

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)

Дзержинский политехнический институт (филиал)

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института:
 А.М.Петровский
“ 29 ”  5 (АКТИВ) 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.ОД.8 Моделирование химико-технологических процессов
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)
для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: Химическая технология органических веществ

Форма обучения: очная, заочная

Год начала подготовки 2021

Выпускающая кафедра Химические и пищевые технологии

Кафедра-разработчик Химические и пищевые технологии

Объем дисциплины 144/4
часов/з.е

Промежуточная аттестация зачет с оценкой

Разработчик: к.х.н., доцент Д.В. Орехов

Дзержинск, 2021

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07 августа 2020 года № 922 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ

протокол от 25.06.2021 № 10

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Химические и пищевые технологии
протокол от 22.06.2021 № 11

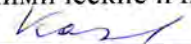
Зав. кафедрой, д.х.н, профессор


(подпись)

О.А. Казанцев

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Химические и пищевые технологии
д.х.н, профессор


(подпись)

О.А. Казанцев

Начальник ОУМБО


(подпись)

И.В. Старикова

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО:

Б.В.Ол 8/21 ХТОВ
ХТ21

« 29 » 06 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи освоения дисциплины	4
1.1. Цель освоения дисциплины.....	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	4
4. Структура и содержание дисциплины.....	7
4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам.....	7
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по темам	10
5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	15
5.1. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности	15
5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания.....	15
6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	17
6.1. Учебная литература	17
6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	17
7. Информационное обеспечение дисциплины.....	18
7.1. Перечень информационных справочных систем	18
7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины.....	18
8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	19
9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	19
10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	21
10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии	21
10.2. Методические указания для занятий лекционного типа	22
10.3. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся	22
10.4. Методические указания для выполнения контрольной работы обучающимися заочной формы	23
11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	23
11.1. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости.....	23
11.1.1. Типовые тестовые задания	23
11.1.2. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы.....	25
11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине	25

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является изучение современных методов моделирования технологических процессов и аппаратов.

Задачи освоения дисциплины (модуля): разработка математических моделей и использование их для решения задач в области анализа, синтеза и оптимизации химико-технологических схем.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина Б1.В.ОД.8 «Моделирование химико-технологических процессов» включена в обязательный перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: физика, математика, информатика, техническая термодинамика и теплотехника, общая химическая технология, химическая технология органических веществ, разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки, разработка технологий разделения в органическом синтезе и нефтепереработке, теория химико-технологических процессов органического синтеза и нефтепереработки, процессы и аппараты химической технологии, проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки.

Дисциплина является основополагающей для подготовки ВКР.

Рабочая программа дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1

Формирование компетенции ПК-4 дисциплинами (очное обучение)

Компетенция	Названия учебных дисциплин, модулей, практик, участвующих в формировании компетенции вместе с данной дисциплиной	Семестры формирования							
		1 курс		2 курс		3 курс		4 курс	
		1 семестр	2 семестр	3 семестр	4 семестр	5 семестр	6 семестр	7 семестр	8 семестр
ПК-4	Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки							X	
	Разработка технологий разделения в органическом синтезе и нефтепереработке							X	
	Проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки							X	
	Моделирование химико-технологических процессов								X
	Технологическая (проектно-технологическая) практика						X		
	Научно-исследовательская работа							X	X
	Преддипломная практика								X
Подготовка к процедуре защиты и процедура защита ВКР								X	

Формирование компетенции ПК-4 дисциплинами (заочное обучение)

Компетенция	Названия учебных дисциплин, модулей, практик, участвующих в формировании компетенции вместе с данной дисциплиной	Курсы формирования компетенции				
		1 курс	2 курс	3 курс	4 курс	5 курс
ПК-4	Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки			х		
	Разработка технологий разделения в органическом синтезе и нефтепереработке				х	
	Проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки				х	х
	Моделирование химико-технологических процессов					х
	Технологическая (проектно-технологическая) практика				х	
	Научно-исследовательская работа					х
	Преддипломная практика					х
Подготовка к процедуре защиты и процедура защита ВКР					х	

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 3

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине			Оценочные средства	
					Текущего контроля	Промежуточной аттестации
ПК-4. Способен проектировать технологические циклы производства и работать с научно-технической документацией в области технологии производства органических веществ	ИПК-4.1. Разрабатывает техническую документацию технологических процессов	Знать: современные методы моделирования технологических процессов и аппаратов, методы построения эмпирических (статических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов и аппаратов	Уметь: разрабатывать математические модели и использовать их для решения задач в области анализа, синтеза и оптимизации химико-технологических схем	Владеть: современными методами математического моделирования процессов и аппаратов производств органического и нефтехимического синтеза.	Тестирование. Выполнение задания для самостоятельной работы	Вопросы для устного собеседования: 20 вопросов

