

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теоретические основы математического моделирования
технологических и природных систем

Направление подготовки: 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Программа: Мембранные технологии

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед,час.	Лек-ций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
2	2/72		36		36	Зачет
Итого	2/72		36		36	Зачет

Владимир 2015 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Теоретические основы математического моделирования технологических и природных систем» является научить студентов

- применять основные приемы получения и обработки экспериментальных данных с учетом требований многомерного статистического анализа;
- решать дифференциальные уравнения в частных производных различными методами;
- использовать возможности вычислительной техники и новых компьютерных технологий при решении технологических задач;
- формулировать общий алгоритм постановки обратных задач химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Задачи освоения дисциплины:

В процессе изучения дисциплины студент должен освоить

- системный подход к составлению математических моделей
- дисперсионный анализ, корреляционный анализ, регрессионный анализ, теорию планирования эксперимента;
- методы решения дифференциальных уравнений в частных производных;
- алгоритмы решения обратных задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Теоретические основы математического моделирования технологических и природных систем» входит в базовую часть программы подготовки магистров направления «Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Настоящий курс требует подготовки по дисциплинам:

- математика;
- информатика;

Изучение данной дисциплины дает возможность свободно использовать современные информационные технологии при изучении других дисциплин программы: мембранные процессы, мониторинг и контроль качества водных систем; дает навыки работы с компьютером как средством управления информацией.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения данной дисциплины, студент должен

Знать: современные математические методы решения стационарных, нестационарных задач, задач с распределением параметров по пространству, времени и другим характеристикам (ОПК-4, ПК-1, ПК-6).

Уметь: применять математические методы в решении задач энерго-ресурсосбережения и экологических проблем (ОПК-4, ПК-1, ПК-6).

Владеть: навыками использования пакетов прикладных программ в области химической технологии, нефтехимии, биотехнологии и охраны окружающей среды (ОПК-4, ПК-1, ПК-6).

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует

следующие компетенции:

- готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез (ОПК-4);
- способность формулировать научно-исследовательские задачи в области реализации энерго-и ресурсосбережения и решать их (ПК-1)
- готовность разрабатывать математические модели и осуществлять их экспериментальную проверку (ПК-6).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практические занятия	Лабор.занятия	СРС	КР/КП			
1	Многомерная статистика	2	1-5		8		10		4/50		Рейтинг №1
2	Теория планирования эксперимента	2	6-9		10		11		6/60		
3	Дифференциальные уравнения в частных производных и методы их решения	2	10-14		10		8		6/60		Рейтинг №2
4	Обратные задачи химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	2	15-18		8		7		4/50		Рейтинг №3
	ИТОГО	2	18		36		36		18/55		Зачет

Практические занятия

Тема №1. Многомерная статистика. Стохастическая связь, регрессионный анализ, дисперсионный анализ, корреляционный анализ.

По экспериментальным данным проводится анализ о наличии или отсутствии корреляционной зависимости (графически в системе MATLAB). Расчет выборочной дисперсии, среднеквадратичной погрешности и коэффициента корреляции.

Тема № 2. Теория планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент. Планирование эксперимента. Свойства матриц планирования. Композиционные и ортогональные планы. Составление планов проведения эксперимента, составление MATLAB-программы для расчета коэффициентов регрессии, проверка полученной регрессионной модели на адекватность.

Тема № 3. Дифференциальные уравнения в частных производных и методы их решения. Объекты химической технологии, описываемые дифференциальными уравнениями в частных производных. Сведение дифференциальных уравнений в частных производных к задаче Коши. Решение дифференциальных уравнений с использованием метода прогонки.

Тема № 4. Обратные задачи химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Общий алгоритм постановки обратной задачи. Формирование оптимизируемой функции. Нахождение минимумов или максимумов оптимизируемой функции. Составление MATLAB-программы для расчета констант химической реакции. Графическое сравнение расчетных и экспериментальных данных.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении **практических занятий** студентам предлагается:

- применение компьютеров, использование обучающих программ, новых компьютерных технологий для решения поставленных задач;
- междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте конкретной решаемой задачи;
- опережающая самостоятельная работа - изучение студентами нового материала до его изложения преподавателем на лекции и других аудиторных занятиях.

Таким образом, на интерактивные формы изучения данной дисциплины приходится 55% общего количества аудиторных часов.

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

Текущий контроль знаний студентов проводится 3 раза за семестр:

Для текущего контроля студентам предлагаются **тесты**:

Рейтинг №1

1. Выходные переменные технологического процесса являются:
 - случайными величинами
 - точными величинами
 - постоянными величинами
2. Какие бывают моменты случайной величины?
 - центральные и начальные
 - входные и выходные
 - начальные и конечные
3. Что такое закон распределения случайной величины?
 - Зависимость между значениями случайной величины и ее вероятностями
 - Зависимость между значениями случайной величины и выходной величиной
 - Связь между случайной величиной и ее средним значением

4. Что такое дискретная случайная величина?

