

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора
НТИ (филиал) СКФУ
_____ В.В. Кузьменко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Моделирование химико-технологических процессов

(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

Направление подготовки **18.03.01 Химическая технология**
Направленность (профиль) **Химическая технология синтетически биологически активных веществ, химико-фармацевтических препаратов и косметических средств**
Квалификация выпускника **бакалавр**
Форма обучения **очная**
Год начала обучения **2020**
Изучается в **7** семестре

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование набора общепрофессиональных и профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология.

Основные задачи изучения дисциплины "Моделирование химико-технологических процессов" состоят в усвоении студентами:

- методов системного подхода к исследованию и математическому анализу и моделированию технологических процессов;
- методов и алгоритмов анализа режимов функционирования сложных ХТС с целью выявления источников потерь сырья, топлива и энергии в системе;
- принципов создания математических моделей физико-химических процессов с применением аналитических и численных методов решения;
- методов использования сетевых компьютерных технологии и базы данных, пакетов прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования;
- методам реализации математических моделей физико-химических процессов на ЭВМ и установления их адекватности.
- методов проведения экспериментов с использованием математических моделей и установления границ их применения.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной дисциплине вариативной части образовательной программы бакалавриата, в учебном плане имеет индекс Б1.В.13. Ее освоение происходит в 7 семестре.

3. Связь с предшествующими дисциплинами (модулями)

Математика

Физика

Общая и неорганическая химия

Информатика

Процессы и аппараты химической технологии

Органическая химия

Аналитическая химия и физико-химические методы анализа

4. Связь с последующими дисциплинами (модулями)

Химические реакторы

Государственная итоговая аттестация

5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

5.1 Наименование компетенций

Код	Формулировка
ПК-4	способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК-8	готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК-16	способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

5.2 Знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций	Формируемые компетенции
Знать: технические решения при разработке технологических процессов;	ПК-4

технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	
Знать: эксплуатацию вновь вводимого оборудования	ПК-8
Знать: методы планирования и проведения физических и химических экспериментов, методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования	ПК-16
Уметь: выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	ПК-4
Уметь: осваивать и эксплуатировать вновь вводимое оборудование	ПК-8
Уметь: выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования	ПК-16
Владеть: способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов	ПК-4
Владеть: готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования	ПК-8
Владеть: способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности	ПК-16

6. Объем учебной дисциплины (модуля)

	Астр. часов	з.е
Объем занятий: Итого	108	4.0
В том числе аудиторных	40.50	
Из них:		
Лекций	13.50	
Лабораторных работ	-	
Практических занятий	27.00	
Самостоятельной работы	40.50	

Зачет с оценкой 7 семестр

7. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием количества часов и видов занятий

7.1 Тематический план дисциплины (модуля)

№	Раздел (тема) дисциплины	Реализуемые компетенции	Контактная работа обучающихся с преподавателем, часов				Самостоятельная работа, часов
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Групповые консультации	
7 семестр							
1	Методологические основы построения математических моделей	ПК-4 ПК-8 ПК-16	1.50	1.50			
2	Математическое описание структуры потоков в аппарате	ПК-4 ПК-8 ПК-16	1.50	3.00			
3	Моделирование гидромеханических процессов	ПК-4 ПК-8 ПК-16	1.50	3.00			
4	Математические модели тепловых процессов	ПК-4 ПК-8 ПК-16	1.50	4.50			
5	Математические модели массообменных	ПК-4	1.50	4.50			

	процессов	ПК-8 ПК-16				
6	Математическое моделирование химических реакторов	ПК-4 ПК-8 ПК-16	1.50	3.00		
7	Составление математических моделей экспериментально-статистическими методами	ПК-4 ПК-8 ПК-16	3.00	4.50		
8	Оптимизация химико-технологических процессов	ПК-4 ПК-8 ПК-16	1.50	3.00		
	ИТОГО за 7 семестр		13.50	27.00		40.5
	ИТОГО		15.50	27.00		40.5

