2(ПК-6-2)
Тема 7.4 Функции многих переменных. Множественная регрессия.	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-6	32(ПК-6-2)
Тема 7.5 Планирование эксперимента. Полный факторный эксперимент. Планирование второго порядка.	Лекция	1	интерактивная лекция	ПК-6	32(ПК-6-2)
Текущий контроль по разделу 7		Опрос	–	–	–
ИТОГО по разделу 7	Лекции	4	–	–	–
	Практическое занятие	4	–	–	–
	СРС	-	–	–	–
Промежуточная аттестация			Зачет	–	–

1	2	4	3	5	6
по дисциплине					
ИТОГО по дисциплине	Лекции	17	–	–	–
	Практическое занятие	34	–	–	–
	СРС	57	–	–	–
ИТОГО: общая трудоемкость дисциплины 108 часов, в том числе с использованием активных методов обучения 12 часов					

6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Моделирование химико-технологических процессов», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к практическим занятиям; подготовка и оформление РГР. Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы, учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. Основы работы в среде MathCAD: Методические указания к лабораторной работе /Сост. Ю.С. Иванов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2016 – 12 с.

2. Вектора и матрицы в среде MathCad: Методические указания к лабораторной работе /Сост. Ю.С. Иванов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2016 – 8 с

3. Построение графиков в среде MathCad: Методические указания к лабораторной работе /Сост. Ю.С. Иванов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2016 – 11 с

4. Решение уравнений в среде MathCad: Методические указания к лабораторной работе /Сост. Ю.С. Иванов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2016 – 13 с.

5. Исследование функций в среде MathCad: Методические указания к лабораторной работе /Сост. Ю.С. Иванов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2016 – 14 с.

6. Символьные вычисления в среде MathCad: Методические указания к лабораторной работе /Сост. Ю.С. Иванов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2016 – 10 с.

7. Программирование в среде MathCad: Методические указания к лабораторной работе /Сост. Ю.С. Иванов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2016 – 18 с.

Таблица 4 – Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов при 17 -недельном семестре

Вид самостоя- тельной работы	Часов в неделю																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Подготовка к практическим занятиям	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	32
Изучение теоре- тических разде- лов дисциплины			2	2			2	2		2	2			2	2			16
Подготовка и оформление РГР								1	2	2	2	2						9
ИТОГО в 7 семестре	1	1	4	4	2	2	4	5	4	6	6	4	2	4	4	2	2	57

7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Разделы 1-6	У1(ПК-6-2) У2(ПК-6-2)	РГР	Полнота и правильность выполнения задания. Аргументированность ответов.
Раздел 4	Н1(ПК-2-4) Н2(ПК-2-4) Н1(ПК-6-2) Н2(ПК-6-2)	Практические задания	Полнота и правильность выполнения задания.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
7 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме зачета</i>				
1	Практическое задание 1	в течение семестра	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
2	Практическое задание 2	в течение семестра	5 баллов	
3	Практическое задание 3	в течение семестра	5 баллов	
4	Практическое задание 4	в течение семестра	5 баллов	
5	Практическое задание 5	в течение семестра	5 баллов	
6	Практическое задание 6	в течение семестра	5 баллов	

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
7	Практическое задание 7	в течение семестра	5 баллов	
8	Практическое задание 8	в течение семестра	5 баллов	
9	Выполнение РГР	в течение семестра	20 баллов	
ИТОГО:		-	60 баллов	-
<p>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: Минимальный уровень для аттестации студента в форме зачета – 75% от максимально возможной суммы баллов по дисциплине за семестр (45 баллов)</p>				

Задания для текущего контроля

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

Интегральная и дифференциальная функции распределения времени пребывания элементов потока

1. Экспериментальное изучение распределения времени пребывания элементов потока.

2. Импульсная подача трассера.

3. подача трассера в виде единичного скачка.

4. Функции отклика

Оптимальное проектирование теплообменного аппарата

1. Расчет стоимости теплообменника.

2. Расчет стоимости насосов и установочных мощностей двигателей насосов.

