

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Математическое моделирование в технической физике М1.Б.2

Направление подготовки: 223200.68 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Осокин С.И.

**Рецензент(ы):**

Кашапов Н.Ф.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой:

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) ассистент, к.н. Осокин С.И. Кафедра технической физики и энергетики Отделение физики, Sergey.Osokin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины - изучение основных понятий, приемов и методов математического моделирования.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.Б.2 Общенаучный" основной образовательной программы 223200.68 Техническая физика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 1 семестр.

В современной физике исключительно важную роль играет математическое моделирование. Математические модели применяются при описании процессов различной природы: физических, химических, биологических, экологических, экономических и др. Построение и исследование математической модели конкретного явления или процесса требует специальных знаний. Но имеются и общие принципы моделирования, знание которых необходимо для качественного образования студента.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	- способность самостоятельно пополнять свои знания в области математического моделирования, в частности, моделирования в технической физике; - способность собирать, обрабатывать и интерпретировать необходимые данные для формирования суждений по возникающим научным проблемам
ПК-10 (профессиональные компетенции)	- способность применять основные приемы математического моделирования при решении задач различной природы, составлять практические рекомендации по использованию полученных результатов, представлять результаты исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций
ПК-7 (профессиональные компетенции)	- готовность генерировать, оценивать и использовать новые идеи; - способность находить творческие, нестандартные решения профессиональных и социальных задач
ПК-8 (профессиональные компетенции)	- способность вскрыть физическую, естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, провести их качественный и количественный анализ; - способность осуществлять поддержку и развитие научных технологических инноваций
ПК-9 (профессиональные компетенции)	- способность браться за новые области на основе самостоятельных занятий. - способность строить математические модели физических явлений на основе фундаментальных законов природы, вариационных принципов; - способность самостоятельно анализировать полученные результаты, строить иерархическую цепочку моделей

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- основные принципы построения математических моделей;
- основные методы исследования математических моделей;
- базовые математические модели физических, биологических, химических, экономических и социальных явлений.

2. должен уметь:

- строить математические модели физических явлений на основе фундаментальных законов природы, вариационных принципов;
- анализировать полученные результаты, строить иерархическую цепочку моделей;
- применять основные приемы математического моделирования при решении задач различной природы;
- пользоваться общенаучной и специальной литературой.

3. должен владеть:

- математическим аппаратом, достаточным для построения и отработки бщефизических моделей;
- знаниями об основных типах моделей в науке и технке.

- готовность и способность применять и оптимизировать современные методы математического моделирования в различных областях технической физики;
- готовность и способность применять методы математического моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий.

- основные принципы построения математических моделей;
- основные методы исследования математических моделей;
- базовые математические модели физических, биологических, химических, экономических и социальных явлений.

- строить математические модели физических явлений на основе фундаментальных законов природы, вариационных принципов;
- анализировать полученные результаты, строить иерархическую цепочку моделей;
- применять основные приемы математического моделирования при решении задач различной природы;
- пользоваться общенаучной и специальной литературой.

- по созданию математических моделей физических, биологических, химических, экономических и социальных явлений.

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 1 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);  
 55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);  
 54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение.	1	1	0	2	0	
2.	Тема 2. Определение и назначение моделирования.	1	1	0	4	0	устный опрос
3.	Тема 3. Этапы построения математической модели.	1	2	0	4	0	устный опрос
4.	Тема 4. Примеры математических моделей.	1	2	0	4	0	устный опрос
5.	Тема 5. Структурные модели.	1	2	0	4	0	устный опрос
6.	Тема 6. Моделирование в условиях неопределенности.	1	2	0	4	0	устный опрос
7.	Тема 7. Линейные и нелинейные модели.	1	2	0	4	0	устный опрос
8.	Тема 8. Моделирование с использованием имитационного подхода.	1	2	0	4	0	устный опрос
9.	Тема 9. Военное приложение теории игр	1	2	0	4	0	устный опрос
10.	Тема 10. Структурная устойчивость математических моделей.	1	1	0	4	0	устный опрос
11.	Тема 11. Значение методов теории катастроф	1	1	0	2	0	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	экзамен
	Итого			0	40	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины Тема 1. Введение.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Основные понятия и терминология. Предмет изучения. Место математического моделирования в науке и технике. Основные понятия и терминология.