7.2 Наименование и содержание лекций

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Интерактивная форма проведения
7 семестр			
1	<p>Методологические основы построения математических моделей</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие о кибернетике химико-технологических процессов. 2. Системы и процессы – предмет кибернетики. 3. Блочный принцип построения математических моделей. 4. Математическое описание физико-химической системы. 5. Состав математического описания физико-химической системы 6. Уравнения баланса вещества, энергии и импульса. 7. Выбор метода решения и реализация его в виде алгоритма и моделирующей программы. 8. Адекватность модели. 	1.50	лекция – дискуссия
2	<p>Математическое описание структуры потоков в аппарате</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Структура потоков – гидродинамическая основа математических моделей. 2. Методы исследования структуры потоков. 3. Импульсный метод исследования структуры потока. 4. Метод ступенчатого возмущения исследования структуры потока. 5. Математическое описание идеальных моделей гидродинамики (смешения и вытеснения). 6. Математическое описание типовых моделей гидродинамики с использованием ячеечной модели. 7. Математическое описание типовых моделей гидродинамики с использованием диффузионной модели 	1.50	
3	<p>Моделирование гидромеханических процессов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Задачи гидродинамики. 2. Закон сопротивления при медленном движении частиц в жидкости. 3. Течение в пограничном слое. 4. Общий закон сопротивления среды. 	1.50	
4	<p>Математические модели тепловых процессов</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные понятия. 2. Механизмы переноса теплоты. 3. Перенос теплоты теплопроводностью. 4. Конвективный перенос теплоты. 5. Лучистый перенос теплоты. 	1.50	

	6. Конвективная теплоотдача (конвективный теплообмен). 8. Интенсификация теплообмена. 9. Математические модели теплообменных аппаратов.		
5	Математические модели массообменных процессов 1. Основные этапы составления математического описания массообменных процессов. 2. Модели и алгоритмы расчета процесса абсорбции. 3. Равновесие в системе газ–жидкость. 4. Физическая абсорбция и хемосорбция. 5. Описание структуры потоков фаз в аппарате и алгоритмы расчета стационарных режимов абсорберов.	1.50	
6	Математическое моделирование химических реакторов 1. Математическое описание реакторов с идеальной и неидеальной структурой потока в изотермическом режиме. 2. Теплоперенос в химических реакторах. 3. Диффузионный перенос. 4. Химическая реакция. 5. Уравнение материального баланса реактора и его анализ.	1.50	
7.1	Составление математических моделей экспериментально-статистическими методами 1. Обработка результатов пассивных экспериментов и построение эмпирических моделей. 2. Элементы корреляционного и регрессионного анализа. 3. Линейная регрессия от одного параметра. 4. Методы определения коэффициентов линейного или линеаризованного уравнения. 5. Проверка адекватности уравнения.	1.50	
7.2	Составление математических моделей экспериментально-статистическими методами 1. Обработка результатов активных экспериментов и оптимальное планирование эксперимента. 2. Полный факторный эксперимент и обработка его результатов. 3. Определение кодированных коэффициентов регрессии. 4. Определение значимости кодированных коэффициентов регрессии. 5. Проверка адекватности уравнения регрессии.	1.50	
8	Оптимизация химико-технологических процессов 1. Методы одномерной минимизации. Основные понятия. 2. Пассивный и последовательный поиск. 3. Метод дихотомии. 4. Метод золотого сечения. 5. Метод Фибоначчи. 6. Методы многомерной минимизации. 7. Градиентные методы. 8. Безградиентные методы. 9. Оптимизация химико-технологических процессов.	1.50	лекция-визуализация
Итого за семестр		13.50	3.00
Итого		13.50	3.00

7.3 Наименование лабораторных работ

Это вид занятий учебным планом не предусмотрен.

