

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 базовую часть.

Пререквизиты дисциплины:

- Математика.
- Информатика.
- Процессы и аппараты химической технологии.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
ПК-2 готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных	частичное	знать: методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов; методы идентификации математических описаний на основе экспериментальных данных; уметь: применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения конкретных задач: расчета, проектирования, моделирования, идентификации процессов химической технологии; владеть: методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов, пакетами прикладных программ для моделирования химико-технологических процессов.

<p>средств деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования.</p>		
---	--	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов				Объем учебной работы с применением интерактивных методов час/%	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации <i>(по семестрам</i>
				Лекции	Практич.	Лаборатор. занятия	СРС		
1.	Вводная лекция. Основные понятия: ХТП, ХТС, математическая модель	7	20				10		
2.	Основы программирования в среде Matlab. Общие сведения.	7	20				10		
3.	Графическая визуализация вычислений. Операции с векторами и матрицами.	7	21	2		4	13	6/100%	Рейтинг-контроль № 1
4.	Численные методы и обработка данных	7	21	2			10		Рейтинг-контроль №2
5.	Решение дифференциальных уравнений	7	22	2			12		
6.	Визуальное моделирование средствами Simulink	7	22	2		4	10	6/100%	Рейтинг-контроль № 3

	Всего за 7-й семестр:			8		8	65	12/75%	Экзамен(27)
7.	Теоретические основы математического моделирования	8	20				10		
8.	Математическое моделирование реакторных процессов	8	21	2			15		Рейтинг-контроль № 1
9.	Основы создания статистических математических описаний	8	21	2		4	15	6/100%	Рейтинг-контроль № 2
10	Создание детерминированных математических описаний	8	22	2		4	18	6/100%	Рейтинг-контроль № 3
	Всего за 8-й семестр:	8		6		8	58	12/85%	Зачет с оценкой
	Наличие в дисциплине КП/КР					+			
	Итого по дисциплине			14		16	123	24/80%	Экзамен (27), Зачет с оценкой, КР

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.

Тема № 2. Основы программирования средствами Matlab.

Содержание. 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 № 3. 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 № 4. 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 № 5. Решение дифференциальных уравнений.

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

Тема № 6. Визуальное моделирование средствами Simulink.

Содержание. Построение имитационных моделей, их особенности и реализация.

Тема № 7. 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 № 8. 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 № 9. 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.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Лабораторные работы 7-й семестр:

Тема 3.

Содержание.

1. Графическая визуализация расчетных данных с использованием команд “plot”, “mesh”, “contour”.
2. Работа с одномерными и многомерными массивами. Работа с матрицами. Нахождение размерности двумерного массива.

Тема 6.

Содержание. Построение имитационных моделей конкретных задач химической технологии.

Лабораторные работы 8-й семестр:

Тема 9.

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

Тема 10.

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

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины «Моделирование химико-технологическими процессами» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения:

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (раздел № 2,3,6,8,9,10);*
- *Групповая дискуссия (раздел 3,7,8);*
- *Применение имитационных моделей (разделы № 5, 6,10);*
- *Разбор конкретных ситуаций (разделы 3,4,9,10).*

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

7-й семестр.

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 Mat lab 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()

Вопросы к экзамену

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 π . 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:

$$x = 0 \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5$$
$$y_e = 0 \quad 1.2 \quad 2 \quad 2.9 \quad 4.1 \quad 5, \text{ оформить графики}$$

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 $y = f(x)$ для следующих данных:

X	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
YE	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:

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

вывод данных графический.

8-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. С-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

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 прессы 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.

Вопросы к зачету с оценкой:

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 валька 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 описания 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.

Самостоятельная работа

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:

7 –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.

8-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.

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

7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
Основная литература			
1. Кафаров, Виктор Вячеславович. Методы кибернетики в химии и химической технологии : учебник для вузов / В. В. Кафаров .— Изд. 4-е, перераб. и доп. — Москва : Химия,— 448 с. : ил. — (Для высшей школы) .— Библиогр.: с. 414.	1985	5	
2 Закгейм, Александр Юделевич. Введение в моделирование химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / А. Ю. Закгейм .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Химия.— 288 с. : ил., табл. — (Химическая кибернетика) .— Библиогр.: с. 279-280 ..	1982	40	
3. Барабанов, Николай Николаевич. Расчеты химико-технологических процессов в системе MatLab : учебное пособие / Н. Н.	2011		http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/3052

<p>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.</p>			
Дополнительная литература			
<p>1. Моделирование технологических и природных систем. Под ред. Ю.Т.Панова. Учебное пособие – Тамбов: Изд-во Першина Р.В.</p>	2014	35	
<p>2. Ахназарова, Светлана Лазаревна. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии : учебное пособие для вузов / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров .— Изд. 2-е, перераб. и доп. — Москва : Высшая школа, 1985 .— 327 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 318.</p>	1985	53	
<p>3. Кафаров, Виктор Вячеславович. Математическое моделирование основных процессов химических производств : учебник для вузов / В. В. Кафаров, М. Б. Глебов .— Москва : Высшая школа.— 400 с. : ил., табл. — Библиогр.: с. 365-366 .— ISBN 5-06-002066-5.</p>	1991	7	

7.2. Периодические издания

1. Известия высших учебных заведений: науч.-техн. журн. Химия и химическая технология. Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново: [б. и.], ISSN 0579-2991.

7.3. Интернет-ресурсы

1. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]/А.М. Гумеров, Н.Н. Валеев, В.М.Емельянов. – М: КолосС, 2008, <http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953206310-SCN0004.html>

2. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета Matlab: Учебное пособие/Ф.И.Карманов, В.А.Острейковский – М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М. 2015 (<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=508241>)

3. Плохотников К.Э. Вычислительные методы. Теория и практика в среде Matlab: курс лекций. Учебное пособие. – М.: Инфа-М. 2013. 496 с. (электр. ресурс <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991203548.html>).


4. Прикладные информационные технологии: Учебное пособие/Е.Л.Федотова, Е.М. Портнов. – М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М. 2013. (Электр. Ресурс <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=392462>)


5. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов: Учебное пособие/А.Ю.Закгейм. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Логос., 2012. 304 с. (Электр. Ресурс <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4>)

8.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  В.Т.Земскова

Рецензент: Директор ООО «Техполон»  Г.Ю.Рубнова
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ

Протокол № 01 от 02.09. 2019 года

Заведующий кафедрой  Ю.Т.Папов

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

Протокол № 01 от 02.09. 2019 года

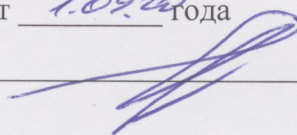
Председатель комиссии  Ю.Т.Панов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2020/21 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.20 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 _____