**Тема 2. Определение и назначение моделирования.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Задачи управления движением. Что такое модель? (Место моделирования среди методов познания. Определение модели. Свойства моделей. Цели моделирования.) Классификация моделей. (Материальное моделирование. Идеальное моделирование. Когнитивные концептуальные и формальные модели.) Классификация математических моделей (Классификационные признаки. Классификация в зависимости от сложности объекта моделирования, в зависимости от оператора модели, от параметров модели, от целей моделирования и от методов реализации). Практическая задача: моделирование управления движением.

**Тема 3. Этапы построения математической модели.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Почему строят трехступенчатые ракеты? Обследование объекта моделирования. Концептуальная постановка задачи моделирования. Математическая постановка задачи моделирования. Выбор и обоснование выбора метода решения задачи. Реализация математической модели в виде компьютерной программы. Проверка адекватности модели. Практическое использование модели и анализ результатов моделирования. Практическая задача: модель ракеты, движение спутника.

**Тема 4. Примеры математических моделей.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Истечение жидкости из емкости. Статический анализ конструкций. Модель спроса-предложения. Динамика популяций. Гармонический осциллятор. Практическая задача: моделирование истечения жидкости из емкости.

**Тема 5. Структурные модели.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Модели молекул. Что такое структурная модель? Способы построения структурных моделей. Примеры структурных моделей. Практическая задача: модели молекул.

**Тема 6. Моделирование в условиях неопределенности.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Стохастические модели дорожного движения. Причины появления неопределенностей и их виды. Моделирование в условиях неопределенности, описываемой с позиции теории нечетких множеств. Моделирование в условиях стохастической неопределенности. Моделирование марковских случайных процессов. Практическая задача: стохастические модели дорожного движения.

**Тема 7. Линейные и нелинейные модели.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Исследование напряжений в конструкциях. О законе Гука и границах линейности. Сплошные среды и уравнения математической физики. Линейные уравнения и принцип суперпозиции. Вывод волнового уравнения из законов механики. Решение волнового уравнения методом Фурье. О характеристиках уравнений математической физики. Решение волнового уравнения методом Даламбера. Уравнения Максвелла. О классификации квазилинейных систем. Связь непрерывного и дискретного на примерах уравнения колебаний струны и уравнения Шредингера. О пользе феноменологии при построении математических моделей. Анализ подобия и размерности. Автомодельность. Самоорганизация и структуры в нелинейных средах. Практическая задача: исследование напряжений в конструкциях.

**Тема 8. Моделирование с использованием имитационного подхода.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Модель планирования деятельности предприятия Особенности моделей, использующих имитационный подход. Имитатор системы массового обслуживания. Клеточные автоматы. Моделирование дислокаций в металле. Практическая задача: Модель планирования деятельности предприятия.

**Тема 9. Военное приложение теории игр**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Принятие решений в условиях конфликта и неопределенности. Основные постановки задач математической теории игр, классификация основных задач и подходов к их решению. Основы теории матричных игр, понятие цены игры, стратегии участников, теорема о минимаксе. Методы теории линейного программирования в решении матричных игр. Кооперативная теория Неймана - Моргенштерна (основные идеи). Постановки задач теории позиционных игр и методы их решения (обзор). Применение теории игр к задачам использования мин в войне на море. Оценка эффективности.

**Тема 10. Структурная устойчивость математических моделей.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Базовые элементы теории устойчивости. Теорема Рене Тома. Общие идеи об устойчивости моделей.

**Тема 11. Значение методов теории катастроф**

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Модели катастроф Рене Тома. Практическое применение моделей катастроф.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Определение и назначение моделирования.	1	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Этапы построения математической модели.	1	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Примеры математических моделей.	1	2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
5.	Тема 5. Структурные модели.	1	2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
6.	Тема 6. Моделирование в условиях неопределенности.	1	2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Линейные и нелинейные модели.	1	2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
8.	Тема 8. Моделирование с использованием имитационного подхода.	1	2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
9.	Тема 9. Военное приложение теории игр	1	2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Структурная устойчивость математических моделей.	1	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
11.	Тема 11. Значение методов теории катастроф	1	1	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				32	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Демонстрация материалов занятий с помощью презентаций;

Применение различных методов моделирования физических процессов, сопровождающих изучаемые явления;

Разработка и конструирование новых объектов, реализующих изученные физические процессы;

Решение задач;

Проведение исследований, самостоятельное изучение процессов, осуществление наблюдений за ними и формулировка соответствующих выводов;

Тестирование (позволяет проверить знания учащегося по какой-либо определенной теме либо по всему пройденному курсу);

Сдача экзамена по курсу изучаемой дисциплины.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Введение.