7.4 Наименование практических занятий

№ Темы дисциплины	Наименование тем практических занятий	Объем часов	Интерактивная форма проведения
7 семестр			
Тема 1. Методологические основы построения математических моделей			
1	Практическое занятие №1. Математическое описание типовых технологических объектов	1.50	
2	Практическое занятие №2. Последовательность составления математической модели	1.50	
Тема 2. Математическое описание структуры потоков в аппарате			
3	Практическое занятие №3. Математическое описание типовых моделей гидродинамики. Изучение распределения времени пребывания в проточных аппаратах. Дифференциальная и интегральная функции распределения.	1.50	
4	Практическое занятие №4. Математическое описание идеальных моделей гидродинамики (идеального смешения, идеального вытеснения, каскада аппаратов идеального смешения)	1.50	
5	Практическое занятие №5. Математическое описание неидеальных моделей гидродинамики (ячеечная модель, однопараметрическая диффузионная модель).	1.50	
Тема 3. Моделирование гидромеханических процессов			
6	Практическое занятие №6. Моделирование простой гидравлической системы в статике. Математическое описание и алгоритм решения системы уравнений. Реализация модели на компьютере.	1.50	
7	Практическое занятие №7. Моделирование простой гидравлической системы в динамике. Математическое описание и алгоритм решения системы уравнений. Реализация модели на компьютере.	1.50	
Тема 4. Математические модели тепловых процессов			
8	Практическое занятие №8. Моделирование процесса теплообмена в прямоточном теплообменнике. Математическое описание и алгоритм решения системы уравнений. Реализация модели на компьютере.	1.50	
9	Практическое занятие №9. Моделирование процесса теплообмена в противоточном теплообменнике. Математическое описание и алгоритм решения системы уравнений. Реализация модели на компьютере.	1.50	
Тема 5. Математические модели массообменных процессов			
10	Практическое занятие №10. Математическое описание статической модели действующего абсорбера. Алгоритм расчета абсорбера.	1.50	
11	Практическое занятие №11. Математическое описание статической модели проектируемого абсорбера. Алгоритм расчета абсорбера.	1.50	Решение разноуровневых и проблемных задач
Тема 6. Математическое моделирование химических реакторов			
12	Практическое занятие №12. Кинетическая модель реактора на примере паровой конверсии оксида углерода. Математическое описание.	1.50	
13	Практическое занятие №13. Исследование процесса паровой конверсии оксида углерода с использованием	1.50	Решение разноуровневых и

	компьютерной модели. Планирование эксперимента.		проблемных задач
Тема 7. Составление математических моделей экспериментально-статистическими методами			
14	Практическое занятие №14. Составление математических моделей на основе экспериментальных исследований. Подбор уравнения и расчет коэффициентов.	1.50	
15	Практическое занятие №15. Математическое описание экспериментальных данных изучения константы скорости химической реакции. Адекватность математических моделей.		
Тема 8. Оптимизация химико-технологических процессов			
16	Практическое занятие №16 Аналитические методы оптимизации. Определение оптимального времени контакта при проведении последовательной реакции.	1.50	
17	Практическое занятие №17 Сравнение однопараметрических методов оптимизации: перебора, перебора с обратным шагом, дихотомии и золотого сечения.	1.50	
18	Практическое занятие №18 Численные методы оптимизации. Определение оптимальных размеров теплообменника методом покоординатного спуска.	1.50	
Итого за семестр		27.00	3.00
Итого		27.00	3.00

7.5 Технологическая карта самостоятельной работы обучающихся

Коды реализуемых компетенций	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки	Объем часов, в том числе		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
7 семестр						
ПК-4 ПК-8 ПК-16	Подготовка к практическому занятию	Отчет	Собеседование	2,57	0,14	2,70
ПК-4 ПК-8 ПК-16	Самостоятельное изучение литературы	конспект	Собеседование	35,91	1,89	37,80
Итого за семестр				38,48	2,03	40,50
Итого				38,48	2,03	40,50

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

8.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОП ВО. Паспорт фонда оценочных средств

Код оцениваемой компетенции	Этап формирования компетенции (№темы)	Наименование оценочного средства	Вид контроля, аттестация	Тип контроля	Средства и технологии оценки
ПК-4	1 2 3 4 5 6 7 8	комплект заданий для контрольной работы	Текущий	Письменный	Домашнее задание
		вопросы к собеседованию	Промежуточный	Устный	Зачет с оценкой

ПК-8	1 2 3 4 5 6 7 8	комплект заданий для контрольной работы	Текущий	Письменный	Домашнее задание
		вопросы к собеседованию	Промежуточный	Устный	Зачет с оценкой
ПК-16	1 2 3 4 5 6 7 8	комплект заданий для контрольной работы	Текущий	Письменный	Домашнее задание
		вопросы к собеседованию	Промежуточный	Устный	Зачет с оценкой

