

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**

Институт архитектуры, строительства и энергетики

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
С.Н.Авдеев  
« 30 » 08 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Моделирование химико-технологических процессов**

**Направление подготовки/специальность:**

18.03.01 Химическая технология

**Направленность(профиль) подготовки:**

технология и переработка полимеров

г. Владимир

2021

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины «Моделирование химико-технологических процессов» является научить студентов:

- применять основные приемы обработки экспериментальных данных;
- использовать возможности вычислительной техники и новых компьютерных технологий при решении технологических задач;
- составлять математические модели конкретных процессов химической технологии.

### **Задачи освоения дисциплины.**

В процессе изучения дисциплины студент должен освоить:

- основные понятия и определения: о химико-технологической системе, математической модели, блочном методе моделирования;
- применение ЭВМ и новых компьютерных технологий при выполнении технологических расчетов для конкретных процессов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование химико-технологических процессов» входит в обязательную часть.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами досожжения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
<b>УК-1.</b> Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знает принципы сбора, отбора и обобщения информации. УК-1-2 Умеет соотносить разнородные явления и систематизировать их в рамках избранных видов профессиональной деятельности. УК-1-3. Владеет навыками научного поиска и практической работы с информационными источниками; методами принятия решений.	<b>знает:</b> методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов; методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных; <b>умеет:</b> применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач: расчета, проектирования, моделирования, идентификации процессов химической технологии; <b>владеет:</b> методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов, пакетами прикладных	Тестовые вопросы

		программ для моделирования химико-технологических процессов.	
<b>ОПК-2.</b> Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1 Знает теоретические основы фундаментальных разделов математики, физики, химии ОПК-2-2. Умеет использовать законы, справочные данные и количественные соотношения математики, физики, химии для решения задач профессиональной деятельности ОПК-3-1 Владеет физическими и химическими методами исследования, математическим аппаратом для обработки и интерпретации результатов эксперимента	<b>знает:</b> аналитические и численные методы решения задач профессиональной деятельности; <b>умеет:</b> планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать их погрешности; <b>владеет:</b> обработкой информации с использованием прикладных программных средств деловой сферы деятельности; базой данных в своей предметной области, пакетами прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования.	Тестовые вопросы. КР
<b>ПК-2</b> способен выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ПК-2.1. Знает методы и приемы теоретического и экспериментального научного исследования, математического анализа и моделирования ПК-2-2 Умеет выдвигать гипотезы на основе научнотехнической информации, опыта предыдущих исследований ПК-2-3. Владеет методологией научных исследований, математ. аппаратом и компьютерной техникой для получения и обработки результ. научных исследований	<b>знает:</b> методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; <b>умеет:</b> планировать и выдвигать гипотезы, устанавливать границы их применения, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования. <b>владеет:</b> методами математического анализа и методами моделирования, методами проведения теоретического и экспериментального исследования.	Тестовые вопросы КР

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

##### Тематический план форма обучения – очная

Трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 час.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич.	Лаборатор. работы	В форме практической подгот		
1.	Основные понятия: ХТП, ХТС, математическая модель Основы программирования в среде Matlab. Общие сведения.	5	1	2				10	
2.	Графическая визуализация вычислений. Операции с векторами и матрицами.	5	3	3		6	6	15	
3.	Численные методы и обработка данных эксперимента	5	5,7	3		4		25	Рейтинг-контроль № 1
4.	Решение дифференциальных уравнений	5	9	2		10	6	20	
5.	Визуальное моделирование средствами Simulink	5	11, 13	4		8	4	26	Рейтинг-контроль №2
6.	Теоретические основы математического моделирования	5	15, 18	4		8	4	30	Рейтинг-контроль № 3
	<b>Всего за 5-й семестр:</b>	<b>5</b>		<b>18</b>		<b>36</b>		<b>126</b>	<b>Экзамен(36)</b>
7.	Математическое моделирование реакторных процессов	6	1,2	6		8	4	8	
8.	Основы создания статистических математических описаний	6	3-5	8		10	2	10	Рейтинг-контроль № 1
9.	Создание детерминированных математических описаний	6	6-11	10		10	2	8	Рейтинг-контроль № 2
10	Искусственный интеллект	6	12-18	12		8	4	19	Рейтинг-контроль № 3
	<b>Всего за 6-й семестр:</b>	<b>6</b>		<b>36</b>		<b>36</b>		<b>45</b>	<b>Экзамен (27), КР</b>

