

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»  
(МГТУ ГА)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР

\_\_\_\_\_ Креницин В.В.

" \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2007 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**  
(шифр СД.04)

Специальность 230401

Факультет ПМВТ

Кафедра прикладной математики

Курс 3,4 Форма обучения - дневная, Семестры - 6,7

Общий объем дисциплины	180 час.
Общий объем учебных часов	100 час.
Лекции	68 час.
Практические занятия	32 час.
Лабораторные занятия	нет
Самостоятельная работа	80 час.
Курсовой проект	нет
Курсовая работа	7 семестр
Контрольная работа	нет
Домашнее задание	нет
Зачет	3 курс, 6 семестр
Экзамен	4 курс, 7 семестр

Москва – 2007

Рабочая программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом для студентов, обучающихся по направлению 657100 (специальность 230401– Прикладная математика), утвержденным 5 апреля 2000 г. (регистрационный номер 322 тех/дс) и требованиями к уровню подготовки выпускника по специальности 230401.

Рабочую программу составил  
профессор  
Кузнецов Валерий Леонидович \_\_\_\_\_

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры ПМ,  
протокол N \_\_\_ от " \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Заведующий кафедрой  
Кузнецов Валерий Леонидович, профессор, д. т. н. \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена методическим советом специальности 230401  
Протокол N \_\_\_ от " \_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Председатель методического совета Кузнецов Валерий Леонидович  
проф., д. т. н. \_\_\_\_\_

Рабочая программа согласована с Учебно-методическим управлением (УМУ)

Начальник УМУ  
Логачев Виктор Петрович \_\_\_\_\_

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цель преподавания дисциплины

Дисциплина «Математическое моделирование» обеспечивает базовую подготовку специалиста – прикладного математика и имеет цель дать студентам знания о современных технологиях построения и исследования математических моделей различных сложных технических систем (в том числе и с участием человека), выработать практические навыки декомпозиции, абстрагирования при решении задач в различных областях профессиональной деятельности.

1.2. Задачи изучения дисциплины (необходимый комплекс знаний и умений):

#### 1.2.1. Иметь представление о:

- современном уровне развития технологий математического моделирования;
- общих правилах построения математических моделей в различных областях профессиональной деятельности;
- спектре математических методов, используемых в математическом моделировании;
- ограничениях возможностей метода математического моделирования.

#### 1.2.2. Знать:

- основные этапы в технологии построения математических моделей;
- классификацию и типы математических моделей;
- базовые классические модели профессиональной деятельности;
- основные математические методы, используемые при исследовании математических моделей;
- методы самоконтроля, используемые при построении математических моделей.

#### 1.2.3. Уметь:

- реализовывать декомпозицию исследуемой системы, формировать систему рабочих гипотез (постулатов) модели и построить содержательную модель;
- выбирать адекватный математический аппарат;
- исследовать построенную модель на адекватность, полноту, устойчивость по входным параметрам;
- уметь применять процедуру агрегирования при разработке сложных моделей.

#### 1.2.4. Иметь опыт:

- построения математических моделей в сфере профессиональной деятельности;
- построения алгоритмов решения формализованных практических задач;
- использования современного прикладного программного обеспечения при исследовании математических моделей.

## **2. Содержание дисциплины**

2.1. Наименование разделов, объем в часах. Содержание лекций, ссылки на литературу.

### **VI семестр.**

**Раздел 1. Технология математического моделирования и ее основные этапы (8 часов), [1,2,12].**

ЛК 1.1. Вводная лекция. Предмет и задачи дисциплины. Роль математического моделирования в техническом прогрессе и в процессе познания. Структура курса и цели обучения.

ЛК 1.2. Содержательная модель исследуемой системы. Формулирование задачи и конкретизация целей исследования. Анализ исследуемой системы и ее декомпозиция. Рабочие гипотезы, постулаты модели. Содержательные модели и их иерархия. Понятие математической модели. Формализация содержательной модели. Математическая модель, ее свойства и требования, предъявляемые к математическим моделям. Основные этапы технологии математического моделирования.