8.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Уровни сформированности компетенций	Индикаторы	Дескрипторы			
		2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
ПК-4					
Базовый	Знать технические решения при разработке технологических процессов; технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	Поверхностные знания об основных технических решениях при разработке технологических процессов; о технических средствах и технологиях с учетом экологических последствий их применения;	Неполные представления об основных технических решениях при разработке технологических процессов; о технических средствах и технологиях с учетом экологических последствий их применения;	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных технических решениях при разработке технологических процессов; о технических средствах и технологиях с учетом экологических последствий их применения;	
	Уметь выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	Фрагментарное использование умений выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения;	В целом успешное, но не систематическое использование умений выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения;	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умений выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения;	
	Владеть способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов	Не всегда проявляет способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов	Не систематическое владение способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов	
Повышенный	Знать технические решения при разработке технологических процессов; технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения				Сформированные систематические представления об основных технических решениях при разработке технологических процессов; о технических средствах и технологиях с учетом экологических последствий их применения;

	Уметь выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения				Сформированные умения выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования;
	Владеть способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов				Успешное и систематическое владение способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов

ПК-8

Базовый	Знать эксплуатацию вновь вводимого оборудования	Поверхностные знания об эксплуатации вновь вводимого оборудования	Не достаточно полные знания об эксплуатации вновь вводимого оборудования	Знает эксплуатацию вновь вводимого оборудования	
	Уметь осваивать и эксплуатировать вновь вводимое оборудование	Затрудняется в освоении и эксплуатации вновь вводимое оборудование	Удовлетворительно умеет осваивать и эксплуатировать вновь вводимое оборудование	Хорошо умеет осваивать и эксплуатировать вновь вводимое оборудование	
	Владеть готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования	Очень низкая готовность осваивать и эксплуатировать вновь вводимое оборудование	Недостаточно полная готовность осваивать и эксплуатировать вновь вводимое оборудование	Владеет готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования	
Повышенный	Знать эксплуатацию вновь вводимого оборудования				Отлично знает эксплуатацию вновь вводимого оборудования
	Уметь осваивать и эксплуатировать вновь вводимое оборудование				На высоком уровне умеет осваивать и эксплуатировать вновь вводимое оборудование
	Владеть готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования				Владеет высокой готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования

ПК-16

Базовый	Знать методы планирования и проведения физических и химических экспериментов, методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования	методы планирования и проведения физических и химических экспериментов, методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования	Поверхностные знания о методах планирования и проведения физических и химических экспериментов, методах математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования	Слабо знает методы планирования и проведения физических и химических экспериментов, методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования	
	Уметь выдвигать гипотезы	затрудняется выдвигать гипотезы и	недостаточно умеет выдвигать гипотезы и	умеет выдвигать гипотезы и	

	и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования	устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования	устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования	устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования	
	Владеть способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности	затрудняется планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности	слабо владеет способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности	владеет способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности	
	Описание				
Повышенный	Знать методы планирования и проведения физических и химических экспериментов, методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования				Знает на высоком уровне методы планирования и проведения физических и химических экспериментов, методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования
	Уметь выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования				умеет на высоком уровне выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования
	Владеть способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности				свободно владеет способностью планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности

Описание шкалы оценивания

В рамках рейтинговой системы успеваемость студентов по каждой дисциплине оценивается в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль

Рейтинговая оценка знаний студента

№ п/п	Вид деятельности студентов	Сроки	Количество
-------	----------------------------	-------	------------

		выполнения	баллов
7 семестр			
1	Практическое занятие 8	8	20
2	Практическое занятие 12	12	20
3	Практическое занятие 17	17	15
Итого за 7 семестр:			55
Итого:			55

Максимально возможный балл за весь текущий контроль устанавливается равным **55**. Текущее контрольное мероприятие считается сданным, если студент получил за него не менее 60% от установленного для этого контроля максимального балла. Рейтинговый балл, выставляемый студенту за текущее контрольное мероприятие, сданное студентом в установленные графиком контрольных мероприятий сроки, определяется следующим образом:

<i>Уровень выполнения контрольного задания</i>	<i>Рейтинговый балл (в % от максимального балла за контрольное задание)</i>
<i>Отличный</i>	<i>100</i>
<i>Хороший</i>	<i>80</i>
<i>Удовлетворительный</i>	<i>60</i>
<i>Неудовлетворительный</i>	<i>0</i>

При дифференцированном зачете используется шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине в оценку по 5-балльной системе.