Наличие в дисциплине КП/КР	6			+				
<b>Итого по дисциплине</b>			<b>54</b>		<b>72</b>		<b>171</b>	<b>Экзамен (36), Экзамен (27), КР</b>

**Тематический план**  
**форма обучения – заочная, срок обучения 5 лет**

Трудоемкость дисциплины составляет 11 зачетных единиц, 396 час.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации <i>(по семестрам)</i>
				Лекции	Практич.	Лаборатор. работы	В форме практической подгот		
1.	Основные понятия: ХТП, ХТС, математическая модель Основы программирования в среде Matlab. Общие сведения.	7	1					20	
2.	Графическая визуализация вычислений. Операции с векторами и матрицами.	7	3	2		4	1	27	
3.	Численные методы и обработка данных эксперимента	7	5,7	2				40	Рейтинг-контроль № 1
4.	Решение дифференциальных уравнений	7	9	2				45	
5.	Визуальное моделирование средствами Simulink	7	11, 13	2		4	2	35	Рейтинг-контроль №2
6.	Теоретические основы математического моделирования	7	15, 18	2		4	1	27	Рейтинг-контроль № 3
	<b>Всего за 7-й семестр:</b>	<b>7</b>		<b>10</b>		<b>12</b>		<b>194</b>	<b>ЗаО</b>
7.	Математическое моделирование реакторных процессов	8	1,2	2		4	1	28	
8.	Основы создания статистических математических описаний	8	3-5	2		4	2	32	Рейтинг-контроль № 1
9.	Создание детерминированных	8	6-11	4		4	2	33	Рейтинг-контроль № 2

	математических описаний								
10	Искусственный интеллект	8	12-18	2				30	Рейтинг-контроль № 3
	<b>Всего за 8-й семестр:</b>	<b>8</b>		<b>10</b>		<b>12</b>		<b>123</b>	<b>Экзамен (27), КР</b>
	Наличие в дисциплине КП/КР	<b>8</b>			+				
	<b>Итого по дисциплине</b>			<b>20</b>		<b>72</b>		<b>317</b>	<b>ЗаО, Экзамен (27), КР</b>

**Тематический план**  
**форма обучения – заочная, срок обучения 3 года**

Трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 час.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич.	Лаборатор. работы	В форме практической подгот		
1.	Основные понятия: ХТП, ХТС, математическая модель Основы программирования в среде Matlab. Общие сведения.	4	1					10	
2.	Графическая визуализация вычислений. Операции с векторами и матрицами.	4	3	1		4	1	20	
3.	Численные методы и обработка данных эксперимента	4	5,7					30	Рейтинг-контроль № 1
4.	Решение дифференциальных уравнений	4	9	1		2		45	
5.	Визуальное моделирование средствами Simulink	4	11, 13	2		2	2	35	Рейтинг-контроль №2
6.	Теоретические основы математического моделирования	4	15, 18			2	1	26	Рейтинг-контроль № 3
	<b>Всего за 4-й семестр:</b>	<b>4</b>		<b>4</b>		<b>10</b>		<b>166</b>	<b>ЗаО</b>
7.	Математическое моделирование реакторных процессов	5	1,2	1		2	1	30	

8.	Основы создания статистических математических описаний	5	3-5	1		2	2	40	Рейтинг-контроль № 1
9.	Создание детерминированных математических описаний	5	6-11	1		4	2	43	Рейтинг-контроль № 2
10	Искусственный интеллект	5	12-18	1				28	Рейтинг-контроль № 3
	<b>Всего за 5-й семестр:</b>	<b>5</b>		<b>4</b>		<b>8</b>		<b>141</b>	<b>Экзамен (27), КР</b>
	Наличие в дисциплине КП/КР	<b>5</b>			+				
	<b>Итого по дисциплине</b>			<b>8</b>		<b>18</b>		<b>307</b>	<b>ЗаО, Экзамен (27), КР</b>

**Тематический план**  
**форма обучения – заочная, срок обучения 3 года 6 мес.**

Трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 час.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич.	Лаборатор. работы	В форме практической подгот		
1.	Основные понятия: ХТП, ХТС, математическая модель Основы программирования в среде Matlab. Общие сведения.	5	1					15	
2.	Графическая визуализация вычислений. Операции с векторами и матрицами.	5	3	2		4	1	23	
3.	Численные методы и обработка данных эксперимента	5	5,7	1				18	Рейтинг-контроль № 1
4.	Решение дифференциальных уравнений	5	9	1				25	
5.	Визуальное моделирование средствами Simulink	5	11, 13	2		4	2	25	Рейтинг-контроль №2

