

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 геофизических процессов М2.Б.1

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика

Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Куштанова Г.Г.

**Рецензент(ы):**

Овчинников М.Н.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.

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) доцент, д.н. (доцент) Куштанова Г.Г. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем ,  
Galya.Kushtanova@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) Математическое моделирование геофизических процессов является изучение основ метода математического моделирования метода конечных разностей, проведения вычислительного эксперимента на примере уравнения в частных производных типа теплопроводности (уравнения однофазной фильтрации).

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.Б.1 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.68 Радиофизика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Для освоения содержания дисциплины необходимо знание основ математического анализа, физики. Она формирует общекультурные и профессиональные компетенции, необходимые для прохождения учебной и производственной практик, освоения модулей профессионального цикла.

Курс предназначен для магистрантов 1 года обучения, 2 семестр

Магистратура "Радиофизические методы по областям применения"

М2.Б.1, профессиональный цикл

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ок-1	способностью оперировать углубленными знаниями в области математики и естественных наук
ок-3	способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение
ок-7	способностью адаптироваться к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, к изменению социокультурных и социальных условий деятельности
пк-2	способностью к свободному владению профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, использованию современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовк
пк-4	способностью самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики (в соответствии с профилем подготовки) и решать их с использованием современного оборудования и новейшего отечественного и зарубежного опыта

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

принципы построения математических моделей, преимущества и сложности различного типа разностных схем, погрешности дискретизации, условия устойчивости.

2. должен уметь:

построить разностную схему уравнения типа теплопроводности, выбрать тип схемы, реализовать ее программно, проверить сходимость разностной схемы и провести вычислительный эксперимент,

3. должен владеть:

владеть методом построения разностных схем и граничных условий, методом прогонки.

выполнить численное моделирование уравнения типа теплопроводности.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 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. Понятие модели и моделирования. Вычислительный эксперимент	2	2	2	0	0	
2.	Тема 2. Методы дискретизации уравнений в частных производных.	2	4	4	4	0	
3.	Тема 3. Типы схем.	2	6-7	2	2	0	
4.	Тема 4. Решение разностных уравнений.	2	8-9	2	2	0	
5.	Тема 5. Граничные условия.	2	10-12	2	4	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Разностная схема для одномерного параболического уравнения с переменными коэффициентами.	2	13-14	2	2	0	
7.	Тема 7. Свойства разностных уравнений.	2	15-16	2	2	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			16	16	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Понятие модели и моделирования. Вычислительный эксперимент

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Физическое моделирование. Основные понятия математического моделирования. Принципы построения математических моделей. Вычислительный эксперимент

### Тема 2. Методы дискретизации уравнений в частных производных.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Дискретизация по пространству, дискретизация по времени. Погрешности дискретизации. Устойчивость численного алгоритма. Условие Куранта. Типы сеток: блочно-центрированная и с распределенными узлами.

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

Дискретизация уравнения типа теплопроводности

### Тема 3. Типы схем.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Явные схемы, неявные. Схема Кранка-Николса. Интегро-интерполяционный метод построения разного уравнения

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

Построение различных типов схем для уравнения типа теплопроводности

### Тема 4. Решение разностных уравнений.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Метод прогонки. Условия существования и единственности решения системы. Условия устойчивости счета по рекуррентным формулам.

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

Реализация метода прогонки

### Тема 5. Граничные условия.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Разностные краевые условия явные и неявные. Метод фиктивных точек.

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

Разностные краевые условия 1 и 2 рода ( неявные)

### Тема 6. Разностная схема для одномерного параболического уравнения с переменными коэффициентами.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Наилучшая разностная схема для параболического уравнения, виды осреднения коэффициентов

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

Реализация неявной схемы и схемы Кранка-Николса для параболического уравнения с переменными коэффициентами

**Тема 7. Свойства разностных уравнений.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Свойство транспортности. Свойство консервативности. Представление конвективных членов уравнения.

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

Проверка способа транспортности при различных формах записи конвективного члена

**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
1.	Тема 1. Понятие модели и моделирования. Вычислительный эксперимент	2	2	работа с литературой	2	устный опрос
2.	Тема 2. Методы дискретизации уравнений в частных производных.	2	4	работа с литературой	8	устный опрос
3.	Тема 3. Типы схем.	2	6-7	работа с литературой, программирование	8	проверка
4.	Тема 4. Решение разностных уравнений.	2	8-9	работа с литературой, программирование	8	проверка
5.	Тема 5. Граничные условия.	2	10-12	работа с литературой, программирование	8	проверка
6.	Тема 6. Разностная схема для одномерного параболического уравнения с переменными коэффициентами.	2	13-14	работа с литературой, программирование	4	проверка
7.	Тема 7. Свойства разностных уравнений.	2	15-16	работа с литературой	2	устный опрос
	Итого				40	

**5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Используются такие интерактивные формы обучения как обсуждение теоретических вопросов, подготовка и представление докладов, проведение блиц-опросов, применение роли экспертов для студентов.

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

### **Тема 1. Понятие модели и моделирования. Вычислительный эксперимент**

устный опрос, примерные вопросы:

Проверка усвоения основных понятий

### **Тема 2. Методы дискретизации уравнений в частных производных.**

устный опрос, примерные вопросы:

Проверка усвоения основных понятий

### **Тема 3. Типы схем.**

проверка, примерные вопросы:

Проверка записи схемы

### **Тема 4. Решение разностных уравнений.**

проверка, примерные вопросы:

Проверка листинга программы, получаемых графиков

### **Тема 5. Граничные условия.**

проверка, примерные вопросы:

Проверка записи граничных условий

### **Тема 6. Разностная схема для одномерного параболического уравнения с переменными коэффициентами.**

проверка, примерные вопросы:

Проверка листинга программы, получаемых графиков

### **Тема 7. Свойства разностных уравнений.**

устный опрос, примерные вопросы:

Проверка усвоения основных понятий

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

Примерные вопросы к зачету:

Для аттестации студентов выполняется одно задание по основным разделам дисциплины.

Задание: написать разностную схему указанного типа для уравнения пьезопроводности с постоянными или переменными коэффициентами, заданными граничными и начальными условиями. Составить программу. Проверить сходимость и устойчивость. Провести вычислительный эксперимент по изучению влияния коэффициента пьезопроводности на время формирования квазистационарного режима, величину депрессии.

### **ВОПРОСЫ К КОЛЛОКВИУМУ И ЗАЧЕТУ**

1. Метод дискретизации на основе ряда Тейлора.
2. Интегро-интерполяционный метод.
3. Явные, неявные схемы.
4. Схема Кранка-Николса.
5. Метод прогонки, условия устойчивости, единственности.
6. Метод фиктивных точек.
7. Представление конвективных слагаемых в уравнении.
8. Типы используемых сеток.
9. Условие устойчивости численного алгоритма.

### **7.1. Основная литература:**



Автор(ы):

Куштанова Г.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Овчинников М.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.