#### Тема 2. Определение и назначение моделирования.

устный опрос , примерные вопросы:

Что такое модель? (Место моделирования среди методов познания. Определение модели. Свойства моделей. Цели моделирования.) Классификация моделей. (Материальное моделирования. Идеальное моделирование. Когнитивные концептуальные и формальные модели.) Классификация математических моделей (Классификационные признаки. Классификация в зависимости от сложности объекта моделирования, в зависимости от оператора модели, от параметров модели, от целей моделирования и от методов реализации). Практическая задача: моделирование управления движением.

#### Тема 3. Этапы построения математической модели.

устный опрос , примерные вопросы:

Обследование объекта моделирования. Концептуальная постановка задачи моделирования. Математическая постановка задачи моделирования. Выбор и обоснование выбора метода решения задачи. Реализация математической модели в виде компьютерной программы. Проверка адекватности модели. Практическое использование модели и анализ результатов моделирования. Практическая задача: модель ракеты, движение спутника.

#### Тема 4. Примеры математических моделей.

устный опрос , примерные вопросы:

Статический анализ конструкций. Модель спроса-предложения. Динамика популяций. Гармонический осциллятор. Практическая задача: моделирование истечения жидкости из емкости.



### **Тема 5. Структурные модели.**

устный опрос , примерные вопросы:

Что такое структурная модель? Способы построения структурных моделей. Примеры структурных моделей. Практическая задача: модели молекул.

### **Тема 6. Моделирование в условиях неопределенности.**

устный опрос , примерные вопросы:

Причины появления неопределенностей и их виды. Моделирование в условиях неопределенности, описываемой с позиции теории нечетких множеств. Моделирование в условиях стохастической неопределенности. Моделирование марковских случайных процессов. Практическая задача: стохастические модели дорожного движения.

### **Тема 7. Линейные и нелинейные модели.**

устный опрос , примерные вопросы:

О законе Гука и границах линейности. Сплошные среды и уравнения математической физики. Линейные уравнения и принцип суперпозиции. Вывод волнового уравнения из законов механики. Решение волнового уравнения методом Фурье. О характеристиках уравнений математической физики. Решение волнового уравнения методом Даламбера. Уравнения Максвелла. О классификации квазилинейных систем. Связь непрерывного и дискретного на примерах уравнения колебаний струны и уравнения Шредингера. О пользе феноменологии при построении математических моделей. Анализ подобия и размерности. Автомодельность. Самоорганизация и структуры в нелинейных средах. Практическая задача: исследование напряжений в конструкциях.

### **Тема 8. Моделирование с использованием имитационного подхода.**

устный опрос , примерные вопросы:

Особенности моделей, использующих имитационный подход. Имитатор системы массового обслуживания. Клеточные автоматы. Моделирование дислокаций в металле. Практическая задача: Модель планирования деятельности предприятия.

### **Тема 9. Военное приложение теории игр**

устный опрос , примерные вопросы:

Принятие решений в условиях конфликта и неопределенности. Основные постановки задач математической теории игр, классификация основных задач и подходов к их решению. Основы теории матричных игр, понятие цены игры, стратегии участников, теорема о минимаксе. Методы теории линейного программирования в решении матричных игр. Кооперативная теория Неймана - Моргенштерна (основные идеи). Постановки задач теории позиционных игр и методы их решения (обзор). Применение теории игр к задачам использования мин в войне на море. Оценка эффективности.

### **Тема 10. Структурная устойчивость математических моделей.**

устный опрос , примерные вопросы:

Базовые элементы теории устойчивости. Теорема Рене Тома. Общие идеи об устойчивости моделей.

### **Тема 11. Значение методов теории катастроф**

контрольная работа , примерные вопросы:

Модели катастроф Рене Тома. Практическое применение моделей катастроф.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

1. Понятие математической модели.
2. Множественность и единство моделей.
3. Основные требования к модели.
4. Типы математических моделей. Структурные и функциональные модели.
5. Типы математических моделей. Дискретные и непрерывные модели.
6. Линейные и нелинейные модели. Линеаризация.