6.	Теоретические основы математического моделирования	5	15, 18			4	1	20	Рейтинг-контроль № 3
	<b>Всего за 5-й семестр:</b>	<b>5</b>		<b>6</b>		<b>12</b>		<b>126</b>	<b>ЗаО</b>
7.	Математическое моделирование реакторных процессов	6	1,2	2		4	1	22	
8.	Основы создания статистических математических описаний	6	3-5	2		4	2	25	Рейтинг-контроль № 1
9.	Создание детерминированных математических описаний	6	6-11	2		4	2	25	Рейтинг-контроль № 2
10	Искусственный интеллект	6	12-18	2				25	Рейтинг-контроль № 3
	<b>Всего за 6-й семестр:</b>	<b>6</b>		<b>8</b>		<b>12</b>		<b>97</b>	<b>Экзамен (27), КР</b>
	Наличие в дисциплине КП/КР	<b>6</b>			+				
	<b>Итого по дисциплине</b>			<b>14</b>		<b>24</b>		<b>223</b>	<b>ЗаО, Экзамен (27), КР</b>

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

#### Тема №1 Вводная лекция. Основные понятия.

**Содержание.** Понятия о математическом моделировании, химико-технологическом процессе, химико-технологической системе, системный подход к анализу математической модели. Что такое математическая модель.

Общие сведения о **системе** Matlab: запуск системы, понятия о файлах-сценариях и файлах-функциях; общая характеристика типовых функций системы, работа в командном режиме и программах.

#### Тема № 2. Графическая визуализация вычислений. Операции с векторами и матрицами.

**Содержание.** Двухмерная и трехмерная графика, оформление и комбинирование графиков. Создание линейных массивов равноотстоящих точек; создание массивов и матриц случайных чисел равномерно и нормально распределенных; конкатенация массивов вычисление произведений и сумм; определение определителя и ранга матрицы.

#### Тема № 3. Численные методы и обработка данных.

**Содержание.** Решение систем линейных алгебраических уравнений; вычисление нулей функций одной переменной; определение максимума и минимума функций одной и многих переменных; работа с полиномами; нахождение средних значений и стандартных отклонений массивов; вычисление коэффициента корреляции.

#### Тема № 4. Решение дифференциальных уравнений.

**Содержание.** Управляющие структуры языка программирования Matlab; диалоговый ввод-вывод данных; основные типы решателей обыкновенных дифференциальных уравнений; правила составления М-функций.



### **Тема № 5. Визуальное моделирование средствами Simulink.**

**Содержание.** Построение имитационных моделей, их особенности и реализация.

### **Тема № 6. Теоретические основы математического моделирования**

**Содержание..** Блочный метод математического моделирования; основные законы, используемые при создании математических описаний объектов; типовые гидродинамические модели структуры потока вещества в объектах химической технологии.

### **Тема № 7. Математическое моделирование реакторных процессов.**

**Содержание.** Основные закономерности, используемые при описании кинетики химических реакций (закон действующих масс, принцип независимости реакций, закон Аррениуса); типы химических реакций; математическое описание реактора непрерывного и периодического действия.

### **Тема № 8. Основы создания статистических математических описаний.**

**Содержание.** Общий вид стохастических математических описаний. Пассивный эксперимент, составление плана пассивного эксперимента, обработка результатов эксперимента методом наименьших квадратов. Активный эксперимент. Составление плана активного эксперимента средствами Matlab и оценка адекватности полученного математического описания.

### **Тема № 9. Создание детерминированных математических описаний.**

**Содержание.** Общий вид детерминированных математических описаний. Алгоритм составления математических описаний на основе фундаментальных законов и закономерностей. Примеры составления математических моделей основных процессов переработки пластмасс.

### **Тема № 10. Искусственный интеллект.**

**Содержание.** Основы искусственного интеллекта. Методы и модели искусственного интеллекта. Связь моделирования и искусственного интеллекта.

## **Содержание лабораторных занятий по дисциплине**

### **Тема 2.**

**Содержание.** Знакомство с рабочим пространством системы Matlab. Запуск системы. Математические знаки и действия.

Графическая визуализация расчетных данных с использованием команд “plot”, “mesh”, “contour”.