ЛК 1.4. Последовательность разработки и машинной реализации моделей систем. Алгоритмизация модели и ее машинная реализация. Получение, интерпретация и документирование результатов моделирования.

ЛК 1.5. Моделирование систем и языки программирования. Сравнительный анализ языков имитационного моделирования. Примеры реализации языков моделирования. Пакеты программ моделирования. Автоматизация процессов составления планов эксперимента и планирования вычислительных схем.

**Раздел 2. Методы построения и преобразования математических моделей (6 часов), [Л. 1,2].**

ЛК 2.1. Моделирование быстро осциллирующих процессов. Иерархия характерных времен, быстрые и медленные процессы. Метод усреднения по быстро осциллирующим процессам. Пример – модель одного метода обогащения золотосодержащего песка.

ЛК 2.2 Метод погружения. Краевая и начальная задача. Понятие о методах прогонки. Классическая задача о разорении игрока.

ЛК 2.3. Задача о взаимодействии поля с периодически неоднородной структурой. Фотонные кристаллы. Уравнения погружения для матричных коэффициентов прозрачности и отражения периодических структур.

**Раздел 3. Классификация математических моделей (14 часов), [2,3].**

ЛК 3.1. Различные подходы к классификации. Доминантный признак. Предметная область и математический аппарат. Роль классификации в методологии математического моделирования.

ЛК 3.2. Функциональные и структурные модели. Различные подходы к выбору подсистем. Роль декомпозиции. Элементарный уровень декомпозиции и бесструктурные элементы. Модель черного ящика, системы типа «вход – выход». Связь структурных и функциональных моделей.

ЛК 3.3. Дискретные и непрерывные модели. Предельные переходы: континуализация и дискретизация моделей. Примеры: простейшая модель рекламной компании, переход к вычислительным алгоритмам. Модель излучения черного тела.

ЛК 3.4. Динамические и статические модели. Непрерывные динамические модели. Зависимость от предыстории, «память» системы, время релаксации. Квазистатическое приближение. Статические модели.

ЛК 3.5. Детерминированные и стохастические модели. Реальные системы, их модели и ограниченность детерминированного описания. Недоопределенные модели и стохастический метод описания. Модели случайных воздействий: винеровские процессы и белый шум.

ЛК 3.6. Линейные и нелинейные модели. Линейные модели в  $N$ - мерном пространстве состояний. Матрицы простой структуры, процедуре диагонализации как коррекция декомпозиции. Переход к нормальным координатам. Блочнo-диагональные матрицы, жорданова клетка. Метод матричных функций Грина.

ЛК 3.7. Нелинейные модели, стандартная процедура линеаризации, опорное решение. Статистическая линеаризация.

#### **Раздел 4. Нечеткие модели (6 часов), [3] .**

ЛК 4.1. Нечеткие множества. Нечеткие подмножества универсального множества, характеристическая функция принадлежности. Простейшие операции над нечеткими множествами. Метрика в пространстве нечетких множеств, расстояния Хемминга и Евклида.

ЛК 4.2. Методы построения функций принадлежности. Прямые и косвенные методы. Метод семантических дифференциалов. Прямые и косвенные методы для группы экспертов.

ЛК 4.3. Управление нечеткими моделями. Нечеткие цели ограничения и решения. Симметрия нечетких целей и ограничений. Нечеткие решения. Многошаговые процессы принятия решений в нечетких моделях.

#### **УШ семестр.**

#### **Раздел 5. Введение в имитационное моделирование (6 часов) [3,12].**

ЛК 5.1. Имитационное моделирование. Метод Монте-Карло. Моделирование случайных величин. Псевдослучайные числа и процедуры их машинной генерации. Проверка качества последовательности псевдослучайных чисел.

ЛК 5.2 Методы генерации случайных воздействий – величин, последовательностей, процессов, потоков и полей. Алгоритмы методы Монте-Карло.