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед./144 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очного обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		8
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:	34	34
1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:	30	30
- лекции (Л)	18	18
- лабораторные работы (ЛР)	-	-
- практические занятия (ПЗ)	12	12
- практикумы (П)	-	-
1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:	4	4
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	-	-
- индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: проект (работа) - по выполнению РГР - по выполнению КР - по составлению реферата (доклада, эссе	-	-
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)	110	110
Вид промежуточной аттестации зачет*	зачет*	зачет*
Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы	144/4	144/4

Таблица 5

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов заочного обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс 5
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:	23	23

1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:	18	18
- лекции (Л)	8	8
- лабораторные работы (ЛР)	-	-
- практические занятия (ПЗ)	10	10
- практикумы (П)	-	-
1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:	5	5
- групповые консультации по дисциплине	4	4
- групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)	-	-
- индивидуальная работа преподавателя с обучающимся: - по проектированию: проект (работа) - по выполнению РГР - по выполнению КР - по составлению реферата, доклада, эссе	1	1
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)	117	117
Вид промежуточной аттестации зачет*	Зачет*/4	Зачет*/4
Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы	144/4	144/4

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины, структурированное по темам, приведено в таблицах 6 и 7.

Таблица 6

Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
8 семестр									
ПК-4, ИПК 4.1	Тема 1. Введение в предмет. Методы моделирования.	2	-	-	5	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С.9-47, 6.1.2: С.6-23	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 2. Методы построения математических моделей	2	-	-	10	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 9-47, 6.1.2: С.6-23-50	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 3. Статистические модели. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Пассивный эксперимент.	2	-	3	10	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для	Обсуждение заданий, тестирование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
						самостоятельной работы. 6.1.1: С. 48-99, 6.1.3: С.11-53			
	Тема 4. Активный эксперимент. Планы первого и второго порядка.	2	-	3	10	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.3: С.22-34	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 5. Теоретический метод построения математических моделей. Методы и модели определения физико-химических свойств газовых и жидких смесей.	2	-	2	15	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С.100-176	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 6. Математическое описание гидродинамической структуры потоков. Определение параметров модели по импульсному вводу.	2	-	2	20	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.2:С.57-148	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 7. Моделирование теплообменных и массообменных процессов.	4	-	2	25	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.2: С.178-365	Обсуждение заданий, тестирование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 8. Системы моделирования и инженерных расчетов, применяемые в химической и нефтегазовой отрасли	2	-		15	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.3: С. 130-140	Обсуждение заданий, тестирование		
	ИТОГО по дисциплине	18	-	12	110				

Таблица 7

Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов заочного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
5 курс									
ПК-4, ИПК 4.1	Тема 1. Введение в предмет. Методы моделирования.	1	-	-	5	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. . 6.1.1: С.9-47, 6.1.2: С.6-23	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 2. Методы построения математических моделей	1	-	-	10	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 9-47, 6.1.2: С.6-23-50	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 3. Статистические модели. Методы корреляционного и регрессионного анализа. Пассивный эксперимент.	1	-	2	10	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С. 48-99, 6.1.3: С.11-53	Обсуждение заданий, тестирование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
	Тема 4. Активный эксперимент. Планы первого и второго порядка.	1	-	2	15	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.3: С.22-34	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 5. Теоретический метод построения математических моделей. Методы и модели определения физико-химических свойств газовых и жидких смесей.	1	-	2	15	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.1: С.100-176	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 6. Математическое описание гидродинамической структуры потоков. Определение параметров модели по импульсному вводу.	1	-	2	20	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.2:С.57-148	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 7. Моделирование теплообменных и массообменных процессов.	1	-	2	25	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. 6.1.2: С.178-365	Обсуждение заданий, тестирование		
	Тема 8. Системы моделирования и инженерных расчетов, применяемые в химической и нефтегазовой отрасли	1	-	-	17	Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы.	Обсуждение заданий, тестирование		

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)	Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час				
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час					
					6.1.3: С. 130-140				
	ИТОГО по дисциплине	8	-	10	117				

5 ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Перечень вопросов к зачету по дисциплине

1. Понятие модели и моделирования.
2. Классификация моделей.
3. Классификация математических моделей.
4. Эмпирический метод построения моделей
5. Методы планирования эксперимента.
6. Пассивный и активный эксперимент.
7. Структурно-регрессионный анализ.
8. Теоретический метод составления моделей.
9. Моделирование зависимости физических свойств органических веществ и их смесей от температуры и давления.
10. Моделирование фазовых равновесий жидкость-пар и жидкость-жидкость в бинарных и многокомпонентных системах.
11. Кинетические модели гомогенных реакций в газовой и жидкой фазах.
12. Моделирование кинетики массопередачи в системе газ-жидкость и жидкость-жидкость.
13. Математические модели гетерогенно-каталитических реакций.
14. Прямая и обратная задачи химической кинетики.
15. Расчет параметров кинетических уравнений по экспериментальным данным.
16. Моделирование жидкофазных химических реакторов.
17. Модели идеального смешения и идеального вытеснения.
18. Ячеечная модель для жидкофазных реакций.
19. Экспериментальное определение и расчет параметров неидеальных моделей.
20. Моделирование гетерогенно-каталитических реакторов.
21. Квазигомогенные модели гетерогенно-каталитических реакций.