Моделирование противоточного теплообменника

1. В прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе» охлаждается этиловый эфир от температуры $T_{в}(x=0)$ равной 30°C до $T_{в}(x=L)$ равной 5°C . Охлаждение эфира осуществляется рассолом, поступающим из холодильной установки при температуре $T_{н}(x=0)$ равной -17°C . Объемный расход эфира $6,98 \text{ м}^3/\text{ч}$, рассола – $2,61 \text{ м}^3/\text{ч}$; диаметр внутренней трубы – $0,038 \text{ м}$; плотность эфира $716 \text{ кг}/\text{м}^3$ рассола – $1150 \text{ кг}/\text{м}^3$; теплоемкость эфира – $0,514 \text{ ккал}/(\text{кг град})$, рассола – $0,813 \text{ ккал}/(\text{кг град})$; коэффициент теплопередачи – $475 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \text{ ч град})$. Найти длину теплообменника, необходимого для снижения температуры эфира до заданного значения. Определить профили температур эфира и рассола по длине теплообменника. За условный нуль принять температуру $T_{н}(x=0) = -17^{\circ}\text{C}$. Тогда $T_{в}(x=L) = 22^{\circ}\text{C}$, $T_{н}(x=0) = 0^{\circ}\text{C}$, $T_{в}(x=0) = 47^{\circ}\text{C}$.

2. Исследовать стационарный режим работы теплообменника типа «труба в трубе», используя данные, приведенные в задании 1 для случая противотока. Сопоставить эффективность теплообмена в обоих случаях, если длина теплообменника 60 м .

3. Определить необходимую длину противоточного теплообменника для охлаждения $1,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ сероуглерода от температуры кипения $46,3^{\circ}\text{C}$ до 22°C . Охлаждающая вода нагревается до 25°C . Диаметр внутренней трубы теплообменника $0,075 \text{ м}$; расход охлаждающей воды $0,32 \text{ м}^3/\text{ч}$; плотность сероуглерода $-129 \text{ кг}/\text{м}^3$, воды – $998 \text{ кг}/\text{м}^3$; теплоемкость сероуглерода – $0,32 \text{ ккал}/(\text{кг град})$, воды – $0,999 \text{ ккал}/(\text{кг град})$; коэффициент теплопередачи – $168 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \text{ кг град})$.

4. Для найденной длины теплообменника исследовать стационарный режим прямоточного теплообменника. Установить, какую температуру приобретает охлаждаемый поток. Определить профили температур по длине теплообменника.

Примеры моделирования кинетики реакций ХТП

1. Определение скорости химической реакции.
2. Составление стехиометрического уравнения реакции.
3. Кинетические уравнения простых элементарных реакций.
4. Кинетические уравнения сложных реакций и соответствующие им дифференциальные уравнения.
5. Нахождение кинетических кривых.

Уравнения баланса массы, равновесия и кинетики реакции на примере математической модели ХТП

1. Общая характеристика математического описания системы
2. Принцип материального баланса.
3. Применение баланса массы в математической модели ХТП

Моделирование массообменного процесса на примере моделирования процесса адсорбции

1. Уравнения материального баланса ХТП
2. Уравнения кинетики сорбции, равновесия сорбции ХТП
3. Уравнения теплового баланса, передачи тепла ХТП

Сравнение химических реакторов идеального смешения и идеального вытеснения и каскада реакторов идеального смешивания

1. Сравнение химических реакторов при помощи параметра времени пребывания.
2. Анализ расчетных формул.
3. Нахождение степени превращения.
4. Получение графической зависимости реактора идеального смешивания и реактора идеального вытеснения.
5. Сравнительный анализ процессов различных реакторов.

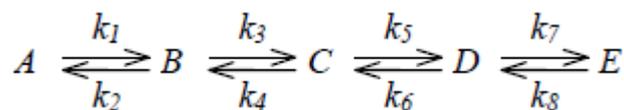
Выбор вида и определение параметров немонотонной зависимости

1. Этапы моделирования.
2. Основные зависимости и параметры для их выбора.
3. Монотонная зависимость.
4. Сравнение экспериментальной и расчетной кривых.

Расчетно-графическая работа

Исходные данные для РГР

В разделе 4 приведены механизмы химических реакций, значения констант скоростей реакций, начальные концентрации реагирующих веществ, интервал интегрирования $t = 0 - t_{\text{кон}}$. Требуется составить математическую модель кинетики химических реакций



Исходные данные сведены в таблицу 7 в соответствии с номером варианта.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
<i>A</i>	80	70	60	90	70	80	60	90	80	70
<i>B</i>	20	20	20	10	30	10	30	10	20	20
<i>C</i>	0	10	10	0	0	10	10	0	0	10
<i>D</i>	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
<i>E</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>k</i> ₁	0,9	0,8	0,8	0,9	0,7	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8
<i>k</i> ₂	0,3	–	0,2	0,3	–	0,4	0,2	–	0,2	0,1
<i>k</i> ₃	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5
<i>k</i> ₄	0,2	–	–	0,1	0,1	–	0,2	0,1	–	0,2
<i>k</i> ₅	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
<i>k</i> ₆	–	0,1	–	–	0,1	0,1	–	–	0,1	0,1
<i>k</i> ₇	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>k</i> ₈	–	0,1	0,1	0,1	–	–	–	0,1	–	–

1. Решить прямую задачу кинетики на примере системы реакций.
2. Получить систему дифференциальных уравнений.
3. Рассчитать математическую модель кинетики системы реакций.
4. Получить экспериментальную и расчетную функции распределения.
5. Сделать выводы об адекватности математической модели.