- А) это величина, которая может принять любое значение из заранее заданного ряда
- Б) может принять любое значение на некотором заданном интервале числовой оси
- В) прерывная случайная величина

5. Что такое непрерывная случайная величина?

- А) это величина, которая может принять любое значение из заранее заданного ряда
- Б) может принять любое значение на некотором заданном интервале числовой оси
- В) значение случайной величины можно перечислить

6. Что такое вероятностный ряд случайной величины?

- А) закон распределения случайной величины
- Б) среднее значение случайной величины
- В) момент распределения случайной величины

7. Начальный момент первого порядка – это:

- А) математическое ожидание (среднее значение) случайной величины
- Б) закон распределения
- В) вероятностный ряд

8. Первый центральный момент всегда равен:

- А) 0
- Б) 1
- В) 2

9. Второй центральный момент – это:

- А) дисперсия случайной величины
- Б) среднее значение случайной величины
- В) математическое ожидание

10. Нормальный закон распределения случайной величины – это:

- А) Если кривая распределения вероятностей случайной величины симметрична относительно своей оси,
- Б) Если кривая распределения вероятностей случайной величины не симметрична относительно своей оси
- В) вероятностный ряд случайной величины

Рейтинг №2

1. Что такое функция отклика?

- А) Математическая модель, связывающая выходные параметры и переменные, которые варьируют в процессе эксперимента
- Б) Зависимость между входными и выходными параметрами

2. Что такое уравнение регрессии?

- А) Зависимость между входными и выходными параметрами
- Б) полином - отрезок ряда Тейлора, в который разлагается неизвестная функция
- В) дифференциальное уравнение.

5. Что такое пассивный эксперимент?

- А) Входные факторы меняются поочередно.
- Б) Входные факторы меняются одновременно.

6. Что такое активный эксперимент?

- А) Входные факторы меняются поочередно.
- Б) Входные факторы меняются одновременно.

7. Что такое опыты на воспроизводимость (параллельные опыты)?

- А) Опыты проводятся при одних и тех же значениях входных факторов.
- Б) Опыты проводятся при различных значениях входных факторов.
- В) Опыты проводятся случайным образом.

8. Критерий Фишера-это:

- А) Критерий адекватности.
 - Б) Критерий значимости коэффициентов.
 - В) Критерий воспроизводимости эксперимента.
9. Что такое Х₀ в матрице планирования.
- А) фиктивная переменная равна +1
 - Б) входной фактор
 - В) выходная переменная
10. Что является свойством ортогональности матрицы планирования?
- А) Сумма вектор-столбцов скалярных произведений входных факторов равна 0
 - Б) Сумма вектор-столбцов скалярных произведений входных факторов равна 1
 - В) Сумма вектор-столбцов по каждому входному фактору равна нулю.

Рейтинг №3

1. Какой метод преобразования дифференциальных уравнений в частных производных применяется при их решении?
 - А) Метод конечных разностей.
 - Б) Метод наименьших квадратов
 - В) Метод прогонки.
2. Что такое уравнение регрессии?
 - А) полином - отрезок ряда Тейлора, в который раскладывается неизвестная функция
 - Б) полином второго порядка
 - В) полином первого порядка.
3. Выходные переменные технологического процесса являются:
 - А) случайными величинами
 - Б) точными величинами
 - В) постоянными величинами
4. Критерий Стьюдента – это:
 - А) Оценка значимости коэффициентов регрессии
 - Б) Критерий адекватности
 - В) Критерий воспроизводимости эксперимента
5. Что такое обратные задачи химической технологии?
 - А) нахождение неизвестных параметров, входящих в математическое описание, по экспериментальным данным.
 - Б) зависимость между входными и выходными параметрами
6. Обратные задачи относятся к задачам:
 - А) оптимизации
 - Б) оценке воспроизводимости
 - В) к поиску уравнения регрессии
7. Что такое опыты на воспроизводимость (параллельные опыты)?
 - А) Опыты проводятся при одинаковых и тех же значениях входных факторов.
 - Б) Опыты проводятся при различных значениях входных факторов.
 - В) Опыты проводятся случайным образом.
8. Критерий Фишера-это:
 - А) Критерий адекватности.
 - Б) Критерий значимости коэффициентов.
 - В) Критерий воспроизводимости эксперимента.
9. Что такое Х₀ в матрице планирования.
 - А) фиктивная переменная равна +1
 - Б) входной фактор
 - В) выходная переменная

10. Что такое вероятностный ряд случайной величины?
- А) закон распределения случайной величины
 - Б) среднее значение случайной величины
 - В) момент распределения случайной величины

Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов проводится в соответствии с тематическим планом курса. Студентам выдаются вопросы по каждой теме с указанием источников информации. Контроль знаний осуществляется в виде устного опроса на практических занятиях и при прохождении промежуточного теста.