*Шкала пересчета рейтингового балла по дисциплине
в оценку по 5-балльной системе*

Рейтинговый балл по дисциплине по результатам работы в семестре ($R_{сем}$)	Количество баллов за зачет ($S_{зач}$)
$50 \leq R_{сем} \leq 60$	40
$39 \leq R_{сем} < 50$	35
$33 \leq R_{сем} < 39$	27
$R_{сем} < 33$	0

8.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Комплект заданий для текущего контроля.

Разработаны вопросы по всем темам дисциплины, которые приведены в Фонде оценочных свойств. В качестве примера приведены вопросы по теме Моделирование процесса теплообмена.

Тема: Моделирование процесса теплообмена

Вопросы для контроля:

- Как подразделяются теплообменники по способу передачи тепла?
- Какие теплообменники получили наибольшее распространение в химической промышленности?
- Каковы преимущества теплообменников «труба в трубе»?
- Какие этапы включает построение компьютерной модели теплообменника?
- Приведите схему прямоточного теплообменника типа «труба в трубе».
- Какие допущения принимаются при математическом описании процесса теплопередачи в прямоточном теплообменнике типа «труба в трубе»?
- Приведите уравнение теплового баланса теплообменника.
- Почему решение системы дифференциальных уравнений прямоточного теплообменника относится к задаче Коши?
- Приведите уравнение теплового баланса противоточного теплообменника.

- Почему решение системы дифференциальных уравнений противоточного теплообменника относится к краевой задаче?
- Приведите график изменения температур теплоносителей по длине теплообменника при прямотоке теплоносителей.
- Приведите график изменения температур теплоносителей по длине теплообменника при противотоке теплоносителей.

Задание 1:

1. Математически описать работу прямоточного теплообменника «труба в трубе».
2. Проанализировать систему уравнений и определить последовательность расчета, построив информационную матрицу системы уравнений МО.
3. Составить блок-схему (алгоритм) расчета системы уравнений.
4. Реализовать алгоритм на любом языке программирования или в системах MathCad, MathLab.
5. Провести изучение влияния поверхности теплообмена и скорости подачи воды на конечную температуру охлаждения кислоты.

Задание 2:

6. Математически описать работу противоточного теплообменника «труба в трубе».
7. Проанализировать систему уравнений и определить последовательность расчета, построив информационную матрицу системы уравнений МО.
8. Составить блок-схему (алгоритм) расчета системы уравнений.
9. Реализовать алгоритм на любом языке программирования или в системах MathCad, MathLab.
10. Провести изучение влияния поверхности теплообмена и скорости подачи воды на конечную температуру охлаждения кислоты.

Таблица 3 – Варианты для выполнения задания

Вариант	Значения параметров							
	v_1 , м ³ /ч	v_2 , м ³ /ч	F , м ²	$d_{тр}$, мм	L , м	K_t , Вт/(м ² ·К)	t_{o1} , °С	t_{o1} , °С
1	1,5	3,2	5,4	48	36	530	80	5
2	1,6	3,3	5,0	38	42	550	81	6
3	1,7	3,4	5,7	38	48	630	82	7
4	1,8	3,5	6,4	38	54	650	83	8
5	1,9	3,8	4,8	57	27	640	84	9
6	2,0	3,9	7,5	57	42	700	85	10
7	2,1	4,0	6,4	57	36	680	86	11
8	2,2	4,5	7,2	38	60	660	87	12
9	2,1	4,4	6,4	57	36	640	86	11
10	2,0	4,3	5,4	38	45	620	85	10
11	1,9	4,2	7,2	48	48	600	84	9
12	1,8	4,1	6,3	48	42	580	83	8
13	1,7	4,0	6,8	48	45	560	82	7
14	1,6	3,8	5,4	57	30	540	81	6
15	1,5	3,6	4,3	38	36	520	79	5

$C_{p1} = 2,75$ кДж/кг·К – средняя теплоемкость раствора азотной кислоты;

$C_{p2} = 4,19$ кДж/кг·К – средняя теплоемкость воды;

$K_t = 500$ Вт/м²·К; $\rho_1=1335$ кг/м³; $\rho_2=1000$ кг/м³.