Работа с одномерными и многомерными массивами. Работа с матрицами. Нахождение размерности двухмерного массива.

### **Тема 3.**

#### **Содержание**

1. Нахождение координаты нуля или минимума функции одной переменной.  
Нахождение минимума функции многих переменных.
2. Решение систем линейных алгебраических уравнений.
3. Решение систем нелинейных алгебраических уравнений.
4. Работа с полиномами.

#### **Тема 4.**

**Содержание.** Решение дифференциальных уравнений различных порядков. Назначение решателей дифференциальных уравнений.

#### **Тема 5.**

**Содержание.** Построение имитационных моделей конкретных задач химической технологии.

#### **Тема 6.**

**Содержание.** Исследование работы аппарата идеального смешения (идеального вытеснения).

#### **Тема 7**

**Содержание.** Математическое моделирование и расчет реакторного аппарата с застойной зоной. Математическое моделирование реакторного процесса непрерывного и периодического действия.

#### **Тема 8.**

**Содержание.** Активный эксперимент и обработка данных с целью получения математического описания в виде уравнения регрессии 2-го порядка.

#### **Тема 9.**

**Содержание.** Математическое моделирование и расчет конкретных технологических процессов: процесса сушки, тепловой расчет экструдера и литьевой машины, тепловой расчет процесса прессования и др.

#### **Тема 10.**

**Содержание.** Освоение методов и методик для достижения: конструктивной позиции в сложной ситуации; адекватной оценки собственных действий; разработки плана своего профессионального роста.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **1-й семестр.**

#### **5.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **Рейтинг-контроль № 1**

1. Как определяется в системе Mat lab строка комментариев?
  - Символом «%»
  - Символом «:»
  - Символом «!»
2. Как отличить поле редактора от рабочего пространства Mat lab?
  - В редакторе нумеруется строка 1,2,3 и т.д., рабочее пространство – каждая строка начинается символом – »
  - Рабочее пространство – каждая строка начинается символом %, а в редакторе – цифрами
  - Рабочее пространство – каждая строка начинается символом %, а в редакторе – символом »
3. Какой командой Mat lab выполняется расчет коэффициентов полинома?
  - Polyfit()
  - Polyval()

- Roots()
4. Какой командой Mat lab выполняется вычисление полинома?
    - Polyfit()
    - Polyval()
    - Roots()
  5. Какой командой Mat lab рассчитываются корни полинома?
    - Polyfit()
    - Polyval()
    - Roots()
  6. Какая функция Mat lab позволяет построить график в полярной системе координат?
    - Plot()
    - Polar()
    - Subplot()
  7. Какая функция Mat lab позволяет построить трехмерный график ?
    - Plot()
    - Polar()
    - Subplot()
  8. Какой вектор написан  $c=[4;5;6]$ 
    - Вектор-столбец
    - Вектор-строка
    - Матрица
  9. Какой вектор написан  $c=[1\ 2\ 3\ 4]$ 
    - Вектор-столбец
    - Вектор-строка
    - Матрица
  10. Какой будет ответ при записи:  $c= 1:2:10$ 
    - 1 3 5 7 9
    - 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
    - 1 3 5 7 9 11
    -

### Рейтинг-контроль № 2

1. Какая функция Mat lab находит минимум функции одной переменной?
  - Fminbnd()
  - Fmin()
  - Fminsearch()
2. Какая функция Mat lab находит минимум функции многих переменных?
  - Fminbnd()
  - Fmin()
  - Fminsearch()
3. Что означает функция *solver* системы Matlab
  - Решатель, с помощью которого решается дифференциальное уравнение
  - Метод решения диф. уравнения
  - Точность решения диф. уравнения
4. Какой вектор написан  $c=[4;6;10]$ 
  - Вектор-столбец
  - Вектор-строка
  - Матрица
5. Какой вектор написан  $c=[4,5,6,7,8]$ 
  - Вектор-столбец
  - Вектор-строка

- Матрица
6. Какой будет ответ при записи: `c= 1:2:10`
    - 1 3 5 7 9
    - 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
    - 1 3 5 7 9 11
  7. Как в системе Matlab обозначается равенство
    - =
    - ==
    - ~=
  8. Как в системе Matlab обозначается неравенство
    - =
    - ==
    - ~=
  9. Для нахождения корней СЛАУ используется
    - Левое деление матриц «\»
    - Правое деление матриц «/»
    - Произведение матриц «\*»
  10. Какой командой Matlab рассчитываются коэффициенты в уравнении регрессии
    - Regress()
    - Corcoef()
    - Mech()
    -