7. Типы математических моделей. Детерминированные и вероятностные модели.
  8. Этапы построения математической модели. Содержательная модель.
  9. Этапы построения математической модели. Формулирование математической задачи.
  10. Этапы построения математической модели. Задачи анализа и синтеза.
  11. Этапы построения математической модели. Определяющие соотношения.
  12. Этапы построения математической модели. Подбор эмпирической формулы.
  13. Размерности величин.
  14. Подобие объектов.
  15. Рабочие гипотезы.
  16. Упрощение уравнений.
  17. Метод малого параметра.
  18. Регулярные и сингулярные возмущения.
  19. Осреднение быстро колеблющихся исходных зависимостей.
  20. Анализ влияния упрощений.
  21. Построение и исследование решений.
  22. Асимптотические разложения.
  23. Основные постановки задач математической теории игр, классификация основных задач и подходов к их решению.
  24. Понятие цены игры, стратегии участников, теорема о минимаксе.
  25. Методы теории линейного программирования в решении матричных игр.
  26. Кооперативная теория Неймана - Моргенштерна (основные идеи).
  27. Постановки задач теории позиционных игр и методы их решения. Простейшие примеры.
  28. Дифференциальные модели экономической динамики и равновесия.
  29. Дифференциальные модели механики.
  30. Классические модели математической физики.
  31. Классические модели вариационного исчисления. Решение задач вариационного анализа.
  32. Модели регрессионного анализа.
  33. Имитационное моделирование и его применение.
- 13 Вопросы для контроля остаточных знаний студента
1. Что такое модель и моделирование.
  2. Типы моделей.
  3. Типы моделирования.
  4. Характерные особенности аналоговых моделей.
  5. Чем отличаются линейные и нелинейные модели.
  6. Что включает понятие корректности математической задачи.
  7. Каким условиям должна удовлетворять корректная модель.
  8. К каким математическим задачам можно применять численные методы.
  9. Назовите три составляющие погрешности численных методов.
  10. Назовите причины возможной неадекватности модели.
  11. В каком случае совокупность отдельных элементов будет системой, а в каком - нет.
  12. Что такое структурная схема системы.
  13. Сформулируйте основные причины появления неопределенностей.
  14. Как описывается неопределенность математически.
  15. Приведите примеры математического описания неопределенностей для различных физических явлений.
  16. Когда в задаче математического моделирования применяется стохастическое описание переменных.
  17. В чем сущность метода равных вероятностей.

18. В чем сущность метода Монте-Карло.
19. Каким образом соотносятся между собой реальное, системное и модельно время.

### **7.1. Основная литература:**

Викторов С.В. Математическое моделирование электрокаротажа пересекающей пласт скважины / С.В. Викторов // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: материалы XXXVI сессии Международного семинара (г. Казань, 26-31 января 2009 г.) / [сост. Н. Н. Равилова; науч. ред.: д.г.-м.н., проф. Д. К. Нурғалиев, д.г.-м.н., проф. З. М. Слепак]. ?С.82-86.?Казань, 2009.

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Амелькин В.В., Садовский А.П. Математические модели и дифференциальные уравнения. Минск: Высшая школа, 1982. 272 с.
2. Амелькин В.В. Дифференциальные уравнения в приложениях, М.: УРСС. 2003. 208 с.
3. Арнольд В.И. "Жесткие" и "мягкие" математические модели. М.: МЦНМО, 2000. 32 с.
4. Баренблатт Г.И. Подобие, автомодельность, промежуточные асимптотики. Л.: Гидрометиздат, 1982. 208 с.
5. Бордовский Г.А., Кондратьев А.С., Чоудери А.Д.Р. Физические основы математического моделирования. М.: Издательский центр "Академия", 2005. 320 с.
6. Векуа Н.П. Некоторые вопросы теории дифференциальных уравнений и приложения к механике. М.: Наука, 1991. 256 с.
7. Горстко А.Б. Познакомьтесь с математическим моделированием. М.: Знание, 1991. 160 с.
8. Пономарев К.К, Составление дифференциальных уравнений. Минск: Высшая школа, 1973. 560 с.
9. Тарасевич Ю.Ю. Математическое и компьютерное моделирование. М.: Едиториал УРСС, 2001. 144 с.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Естественнонаучный образовательный портал - <http://www.en.edu.ru>  
Институт математического моделирования РАН - <http://www.imamod.ru/>  
Информационно библиотечный центр -  
<http://www.tnlib.ru/Default.aspx/EIResources/Refs?SpecialityId=19>  
Научная электронная библиотека - <http://www.elibrary.ru>  
Электронный реферативный журнала МАТЕМАТИКА - <http://www.viniti.ru>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану**

Освоение дисциплины "Математическое моделирование в технической физике" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 223200.68 "Техническая физика" и магистерской программе не предусмотрено .

Автор(ы):

Осокин С.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Кашапов Н.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.