Домашнее задание

Целью выполнения домашнего задания является развитие у студентов навыка в самостоятельном построении математической модели технологического объекта и использования ее для исследования поведения объекта.

В качестве технологического объекта используется гидравлический объект с двумя закрытыми емкостями.

При построении математической модели ТО необходимо:

- составить математическое описание технологического объекта (ТО);
- выбрать оптимальный алгоритм расчета ТО;
- реализовать алгоритм в виде моделирующей программы, используя любой язык программирования;
- исследовать технологический объект с помощью составленной модели.

Задания выполняются индивидуально по вариантам с использованием методических указаний кафедры. Выполненную контрольную работу студент должен защитить и представить результаты исследования, проведенные с использованием составленной компьютерной модели.

Вопросы для контроля:

- Приведите этапы построения статической модели.
- Почему при построении алгоритмов решения задач рекомендуется использовать метод математической декомпозиции?
- Как и с какой целью строится информационная матрица системы уравнений математического описания?
- Какие методы решения уравнений с одной неизвестной Вам известны и чем они отличаются друг от друга?
- Каковы условия окончания итерационного процесса решения одного уравнения?
- Какие основные допущения принимаются при компьютерном моделировании простой гидравлической системы?
- Как описывается движение потока жидкости через клапан?
- Как описывается процесс заполнения закрытой емкости жидкостью?

Критерии оценивания компетенций

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он без ошибок выполнил домашнее задание и провел исследования. Свободно владеет материалом, умеет преподнести и проанализировать основные сведения, имеющиеся в работе, при этом показывает знания, изложенные в специальной литературе, научных журналах, умением анализировать экспериментальные данные.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он без ошибок выполнил домашнее задание и провел исследования. Свободно владеет материалом, умеет преподнести и проанализировать основные сведения, имеющиеся в работе.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он с ошибками выполнил домашнее задание. Не проработал дополнительный материал. Владеет материалом, но не умеет преподнести и проанализировать основные сведения, имеющиеся в работе.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он с ошибками выполнил домашнее задание. Не умеет преподнести и проанализировать основные сведения, имеющиеся в работе.

8.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Текущий контроль обучающихся проводится преподавателями, ведущими практические занятия по дисциплине, в следующих формах:

- Экспресс-метод оценивания знаний на лекционных и практических занятиях.
- Выполнение и защита домашнего задания.
- Ответы на вопросы преподавателя.

Максимальное количество баллов студент получает, если отчета соот оформление ветсвует установленным требованиям, а отчет полностью раскрывает суть работы. Основанием для снижением оценки являются:

- недостаточная полнота ответа при оценивании знаний и ответа на вопросы;
- ошибки в выполнении домашнего задания;
- неумение логично и последовательно излагать материал;
- неправильное оформление домашнего задания.

Критерии оценивания подготовки к практическим занятиям, и выполнение домашнего задания приведены в Фонде оценочных средств по дисциплине Моделирование химико-технологических

процессов.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

На первом этапе необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, в которой рассмотрено содержание тем практических занятий, темы и виды самостоятельной работы. По каждому виду самостоятельной работы предусмотрены определённые формы отчетности.

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить следующие виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации:

Для успешного освоения дисциплины, необходимо выполнить следующие виды самостоятельной работы, используя рекомендуемые источники информации

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Рекомендуемые источники информации (№ источника)			
		Основная	Дополнительная	Методическая	Интернет-ресурсы
1	Подготовка к практическому занятию	1 2	2	1 2 3 4	1 2 3 4
2	Самостоятельное изучение литературы	1 23	2		1 2 3 4

10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

10.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

10.1.1. Перечень основной литературы:

- 1 Белов, П. С. Математическое моделирование технологических процессов Электронный ресурс : Учебное пособие (конспект лекций) / П. С. Белов. - Егорьевск : Егорьевский технологический институт (филиал) Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», 2016. - 121 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-904330-02-6
- 2 Бочкарев, В. В. Оптимизация химико-технологических процессов Электронный ресурс : Учебное пособие / В. В. Бочкарев. - Томск : Томский политехнический университет, 2014. - 264 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 978-5-4387-0420-1

10.1.2. Перечень дополнительной литературы:

- 1 Клинов, А. В. Математическое моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие / А.В. Клинов, А.Г. Мухаметзянова ; Федеральное агенство по образованию ; Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный технологический университет". - Казань : Казанский государственный технологический университет, 2009. - 144 с. : ил., табл., схем. - <http://biblioclub.ru/>. - Библ. в кн. - ISBN 978-5-7882-0774-2
- 2 Никулин, К. С. Математическое моделирование в системе Mathcad Электронный ресурс : Методические рекомендации по выполнению контрольных работ по курсу «Компьютерное инженерное моделирование» / К. С. Никулин. - Математическое моделирование в системе Mathcad, 2019-06-22. - Москва : Московская государственная академия водного транспорта, 2009. - 65 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - ISBN 2227-8397

10.2. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

- 1 Математическое моделирование. Практикум Электронный ресурс : учебное пособие / Ю.А. Сафонова / С.Н. Черняева / Ю.В. Бугаев / Л.А. Коробова. - Математическое моделирование. Практикум, 2020-09-27. - Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. - 112 с. - Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks. - ISBN 978-5-00032-247-5
- 2 Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов и систем. Методические указания к практическим занятиям для студентов направления

- подготовки 18.03.01 – Химическая технология. Часть 1. /Сост. А.Л. Проскурнин. – Невинномысск: Изд-во НТИ, 2020. – 35 с.
- 3 Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов и систем. Методические указания к практическим занятиям для студентов направления подготовки 18.03.01 – Химическая технология. Часть 2. /Сост. А.Л. Проскурнин. – Невинномысск: Изд-во НТИ, 2020. – 36 с.
 - 4 Проскурнин А.Л. Моделирование химико-технологических процессов. Методические указания для самостоятельных занятий по изучению дисциплины. – Невинномысск: Изд-во НТИ СКФУ, 2020. – 16 с.
 - 5 Проскурнин А.Л. Моделирование химико-технологических процессов. Методические указания по выполнению контрольной работы для студентов направления 18.03.01 – Химическая технология. – Невинномысск: Изд-во НТИ СКФУ, 2020. – 24 с.
 - 6 Проскурнин А.Л. Моделирование химико-технологических процессов. Практикум для лабораторных занятий: учебно-методическое пособие / – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2020. – 111 с.

10.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля):

- 1 <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
- 2 <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО.
- 3 <http://window.edu.ru/> — единое окно доступа к образовательным ресурсам.
- 4 <http://www.iprbookshop.ru> - ЭБС.

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

При чтении лекций используется компьютерная техника, демонстрации презентационных мультимедийных материалов.

На практических занятиях студенты представляют расчеты, подготовленные ими в часы самостоятельной работы с использованием информационных технологий.

Информационные справочные системы:

Информационно-справочные и информационно-правовые системы, используемые при изучении дисциплины:

1. <http://biblioclub.ru/> — ЭБС «Университетская библиотека онлайн».
2. <http://catalog.ncstu.ru/> — электронный каталог ассоциации электронных библиотек учебных заведений и организаций СКФО.
3. <http://window.edu.ru/> — единое окно доступа к образовательным ресурсам.
4. <http://www.iprbookshop.ru> - ЭБС.

Программное обеспечение:

Аудитория № 415. Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013. Дата начала/окончания жизненного цикла 30.10.2012/ 14.01.2020г. Базовый пакет программ Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013г. Дата начала/окончания жизненного цикла 09.01.2013/ 11.04.2023г.

Аудитория № 301. Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013. Дата начала/окончания жизненного цикла 30.10.2012/ 14.01.2020г. Базовый пакет программ Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013г. Дата начала/окончания жизненного цикла 09.01.2013/ 11.04.2023г.. MathWorks Mathlab. Договор 130-эа/13 от 28.11.2013. PTC Mathcad Prime. Договор 29-эа/14 от 08.07.2014. Учебный комплект КОМПАС-3D. Договор 130-эа/13 от 28.11.2013. AnyLogic 7 Educational. Договор 76-эа/14 от 12.01.2015. Microsoft Visio профессиональный 2013. Договор 130-эа/13 от 28.11.2013. Подписка Microsoft Azure DevTool for Teaching на 3 года (дата окончания 20.02.2022)

Аудитория № 321. Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013. Дата начала/окончания жизненного цикла 30.10.2012/ 14.01.2020г. Базовый пакет программ Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013г. Дата начала/окончания жизненного цикла 09.01.2013/ 11.04.2023г. MathWorks Mathlab. Договор 130-эа/13 от 28.11.2013. Учебный комплект КОМПАС-3D. Договор 130-эа/13 от 28.11.2013. AnyLogic 7 Educational. Договор 76-эа/14 от