### Рейтинг-контроль № 3

1. Чем отличается файл-функция от Skript-файла?
  - Файл-функция начинается с команды «function»
  - Файл-функция начинается со строки комментария
  - Файл-функция начинается с текста программы
2. К какому виду приводятся дифференциальные уравнения для решения их в системе Matlab
  - К форме Коши
  - К алгебраическим уравнениям
  - Не изменяются
3. Какие команды Matlab позволяют построить трехмерные графики?
  - Plot3(), mesh(), surf()
  - Plot(), mesh(), surf()
  - Plot3(), meshgrid(), surf()
4. Чем отличается Skript-файл от файл-функции?
  - Skript-файл начинается со строки комментариев
  - Skript-файл начинается с текста программы
  - Skript-файл начинается с команды «function»
5. Как обозначается в общем виде решатель дифференциальных уравнений
  - Solver
  - Meshgrid
  - Regress
6. Какой массив написан `a= [123;432;212]`.
  - Вектор-столбец
  - Вектор-строка
  - Матрица
7. Какова размерность массива `p=[4,2;5,3;3,4]`
  - 3 2

- 2 3
  - 2 2
8. Какая функция Mat lab находит минимум функции многих переменных?
    - Fminbnd()
    - Fmin()
    - Fminsearch()
  9. Какой командой Mat lab выполняется вычисление полинома?
    - Polyfit()
    - Polyval()
    - Roots()
  10. Какой командой Mat lab выполняется расчет коэффициентов полинома?
    - Polyfit()
    - Polyval()
    - Roots()

## 2-й семестр

### Рейтинг-контроль № 1

1. Какой метод математического моделирования используется при составлении математического описания?
  - Блочный метод
  - Динамический анализ
  - Метод наименьших квадратов
2. Какие математические описания строятся на основе фундаментальных законов и закономерностей?
  - Алгебраические
  - Стохастические
  - Детерминированные
3. Какие математические описания строятся на основе обработки экспериментальных данных?
  - Алгебраические
  - Стохастические
  - Детерминированные
4. Какое понятие шире: математическое описание или математическая модель?
  - Одно и то же
  - Математическая модель
  - Математическое описание
5. Какой основной закон химической кинетики используется при описании скорости химической реакции?
  - Закон действия масс
  - Закон сохранения энергии
  - Закон сохранения вещества
6. Какой принцип химической кинетики используется при описании кинетики сложных реакций?
  - Принцип равенства реакций
  - Принцип независимости реакций
  - Принцип соответствия реакций

7. Что необходимо задавать для решения обыкновенных дифференциальных уравнений
  - Начальные и граничные условия
  - Начальные условия
  - Граничные условия
8. Что необходимо задавать для решения дифференциальных уравнений в частных производных
  - Начальные и граничные условия
  - Начальные условия
  - Граничные условия
9. Какие виды типовых возмущений используются при исследовании объектов моделирования.
  - Ступенчатое и импульсное
  - Ступенчатое и синусоидальное
  - Импульсное синусоидальное

## Рейтинг-контроль № 2

1. Что такое активный эксперимент?
  - Входные факторы меняются поочередно
  - Входные факторы меняются одновременно
2. Что такое опыты на воспроизводимость?
  - Опыт проводится при различных значениях входных факторов
  - Опыт проводится случайным образом
  - Опыт проводится при одних и тех же условиях
3. Критерий Фишера – это:
  - Критерий воспроизводимости эксперимента
  - Критерий адекватности
  - Критерий значимости коэффициентов
4. Какие виды типовых возмущений используются при исследовании объектов моделирования.
  - Ступенчатое и импульсное
  - Ступенчатое и синусоидальное
  - Импульсное и синусоидальное
5. Что такое пассивный эксперимент?
  - Входные факторы меняются поочередно
  - Входные факторы меняются одновременно
6. Метод, используемый при расчете коэффициентов в уравнении регрессии
  - Блочный метод
  - Метод наименьших квадратов
  - Метод Фишера
7. Какой метод математического моделирования используется при составлении математического описания?
  - Блочный метод
  - Метод динамического анализа
  - Метод наименьших квадратов