ЛК 5.3. Эволюция содержания терминов «имитация», «имитационная модель» и их современное понимание.

#### **Раздел 6. Элементы качественной теории исследования динамических систем (4 часа), [14].**

ЛК 6.1. Качественная (топологическая) структура траекторий системы в пространстве состояний. Автономная динамическая система на плоскости. Каче-

ственная структура окрестности состояния равновесия. Предельные траектории, устойчивые и неустойчивые циклы.

ЛК 6.2. Грубые и негрубые системы. Бифуркации. Понятие грубой системы. Топологическая инвариантность фазовых портретов. Примеры. Негрубые системы. Пространство параметров. Негрубые области и бифуркационные пленки.

### **Раздел 7. Универсальность математических моделей (4 часа), [1].**

ЛК 7.1. Динамика скопления амёб. Построение содержательной модели. Приближения модели. Постулаты и уравнения модели. Общая математическая модель и ее коррекция. Некоторые результаты исследования математической модели.

ЛК 7.2. Диффузные процессы и дифференциальные уравнения Колмогорова – Фоккера – Планка. Марковские процессы, вывод прямого и обратного уравнений Колмогорова.

### **Раздел 8. Некоторые модели финансовых и экономических процессов (6 часов), [1].**

ЛК 8.1. Модель рекламной компании. Содержательная модель рекламной компании. Рабочие гипотезы, приближения и основные уравнения. Математическая модель и ее исследование. Условие и момент останова рекламной компании.

ЛК 8.2. Макромодель равновесия рыночной экономики (на примере модели Кейнса). Исходные положения в построении классических экономических моделей. Математическая модель равновесного рынка.

ЛК 8.3. Макромодель экономического роста. Норма золотого правила роста Солоу.

### **Раздел 9. Физическая (эволюционная) экономика (6 часов), [13].**

ЛК 9.1. Исходные накопления эволюционной экономики. Поведенческие функции в экономике. Функция спроса и ее модели. Производственная функция. Формула Кобба – Дугласа.

ЛК 9.2. Экономическая структура общества. Кривая Лоренца. Уравнение динамики накоплений и уравнение Колмагорова – Фоккера – Планка для реконструкции распределения общества по ликвидным накоплениям.

ЛК 9.3. Базовая модель рыночной экономики в закрытом обществе. Фазовый портрет рыночной экономики. Исследование модели устойчивого и неустойчивого состояния экономики. Сепаратриса, возможности перехода через сепаратрису.

### **Раздел 10. Динамика распределения власти в иерархиях (4 часа) [1].**

ЛК 10.1. Общая модель системы «Государственная власть – гражданское общество» Механизмы перераспределения власти внутри иерархической структуры. Баланс власти, правовое поле. Гидродинамическая модель и ее стационарное решение. Выход за границы правового поля.

ЛК 10.2. Модель коррумпированных властных иерархий. Классификация коррупции в модели. Степень коррумпированности иерархии. Ущерб от коррупции, стоимость и эффективность ее подавления.

## Раздел 11. Моделирование риска столкновений воздушных судов (4 часа), [15].

ЛК 11.1 Классификация рисков катастроф ВС в задачах управления безопасностью полетов при организации воздушного движения. Элементы воздушного пространства зоны ответственности УВД. Рекомендации ИКАО к уровню безопасности воздушного движения.

ЛК 11.2 Современные модели расчета риска столкновений ВС. Модель Рейха и формула Райса. Модель Хсю. Приближения модели Хсю. Недостатки используемых моделей. Кинетический подход к моделированию эволюции неопределенности состояния ВС во времени.