5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся очной формы и традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся заочной формы. Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8

Требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине

Виды работ	Количество подвидов работы	Максимальные баллы за подвид работы				Штрафные баллы За нарушение сроков сдачи
		1	2	3	4	
Тестирование	2	20	20			
Выполнений заданий для самостоятельной работы	4	10	10	10	10	До 2 за задание
Посещение занятий	15	1				

Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-54% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 55-70% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 71-85% от тах рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 86-100% от тах рейтинговой оценки контроля
ПК-4. Способен проектировать технологические циклы производства и работать с научно-технической документацией в области технологии производства органических веществ	ИПК-4.1. Разрабатывает техническую документацию технологических процессов	Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не может использовать его в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала	Фрагментарные, поверхностные знания по материалу дисциплины. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании основных положений и их применении	Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения.	Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании

Критерии оценивания

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично) - зачтено	оценку «отлично» заслуживает обучающийся, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо) - зачтено	оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно) - зачтено	оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) – не зачтено	оценку «неудовлетворительно» заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**6.1. Учебная литература**

- 6.1.1 Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. М.: Химия, 1982. – 288 с.
- 6.1.2 Кафаров В.В., Глебов М. Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств. Учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 1991. — 400 с.
- 6.1.3 Жоров, Ю.М. Моделирование физико-химических процессов нефтепереработки и нефтехимии.- М.: Химия, 1978. -376с.
- 6.1.4 Закгейм А.Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов. Учебное пособие [электронный ресурс].— 3-е изд., перераб. и доп. — Москва, Логос, 2012. — 304 с.
- 6.1.4 Самойлов Н.А. Примеры и задачи по курсу «Математическое моделирование химико-технологических процессов». Учебное пособие. СПб.: Лань, 2013. - 176 с.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных выше на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

- 6.2.1. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: http://www.nntu.ru/RUS/otd_sl/ymy/metod_dokym_obraz/met_rekom_organiz_samoct_rab.pdf?20.
- 6.2.2. Математическое моделирование и расчет реакторов с ламинарным режимом

движения реакционной массы: Методические указания к практическим занятиям /Сост. В.А.Колесников, С,М.Данов - Н.Новгород, 2015.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

7.1. Перечень информационных справочных систем

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке и оформлении отчетов о лабораторных работах, выполнении заданий для самостоятельной работы.

Таблица 11

Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Виртуальная книжная полка НТБ НГТУ	http://cdot-nttu.ru/электронная_библиотека
4	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины

Таблица 12

Программное обеспечение

№ п/п	Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
1	Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSparkPremium, 19.06.19)	Adobe Acrobat Reader https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html
2	Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)	OpenOffice https://www.openoffice.org/ru/
4	Консультант Плюс	PTC Mathcad Express https://www.mathcad.com/ru

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 13 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем	https://cyberpedia.su/21x47c0.html
3	Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+	https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus
4	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 14 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 14

Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 15 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и

обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 15

Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	2305 Аудитория для лекционных и практических занятий Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.	
2	1440 Компьютерный класс	ПК (Intel Core i-5 CPU, ОЗУ-16 Гб) -16 шт	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium) • Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО); • Mozilla Firefox (свободное ПО); • Adobe Acrobat Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО); КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);
3	1234 Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт. Мультимедийный проектор Epson- 1 шт; Экран – 1 шт.; Набор учебно-наглядных пособий	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК) • LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО) • Foxit Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО)
4	1443а компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49	ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17' – 4 шт. ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium) • Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО); • Mozilla Firefox (свободное ПО); • Adobe Acrobat Reader (свободное ПО); • 7-zip для Windows (свободное ПО); КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- текущий контроль знаний в форме тестирования.

При преподавании дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса, что дает возможность обсудить материал с обучающимися во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Материалы лекций в виде слайдов находятся в свободном доступе и могут быть получены до чтения лекций и проработаны обучающимися в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, лабораторных занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется лично-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием подробно разбираются на лабораторных занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием как встреч с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта).

Иницируется активность обучающихся, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы обучающегося, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с учетом текущей успеваемости.

Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне, если теоретическое содержание курса в основном освоено. При устных собеседованиях обучающийся последовательно излагает учебный материал; при затруднениях способен после наводящих вопросов продолжить обсуждение, справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

Результат обучения считается несформированным, если обучающийся при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 6 и 7). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарного типа

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных заданий для самостоятельной работы и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы

(таблица 15). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

10.5. Методические указания для выполнения контрольной работы обучающимися заочной формы

При выполнении контрольной работы рекомендуется проработка материалов лекций по темам, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

Выполнение контрольной работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине.