8. Что положено в основу составления математических описаний?
  - Законы массопередачи и теплопередачи
  - Закон Фурье
  - Закон сохранения вещества и закон сохранения энергии в дифференциальной форме
9. Какое понятие шире: математическое описание или математическая модель?
  - Одно и то же
  - Математическая модель
  - Математическое описание
10. Вид статистического математического описания.
  - Уравнение регрессии
  - Дифференциальное уравнение
  - Дифференциальное уравнение в частных производных

### Рейтинг-контроль № 3

1. Модель идеального смешения – это модель
  - С сосредоточенными параметрами
  - С распределенными параметрами
  - С простыми параметрами
2. Модель идеального вытеснения – это модель
  - С сосредоточенными параметрами
  - С распределенными параметрами
  - С простыми параметрами
3. Что является параметрами ячеечной модели?
  - Число ячеек и общее время пребывания
  - Число ячеек и среднее время пребывания в одной ячейке
  - Объем аппарата и его размеры
4. F-кривая – это функция отклика на:
  - Синусоидальное возмущение
  - Импульсное возмущение
  - Ступенчатое возмущение
5. C-кривая – это функция отклика на:
  - Синусоидальное возмущение
  - Импульсное возмущение
  - Ступенчатое возмущение
6. Что необходимо задавать для решения дифференциальных уравнений в частных производных
  - Начальные и граничные условия
  - Начальные условия
  - Граничные условия
7. Какой гидродинамической модели подчиняется структура потока материала в зоне пластикации экструдера?
  - Ячеечной модели
  - Однопараметрической диффузионной модели
  - Модели идеального вытеснения

8. Каким уравнением описывается процесс нагрева пресс-композиции при заданных законах изменения температуры матрицы и пуансона
  - Уравнением нестационарной теплопроводности
  - Уравнением Фурье
  - Уравнением движения потока
9. Что необходимо задавать для решения обыкновенных дифференциальных уравнений?
  - Начальные и граничные условия
  - Начальные условия
  - Граничные условия
10. Какой метод математического моделирования используется при составлении математического описания?
  - Блочный метод
  - Метод динамического анализа
  - Метод наименьших квадратов

## 5.2 . Промежуточная аттестация.

### Вопросы к экзамену, ч.1

1. Виды создания одномерных массивов. Примеры.
2. Многомерные массивы. Определение размерности массива. Пример.
3. Построение графиков в полярной системе координат
4. . Составить Script-файл для построения графика функции
 
$$y_1 = 2x_1^2 - x_1 + 5$$
 с наложением на него графика  $y_2 = x_2^3 + 2x_2$ ,  $x_1$  изменяется от 0 до 10,  $x_2$  – от 0 до 5 через 0.1. Сделать полное оформление графика.
5. Объединение графиков через команду **subplot(m,n,k)**. Составить Script-файл для построения графиков функций  $y_1 = \sin(x)$ ,  $y_2 = \cos(x)$ ,  $y_3 = \sin(x) - \cos(x)$  при изменении  $x$  от  $-\pi$  до  $\pi$ . Оформить графики и расположить их в один ряд.
6. Трехмерные графики. Рассмотреть все три функции.
7. Составить Script-файл для построения графика  $y = x$  при  $x = 0:0.1:5$ . Наложить на него экспериментальные значения:
 

$x = 0$	1	2	3	4	5
$y_e = 0$	1.2	2	2.9	4.1	5

 оформить графики
8. Составить Script-файл решения системы алгебраических уравнений вида  $2x_1 + 2x_2 = 1$ ;  $0.5x_1 + x_2 = 4$ . Сделать вывод на экран корней
9. . Составить Matlab-программу для решения системы дифференциальных уравнений вида:

$$4 \frac{d\varphi_1(\tau)}{d\tau} + 5\varphi_1(\tau) = 0.5;$$

$$3 \frac{d\varphi_2(\tau)}{d\tau} + \varphi_2(\tau) = \varphi_1(\tau); \text{ при начальных условиях: } \varphi_1(0) = 0, \varphi_2(0)$$



10. Составить Script-файл для нахождения коэффициентов полинома  $y=f(x)$ , если задано:

x	0	1	2	3	4	5	6	7
Y	0	0.5	0.7	0.9	0.8	0.6	0.4	0.2

Построить график функции  $y=f(x)$  и расчетной функции  $y_r=f(x)$  средствами Matlab.

11. Составить Script-файл для обработки экспериментальных данных с получением полиномиальной зависимости  $y_r = f(x)$  для следующих данных:

X	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Y <sub>E</sub>	14	14	14.3	15.1	16.1	17.1	18.2	19.5	20.0	20.1	20

Построить графики функций  $y_e=f_1(x)$ ,  $y_r = f_2(x)$ .