8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

1) Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Закгейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 2012. - 304 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-497-1. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/468690>

2) Русак С.Н. Моделирование систем управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.Н. Русак, В.А. Криштал. — Электрон. текстовые данные. — Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. — 136 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63216.html>

8.2 Дополнительная литература

1) Зенкин В.И. Практический курс математического и компьютерного моделирования [Электронный ресурс] : учебно-практическое пособие / В.И. Зенкин. — Электрон. текстовые данные. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2006. — 152 с. — 5-88874-732-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23869.html>

2) Моделирование химико-технологических процессов : учебник / Г.И. Ефремов. — М. : ИНФРА-М, 2019. — 255 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; Режим доступа <http://www.znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/12066

3) Аверченков В.И. Автоматизация проектирования технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В.И. Аверченков, Ю.М. Казаков. — Электрон. текстовые данные. — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. — 228 с. // IPRbooks.ru: электронно-библиотечная система

4) Моделирование систем и процессов, 2013, №4-Воронеж:ФГБОУ ВПО ВГЛТА, 2013.-74 с.[Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/475379>

9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://elib.spbstu.ru/dl/531/chapter6.html>
2. <http://www.gotai.net/documents/doc-1-fl-001.aspx>
3. http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/4_4.php

10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Изучение дисциплины «*Моделирование химико-технологических процессов*» осуществляется в процессе аудиторных занятий и самостоятельной работы студента. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций, практических занятий. Разделы дисциплин следует изучать последовательно, начиная с первого. Каждый раздел, формирует необходимые условия для создания системного представления о предмете дисциплины.

Самостоятельная работа является наиболее продуктивной формой образовательной и познавательной деятельности студента в период обучения. СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений. СРС включает следующие виды работ:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуальному заданию;
- опережающую самостоятельную работу;
- выполнение РГР;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовку к мероприятиям текущего контроля.

Студенту необходимо усвоить и запомнить основные термины, понятия и их определения, подходы, концепции и методики.

Контроль самостоятельной работы студентов и качество освоения дисциплины осуществляется во время аудиторных занятий. Для этого, во время лекций используются элементы дискуссии и контрольные вопросы. Уровень освоения умений и навыков проверяется в процессе практических занятий. Для этого используются задания, подготовленные студентами во время семестра и предназначенные для текущего контроля (таблица 6).

Минимальный уровень для аттестации студента в форме зачета – 75% от максимально возможной суммы баллов по дисциплине за семестр – 45 баллов (смотри таблицу 6).

Расчетно-графическая работа

РГР ориентировано на формирование и развитие у обучающихся умений и навыков расчета математических величин, методов представления использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных.

В ходе выполнения РГР студенты закрепляют теоретические знания, полученные при изучении дисциплины, глубже знакомятся с практическими методами представления экспериментальных данных. Студенты учатся принимать обоснованные решения путем сравнения вариантов, логических суждений, рассмотрения основных теоретических положений; умению кратко и точно излагать ход расчета.

При выполнении РГР студенты глубже изучают основную и специальную литературу, работают с Internet ресурсами.

Содержание РГР

РГР состоит из пояснительной записки. Пояснительная записка должна содержать: введение, основную часть, заключение и список использованных источников.

Пояснительную записку представляют к защите в сброшюрованном виде. Примерный объем пояснительной записки 15 – 20 с.

Выполненная пояснительная записка должна удовлетворять нормативным документам университета, с которыми можно ознакомиться в отделе стандартизации или на сайте университета. Отступления от указанных требований могут служить основанием для возврата РГР на исправление.

11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины *«Моделирование химико-технологических процессов»* основывается на активном использовании MS Word, MS Excel, в процессе подготовки РГР.

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

12 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для реализации программы дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 8.

Таблица 8 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
1	2	3	4
202/3	Лаборатория ЭВМ и вычислительных промышленных сетей	ПК	Работа в сети «Интернет», MS Word, MS Excel