Вопросы для самостоятельной проработки:

Тема № 1.

- 1. Модель «черного ящика». Входы и выходы технологического процесса.
- 2. Понятия случайной величины, случайного события, доверительного события.
- 3. Математическое ожидание $M(x)$. Его суть и свойства.
- 4. Нормальный закон распределения случайных величин.
- 5. Критерий Кохрена. Алгоритм расчета критерия Кохрена.

Тема № 2.

- 1. Метод наименьших квадратов. Суть метода. Пример расчета коэффициентов регрессии методом наименьших квадратов.
- 2. Регрессионный анализ. Что это значит?
- 3. Критерий Стьюдента - критерий значимости коэффициентов в уравнении регрессии.
- 4. Критерий Фишера - критерий адекватности.
- 5. Проведение параллельных опытов. Оценка опытов на воспроизводимость.
- 6. Полуреплика, дробная реплика от полного факторного эксперимента.
- 7. Расчет величины звездного плеча.

Тема № 3.

- 1. Модели с распределенными параметрами.
- 2. Метод расщепления — один из методов решения дифференциальных уравнений в частных производных.

Тема № 4.

- 1. Команды MATLAB $fminbndQ$ и $JminsearchQ$.
- 2. Конкретные примеры решения обратных задач.

Вопросы к зачету

- 1. Что такое функция отклика?
- 2. Что такое факторное пространство?
- 3. Что такое поверхность отклика?
- 4. Случайны величины, их свойства, закон распределения случайных величин.
- 5. Моменты случайной величины.
- 6. Пассивный эксперимент.
- 7. Активный эксперимент первого порядка.
- 8. Активный эксперимент второго порядка.
- 9. Композиционные планы второго порядка Бокса-Уилсона.
- 10. Ортогональность планов второго порядка.

11. Проверка полученного уравнения регрессии на адекватность
12. Решение дифференциальных уравнений в частных производных, метод конечных разностей.
13. Алгоритм создания математической модели методом активного эксперимента
14. Что такое обратные задачи химической технологии
15. Общий алгоритм постановки обратной задачи.
16. Формирование оптимизируемой функции.
17. Нахождение минимумов или максимумов оптимизируемой функции.

7.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Основная литература

1. Закгейм А.Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов: уч. пособие. – Университетская книга, Логос. 2012.303с.(электр. ресурс: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4>).
2. **Моделирование технологических и природных систем.** Под ред. Ю.Т.Панова. Учебное пособие – Тамбов : Изд-во Першина Р.В., 2014 (библ. ВлГУ).
3. Теплогидравлические модели оборудования [Электронный ресурс] / Аветисян А.Р., Пащенко А.Ф., Пащенко Ф.Ф., Пикина Г.А., Филиппов Г.А - М. : ФИЗМАТЛИТ. 2013.<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115186.html>

Дополнительная литература

- 1.Барабанов Н.Н., Земскова В.Т. Расчеты химико-технологических процессов в системе MATLAB. Учебное пособие. ВлГУ, г. Владимир. 2011(библ. ВлГУ)
2. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения. [Электронный ресурс] / В.П.Дьяконов.-М.:СОЛОН-ПРЕСС.2008.
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913590428.html>
3. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] / А. М. Гумеров, Н. Н. Валеев, А. М. Гумеров, В. М. Емельянов. - М. : КолосС. 2008 (<http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785953206310-SCN0004.html>)

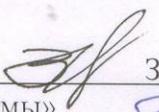
Программное обеспечение

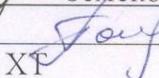
Студенты пользуются разработанными преподавателями программами или составляют сами программы для решения поставленной задачи. Все программы составляются с помощью системы MATLAB. Очень широко используется одно из расширений системы MATLAB SIMULINK, позволяющее строить виртуальные модели процессов.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Компьютерный класс на 10 ПЭВМ
2. Мультимедийные средства.
3. Слайды-лекции.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению
18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и
биотехнологии

Рабочую программу составил доцент кафедры ХТ  Земскова В.Т.

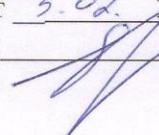
Рецензент : Генеральный директор ООО «Альфасистемы»  Потапов Д.А.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ
протокол № 6 от 5.02.2015 года.

Заведующий кафедрой  Ю.Т.Панов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии
направления 18.04.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии

протокол № 2 от 5.02.2015 года.

Председатель комиссии  Ю.Т.Панов

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

Программа переутверждена:

на _____ учебный год. Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года.
Заведующий кафедрой _____

на _____ учебный год. Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года.
Заведующий кафедрой _____

на _____ учебный год. Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года.
Заведующий кафедрой _____