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

<p>Аудитория № 415 «Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации»</p>	<p>Доска меловая – 1 шт., стол преподавателя – 1 шт., стул преподавателя – 1 шт., кафедра – 1 шт., ученический стол-парта – 17 шт., демонстрационное оборудование: проектор переносной, экран, ноутбук.</p>	<p>Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013. Дата начала/окончания жизненного цикла 30.10.2012/ 14.01.2020г. Базовый пакет программ Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013г. Дата начала/окончания жизненного цикла 09.01.2013/ 11.04.2023г.</p>
<p>Аудитория № 301 «Компьютерный класс»</p>	<p>Доска меловая – 1 шт., стол преподавателя – 1 шт., стул преподавателя – 1 шт., стол компьютерный – 17 шт., АРМ с выходом в Интернет – 15 шт., стол ученический (3х-местный) – 5 шт., стул ученический – 32 шт., демонстрационное оборудование: проектор, экран, ноутбук.</p>	<p>Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013. Дата начала/окончания жизненного цикла 30.10.2012/ 14.01.2020г. Базовый пакет программ Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013г. Дата начала/окончания жизненного цикла 09.01.2013/ 11.04.2023г.. MathWorks Mathlab. Договор 130-эа/13 от 28.11.2013. PTC Mathcad Prime. Договор 29-эа/14 от 08.07.2014. Учебный комплект КОМПАС-3D. Договор 130-эа/13 от 28.11.2013. AnyLogic 7 Educational. Договор 76-эа/14 от 12.01.2015. Microsoft Visio профессиональный 2013. Договор 130-эа/13 от 28.11.2013. Подписка Microsoft Azure DevTool for Teaching на 3 года (дата окончания 20.02.2022)</p>
<p>Аудитория № 410 «Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования»</p>	<p>Набор инструментов для профилактического обслуживания учебного оборудования, комплектующие для компьютерной и офисной техники</p>	
<p>Аудитория № 321 «Помещение для самостоятельной работы обучающихся»</p>	<p>Доска меловая –1 шт., стол преподавателя – 1 шт., стул преподавателя – 1 шт., стол одностумбовый – 1 шт., стол ученический (3х-местный) – 4 шт., стул офисный – 27 шт., стол компьютерный – 12 шт., АРМ с выходом в Интернет – 11 шт., шкаф для документов – 3 шт., шкаф офисный – 1 шт., демонстрационное оборудование:</p>	<p>Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от 25.02.2013. Дата начала/окончания жизненного цикла 30.10.2012/ 14.01.2020г. Базовый пакет программ Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия №61541869 от 15.02.2013. Договор № 01-эа/13 от</p>

	проектор переносной, экран, ноутбук.	25.02.2013г. Дата начала/окончания жизненного цикла 09.01.2013/ 11.04.2023г. MathWorks Mathlab. Договор 130-за/13 от 28.11.2013. Учебный комплект КОМПАС-3D. Договор 130-за/13 от 28.11.2013. AnyLogic 7 Educational. Договор 76-за/14 от 12.01.2015. Microsoft Visio профессиональный 2013. Договор 130-за/13 от 28.11.2013. Подписка Microsoft Azure DevTool for Teaching на 3 года (дата окончания 20.02.2022)
--	--------------------------------------	---

13. Особенности освоения дисциплины (модуля) лицами с ограниченными возможностями здоровья

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, услуги ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано совместно с другими обучающимися, а так же в отдельных группах.

Освоение дисциплины (модуля) обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

В целях доступности получения высшего образования по образовательной программе лицами с ограниченными возможностями здоровья при освоении дисциплины (модуля) обеспечивается:

1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),

- письменные задания, а также инструкции о порядке их выполнения оформляются увеличенным шрифтом,

- специальные учебники, учебные пособия и дидактические материалы (имеющие крупный шрифт или аудиофайлы),

- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс,

- при необходимости студенту для выполнения задания предоставляется увеличивающее устройство;

2) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- присутствие ассистента, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе, записывая под диктовку),

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающемуся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- обеспечивается надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата (в том числе с тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента задания могут выполняться в устной форме.