12. . Составить Script-файл и файл-функцию для решения ОДУ вида:

$$2\frac{d^2y}{dt^2} + 5\frac{dy}{dt} = 3y \text{ при начальных условиях } y(0) = 1; \dot{y}(0) = 0;$$

вывод данных графический.

### Вопросы к экзамену ч. 2:

1. Что такое математическое описание объекта, математическая модель, математическое моделирование.
2. Детерминированное и стохастическое математическое описание. Их преимущества и недостатки. Теоретическая база при составлении этих математических описаний.
3. Основные законы, используемые при составлении детерминированных математических описаний.
4. Блочный метод математического моделирования. Декомпозиция объекта исследования. Основные процессы химической технологии.
5. Типовая гидродинамическая модель. Модель идеального смешения. Вывод математического описания. Количественные характеристики модели и F, C – кривые.
6. Типовая гидродинамическая модель. Модель идеального вытеснения. F, C – кривые.
7. Типовая гидродинамическая модель. Ячеечная модель. F, C – кривые. При каких условиях ячная модель переходит в модель идеального смешения или идеального вытеснения.
8. Типовая гидродинамическая модель. Однопараметрическая диффузионная модель. Итерационная схема решения уравнения описывающая однопараметрическую диффузионную модель.
9. Тепловая модель идеального смешения.
10. Тепловая модель идеального вытеснения.
11. Тепловая модель. Однопараметрическая диффузионная модель.
12. Тепловая модель. Ячеечная модель.
13. Модель аппарата с застойными зонами. F – кривые.
14. Комбинированные модели: последовательное соединение аппаратов идеального смешения и однопараметрической модели. Составление мат. описания для этой комбинации. Алгоритм решения.
15. Математическое описание электрокалорифера.
16. Динамика движения материала в червячных машинах. Виды гидродинамических моделей, которые могут быть использованы при составлении математического описания теплового режима червячной машины.

17. Математическое описание пускового режима червячной машины для одной из технологических зон.
18. Математическое описание теплового режима экструдера в режиме нормальной эксплуатации для первой технологической зоны.
19. Математическое описание теплового режима экструдера в режиме нормальной эксплуатации для второй технологической зоны.
20. Математическое описание теплового режима вала каландра при обогреве его паром (пусковой режим).
21. Математическое описание теплового режима пресс-формы.
22. Математическое описание греющей плиты пресса.
23. Математическое описание теплового режима для расчета распределения температуры по высоте матрицы при условии, что последняя нагревается от греющей плиты матрицы.
24. Математическое описание для расчета распределения температуры по толщине прессуемого изделия.
25. Математическое описание прямоточного кожухотрубчатого теплообменника.
26. Математическое описание противоточного кожухотрубчатого теплообменника.
27. Математическое описание кожухотрубчатого теплообменника с перекрестным током фаз.

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося**

Самостоятельная работа студентов проводится в соответствии с тематическим планом курса. Студенты получают вопросы по каждой теме. Контроль знаний осуществляется в виде устного вопроса на лабораторных занятиях, при промежуточном тестировании и при защите курсовой работы.

#### **Вопросы для самостоятельной проработки:**

##### **1 –й семестр**

Темы 1-6

1. Графическая визуализация вычислений в среде Matlab, построение графиков в полярной системе координат.
2. Специальные символы; элементарные алгебраические и арифметические функции.
3. Функции комплексного переменного.
4. Тригонометрические и обратные функции; функции округления.
5. Одномерные и многомерные массивы; конкатенация массивов; вычисление произведений и сумм; определение определителя и ранга матриц.
6. Вычисление нулей функций одной переменной.
7. Определение максимума и минимума функции одной и многих переменных.
8. Работа с полиномами. Нахождение вида полинома по экспериментальным данным.
9. Решатели, используемые при решении дифференциальных уравнений.
10. Основные команды для решения дифференциальных уравнений.
11. Примеры построения имитационных моделей. Особенности создания виртуальных моделей средствами Simulink системы Matlab.

##### **2-й семестр**

Тема № 7

1. Математическое описание и математическая модель: какое понятие шире и почему.
2. Технологический процесс и технологическая система. Суть того и другого понятия.
3. Блок-схема математической модели.
4. Классификация типовых гидродинамических моделей.
5. Роль гидродинамической модели в составлении общего математического описания системы.