11 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний обучающихся по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая

- обсуждение тем курса на практических занятиях;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- зачет.

11.1.1. Типовые тестовые задания

Примеры тестовых заданий по дисциплине (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Химические и пищевые технологии»):

1. Модели отличающиеся по физической природе от исследуемого процесса, но их математическое описание идентичны
 - 1) Физические
 - 2) Математические (знаковые, символические)
 - 3) Реальные математические
2. Модель дает возможность
 - 1) Установить в явлении, процессе или объекте основные закономерности
 - 2) Пренебречь второстепенными признаками
 - 3) Оба утверждения верны
 - 4) Нет правильного ответа
3. Вид модели, описывающей процесс в котором значение выходной величины однозначно определяется значением входной величины
 - 1) Стохастическая
 - 2) Эмпирическая
 - 3) Детерминированная
 - 4) Нет правильного ответа
4. Метод составления математического описания основанный на выводе уравнений статики и динамики на основе теоретического анализа физико-химических процессов
 - 1) Аналитический
 - 2) Экспериментальный
 - 3) Экспериментально-аналитический

5. Укажите недостатки пассивного эксперимента
 - 1) Большие затраты на эксперимент
 - 2) Сильное влияние случайных ошибок на точность описания
 - 3) Сложность нахождения конкретного вида функции
 - 4) Все перечисленное
6. Коэффициент корреляции может принимать значения
 - 1) $-\infty \leq r \leq \infty$
 - 2) $0 \leq r \leq 1$
 - 3) $-1 \leq r \leq 1$
 - 4) $-1 < r < 1$
7. Достоинства полного факторного эксперимента (ПФЭ)
 - 1) Реализуются все возможные комбинации факторов на выбранных для исследования уровнях
 - 2) Коэффициенты регрессионной модели являются смешенными оценками
 - 3) ПФЭ обладает избыточностью опытов
 - 4) Все перечисленное
8. Адекватность уравнения регрессии оценивается по критерию
 - 1) Фишера
 - 2) Стьюдента
 - 3) Вилкоксона-Мана-Уитни
 - 4) Пирсона
9. Эта гидродинамическая модель является моделью с распределенными параметрами
 - 1) Ячеистая модель
 - 2) Диффузионная модель
 - 3) Оба ответа верны
 - 4) Нет правильного ответа
10. Ориентировочной областью применения такой модели являются тарельчатые аппараты, аппараты с псевдооживленным слоем
 - 1) Идеального вытеснения
 - 2) Идеального смешения
 - 3) Диффузионная модель
 - 4) Ячеечная модель
11. Параметры диффузионной и ячеечной модели можно связать
 - 1) С первым начальным моментом функции распределения
 - 2) С нулевым начальным моментом функции распределения
 - 3) Со вторым центральным моментом функции распределения
 - 4) С первым центральным моментом функции распределения
12. Избыточной термодинамической функцией называют:
 - 1) изменение термодинамической функции при образовании раствора из чистых компонентов
 - 2) разность между функций смешения реального и идеального растворов
 - 3) изменение термодинамической функции при изменении температуры раствора на 1 К
 - 4) термодинамическая функция, не участвующая в расчетах
13. Уравнение Вильсона непригодно для описания
 - 1) системы, состоящей из 4-х компонентов и более
 - 2) равновесия жидкость-пар
 - 3) равновесия жидкость-жидкость
 - 4) смеси веществ, образующих водородные связи
14. Метод групповых составляющих реализован в модели
 - 1) Вильсона

- 2) NTRL
- 3) UNQUAC
- 4) UNIFAC

15. Этот критерий характеризует соотношение между силами веса и трения

- 1) Рейнольдса
- 2) Грасгофа
- 3) Пекле
- 4) Галилея

11.1.2. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся

Пример 1.

Через насадочный аппарат длиной $L = 10$ м, внутренним диаметром $d = 0,065$ м и коэффициентом заполнения насадкой $\varphi = 0,7$ протекает жидкость с объемной скоростью $v = 0,001$ м³/с. Построить математическую модель структуры гидродинамического потока в аппарате, зная исходную функцию распределения кривой отклика на импульсное возмущение.

Пример 2.

В соответствующих таблицах приведены минимальные и максимальные значения значения факторов Z_i и результаты параллельных опытов ПФЭ y . Составить матрицу планирования ПФЭ в натуральных переменных и в кодированном виде с учетом эффектов взаимодействия, рассчитать коэффициенты регрессии, провести статистический анализ.

11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – зачет с оценкой: по результатам накопительного рейтинга или в форме тестирования.