### 2.2. Перечень тем практических занятий (их объем в часах)

№	Тема занятия	Кол-во часов
<b>6 семестр</b>		
1	Декомпозиция исследуемой системы. Модель функционирования Большой авиакомпании	2
2	Аналоговое моделирование как пример единства ММ.	2
3	Быстрые и медленные процессы. Их взаимное влияние. Движение в быстро осциллирующем поле	2
4	Динамические и квазистатические модели.	2
5	Нелинейные модели. Процедура линеаризации	2
6	Статистическая линеаризация	2
7	Нечеткие модели. Нечеткие множества	2
8	Оптимальное управление нечеткими моделями	2
<b>7 семестр</b>		
9	Генерации случайных воздействий – величин, процессов и полей	2
10	Фазовая плоскость и фазовые портреты.	2
11	«Мягкие» и «жесткие» модели. Бифуркации.	2
12	Задача о стабилизации ВС по тангажу	2
13	Расширение классической модели «хищник – жертва»	2
14	Задачи классической экономики	2
15	Фазовый портрет экономики «самодостаточного» государства	2
16	Моделирование риска столкновений ВС	2

### 2.3. Перечень лабораторных работ и их объем в часах

Лабораторные работы в данной дисциплине не предусмотрены

#### 2.4. Тематика курсовых работ:

Построение и исследование математической модели в предметной области, выбранной студентом в качестве направления исследований для дипломного проектирования.

#### 2.5. Тематика контрольных работ (домашних заданий):

Контрольные работы в данной дисциплине не предусмотрены.

#### 2.6. Перечень деловых игр:

Деловые игры в данной дисциплине не предусмотрены.

### 3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

№	Автор	Наименование, издательство, год издания
<i>Основная литература</i>		
1	Самарский А.А. Михайлов АП.	Математическое моделирование: Идеи, Методы, Примеры – 2е изд. Физматлит, 2001
2	Мышкис А.Д.	Элементы теории математических моделей. 3е изд. Ком-Книга, URSS, 2007
3	Кузнецов В.Л.	Математическое моделирование. – М.: МГТУГА, 2003
<i>Учебно-методическая литература</i>		
<i>Для практических занятий</i>		
4	Мышкис А.Д.	Элементы теории математических моделей. 3е изд. Ком-Книга, URSS, 2007
5	Кузнецов В.Л.	Математическое моделирование. – М.: МГТУГА, 2003
6	Чернавский Д.С., Старков Н.И., Щербаков А.В.	О проблемах физической экономики.// УФН, т.172, № 9, 2002
7	Андронов А.А., Леонтович Е.А., Гордон И.И., Майер А.Г.	Качественная теория динамических систем второго порядка. М.: Наука, 1966
<i>Для курсового проектирования</i>		
8	Самарский А.А. Михайлов АП.	Математическое моделирование: Идеи, Методы, Примеры – 2е изд. Физматлит, 2001
9	Краснощеков П. С., Петров А.Л.	Принципы построения моделей.- М.: Фазис, 2000

<i>Дополнительная литература</i>		
10	Блехман И.И., Мышкис А.Д., Пановко Н.Г.	Механика и прикладная математика: предмет, логика, особенности подходов. – М.: Наука, 1990.
11	Краснощеков П.С., Петров А.Л.	Принципы построения моделей.- М.: Фазис, 2000
12	Павловский Ю.Н.	Имитационные модели и системы.- М.: Фазис, 2000
13	Чернавский Д.С., Старков Н.И., Щербаков А.В.	О проблемах физической экономики.// УФН, т.172, № 9, 2002
14	Андронов А.А., Леонтович Е.А., Гордон И.И., Майер А.Г.	Качественная теория динамических систем второго порядка. М.: Наука, 1966
15	Кузнецов В.Л.	Марковская модель оценки риска катастроф на воздушном транспорте.// Научный вестник МГТУ ГА, серия Эксплуатация воздушного транспорта и ремонт авиационной техники. Безопасность полетов, №90, 2005

#### 4. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ:

- MATHCAD;
- MATLAB;

#### 5. РЕКОМЕНДУЕМОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ НА БЛОКИ:

- 1 блок: разделы 1,2; - 6 семестр
  - 2 блок: разделы -3,4. -6 семестр
- В 7 семестре блочный контроль знаний не предусмотрен.

Рабочая программа периодически корректируется, и изменения вносятся в лист изменений (форма 1).