#### Тема № 8

1. Основные постулаты химической кинетики, используемые при описании химических реакций.
2. Температурная зависимость константы скорости химической реакции (закон Аррениуса).
3. Отличие математических описаний реактора периодического и непрерывного действия.

#### Тема № 9

1. Регрессионный анализ
2. Критерий Стьюдента – критерий значимости коэффициентов в уравнении регрессии.
3. Критерий Фишера – критерий адекватности.
4. Проведение параллельных опытов. Оценка опытов на воспроизводимость.
5. Критерий Кохрена. Алгоритм расчета критерия Кохрена.

#### Тема № 10

1. Материальный и тепловой балансы в дифференциальной форме. Что из себя представляет каждая составляющая балансов.
2. Суть системного подхода к исследованию технологических систем.
3. Пять основных этапов системного подхода.
4. На чем основано составление детерминированных математических описаний.
5. Режимы работы технологических и природных систем, чем отличаются математические описания этих режимов.

### **Курсовые работы**

Тема курсовой работы выдается каждому студенту индивидуально. Все расчеты при выполнении КР проводятся на ЭВМ.

Рекомендуемые темы курсовых работ:

1. Математическое моделирование теплового режима электрокалорифера.
2. Тепловой расчет пресса с электрообогревом.
3. Математическое моделирование процесса нагрева экструзируемого материала в зоне пластикации экструдера.
4. Планирование и обработка данных машинного эксперимента при исследовании процесса получения пенокарбидов.
5. Моделирование и тепловой расчет теплообменника с различным током фаз.
6. Моделирование реакторных процессов.

Все расчеты выполняются с помощью Matlab-программ или средствами Simulink.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Наличие в электронном каталоге ЭБС	
Основная литература			
1. .Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов: Учебное пособие/ <b>А.Ю.Закгейм.</b> – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Логос.,. 304 с.	2012	<a href="http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4">http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4</a>	
2 . Математическое моделирование химико-технологических процессов / <b>А.М. Гумеров, Н.Н. Валеев, В.М.Емельянов.</b> – М: КолосС, 2008,	2008	<a href="http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953206310-SCN0004.html">http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953206310-SCN0004.html</a>	
3. <b>Барабанов, Николай Николаевич.</b> Расчеты химико-технологических процессов в системе MatLab : учебное пособие / Н. Н. Барабанов, В. Т. Земскова ; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ) .— Владимир : — 102 с. : ил., табл. — Имеется электронная версия .— Библиогр.: с. 101.	2011	<a href="http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/3052">http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/3052</a>	
Дополнительная литература			
1.Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета Matlab: Учебное пособие/ <b>Ф.И.Карманов, В.А.Острейковский</b> – М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М.	2015	<a href="http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953206310-SCN0004.html">http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953206310-SCN0004.html</a>	
2. <b>Плохотников К.Э.</b> Вычислительные методы. Теория и практика в среде Matlab: курс лекций. Учебное пособие. – М.: Инфа-М. 2013. 496 с.	2013	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203548.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203548.html</a> .	
3. Прикладные информационные технологии: Учебное пособие/ <b>Е.Л.Федотова, Е.М. Портнов.</b> – М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М. 2013.	2013	<a href="http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=392462">http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=392462</a>	

### 6.2. Периодические издания

- журнал «Известия ВУЗов. Химия и химическая технология»;
- журнал «Химическая промышленность сегодня»;
- журнал «Фундаментальные проблемы современного материаловедения»;
- журнал «Бутлеровские сообщения»;

### **6.3. Интернет-ресурсы**

- сайты ведущих научных журналов по химической технологии и биотехнологии;
- электронные библиотечные системы (бесплатный доступ через электронную библиотеку ВлГУ).

## **7.МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий лабораторного типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), текущего контроля и промежуточной аттестации. Лабораторные занятия проводятся в специализированном компьютерном классе.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Windows 7; Microsoft Open License 62857078; MS Office 2010 Microsoft Open License 65902316, Matlab – 12.

Рабочую программу составил \_\_\_\_\_ доцент кафедры ХТ  Земскова В.Т.

Рецензент: Директор ООО «Промпласт»  Тиманцев Я.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ

Протокол № 1 от 30.08. 2021 года

Заведующий кафедрой  Ю.Т.Панов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 18.03.01 «Химическая технология»

Протокол № 1 от 30.08. 2021 года

Председатель комиссии  Ю.Т.Панов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---