

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Д.А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

Дополнительные главы численных методов математической физики Б1.В.ДВ.22

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Карчевский М.М.

**Рецензент(ы):**

Абдюшева Г.Р.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

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

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

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

Регистрационный No 943518

Казань  
2018

## 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) профессор, д.н. (профессор) Карчевский М.М. кафедра вычислительной математики отделение прикладной математики и информатики, mikhail.Karchevsky@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

В этом курсе изучаются основы теории разностных схем для нелинейных задач математической физики. Студенты учатся применять ее для исследования устойчивости и сходимости разностных схем для основных классов нелинейных уравнений математической физики.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.22 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.04 Прикладная математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Данная дисциплина читается на 4 курсе в 8 семестре для бакалавров, обучающихся по направлению 'Прикладная математика и информатика'.

Изучение основывается на результатах изучения дисциплин 'Уравнения математической физики', 'Дифференциальные уравнения,'

Математический анализ, 'Функциональный анализ,' 'Численные методы'.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	Готовность к самостоятельной работе
ПК-1 (профессиональные компетенции)	Способность использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на ЭВМ, отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение
ПК-2 (профессиональные компетенции)	Способность и готовность настраивать и тестировать и осуществлять проверку вычислительной техники
ПК-3 (профессиональные компетенции)	Способность и готовность демонстрировать знания современных языков программирования, операционных систем, офисных приложений, Интернета, способов и механизмов управления данными; принципов организации, состава и схемы работы операционных систем

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

По окончании курса студенты должны знать основные методы построения и исследования разностных методов решения нелинейных задач математической физики.

2. должен уметь:

По окончании курса студенты должны владеть теоретическим материалом по изучаемой дисциплине и практическими навыками построения разностных схем для нелинейных прикладных задач.

3. должен владеть:

По окончании курса студенты должны демонстрировать способность и готовность применять полученные знания для решения нелинейных задач прикладного характера.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

По окончании курса студенты должны знать основные методы построения и исследования разностных методов решения нелинейных задач математической физики; должны владеть теоретическим материалом по изучаемой дисциплине; должны демонстрировать способность и готовность применять полученные знания для решения нелинейных задач прикладного характера.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 8 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. Схема предиктор-корректор для решения одномерного параболического уравнения с нелинейностью в правой части.	8	1	0	0	3	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Решение неявной двухслойной разностной схемы для нелинейного параболического уравнения с помощью метода Ньютона.	8	1,2	0	0	3	Творческое задание
3.	Тема 3. Итерационный метод решения нелинейного параболического уравнения с опусканием нелинейности на нижний слой.	8	2,3	0	0	3	
4.	Тема 4. Приближенный метод решения нелинейного параболического уравнения, сочетающий схему предиктор-корректор с опусканием нелинейности на нижний слой.	8	3	0	0	3	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором: построение неявной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.	8	4	0	0	4	Творческое задание
6.	Тема 6. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором: построение явной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.	8	5	0	0	4	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором: построение регуляризованной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости .	8	6	0	0	4	
8.	Тема 8. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: обобщенная постановка, вспомогательные результаты.	8	7	0	0	4	
9.	Тема 9. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: построение неявной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.	8	8,9	0	0	6	Письменное домашнее задание
10.	Тема 10. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: построение явной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.	8	9,10	0	0	6	
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Экзамен

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
Итого				0	0	40	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Схема предиктор-корректор для решения одномерного параболического уравнения с нелинейностью в правой части.

#### *лабораторная работа (3 часа(ов)):*

На примере задачи о распределении температуры в однородном стержне при его нагревании источниками тепла демонстрируется использование схемы предиктор-корректора для решения слабо нелинейных нестационарных задач. Строится математическая модель указанного процесса. С помощью метода сумматорных тождеств строится неявная разностная схема, для решения которой используется схема предиктор-корректор.

### Тема 2. Решение неявной двухслойной разностной схемы для нелинейного параболического уравнения с помощью метода Ньютона.

#### *лабораторная работа (3 часа(ов)):*

На примере задачи о распределении температуры в стержне, демонстрируется использование метода Ньютона при отыскании решения неявной двухслойной разностной схемы для нелинейного параболического уравнения. Строится математическая модель указанного процесса в предположении, что на его боковой поверхности происходит теплообмен со средой нулевой температуры, коэффициент теплопроводности нелинейно зависит от искомой функции.

### Тема 3. Итерационный метод решения нелинейного параболического уравнения с опусканием нелинейности на нижний слой.

#### *лабораторная работа (3 часа(ов)):*

На примере задачи теплопроводности в случае, когда удельная теплоемкость, плотность, коэффициент теплопроводности и плотность распределения тепловых источников функция зависят от искомой функции демонстрируется использование итерационного метода решения нелинейного параболического уравнения с опусканием нелинейности на нижний слой.

### Тема 4. Приближенный метод решения нелинейного параболического уравнения, сочетающий схему предиктор-корректор с опусканием нелинейности на нижний слой.

#### *лабораторная работа (3 часа(ов)):*

На примере задачи о распределении температуры в стержне при его нагревании источниками тепла, когда удельная теплоемкость, плотность и плотность распределения тепловых источников функция зависят от искомой функции, демонстрируется использование приближенного метода решения нелинейного параболического уравнения, сочетающего схему предиктор-корректор с опусканием нелинейности на нижний слой.

### Тема 5. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором: построение неявной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

На занятии для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором строится неявная разностная схема, исследуется вопрос разрешимости построенной схемы, получается ряд априорных оценок для разностного решения, из которых вытекает безусловная устойчивость построенной схемы. Доказывается сходимость разностной схемы. При этом используется метод монотонности.

### Тема 6. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором: построение явной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

На занятии для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором рассматривается явная разностная схема, получается ряд априорных оценок для разностного решения, выводятся условия устойчивости построенной схемы. Доказывается сходимость разностной схемы.

**Тема 7. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором: построение регуляризованной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости .**

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

На занятии для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором строится регуляризованная разностная схема, исследуется вопрос разрешимости построенной схемы, доказывается, что справедливость априорных оценок, аналогичных оценкам, полученным для неявной и явной разностных схем, в случае регуляризованной разностной схемы имеет место при некотором условии на параметр регуляризации. Доказывается сходимость разностной схемы при некотором условии на параметр регуляризации.

**Тема 8. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: обобщенная постановка, вспомогательные результаты.**

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Рассматривается задача, состоящая из двух нелинейных параболических уравнений с монотонными пространственными операторами, одно из которых задано в двумерной области, а второе (одномерное) - на разрезе, расположенном в этой области. На этом примере студенты знакомятся с особенностями, которые возникают при построении разностных схем для задач в областях с разрезами.

**Тема 9. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: построение неявной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.**

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

На занятии для нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод строится неявная разностная схема, исследуется вопрос разрешимости построенной схемы, получается ряд априорных оценок для разностного решения, из которых вытекает безусловная устойчивость построенной схемы. Доказывается сходимость разностной схемы.

**Тема 10. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: построение явной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.**

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

На занятии для нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод рассматривается явная разностная схема, получается ряд априорных оценок для разностного решения, выводятся условия устойчивости построенной схемы. Доказывается сходимость разностной схемы.

#### 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. Решение неявной двухслойной разностной схемы для нелинейного параболического уравнения с помощью метода Ньютона.	8	1,2	подготовка к творческому заданию	6	Творческое задание



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Приближенный метод решения нелинейного параболического уравнения, сочетающий схему предиктор-корректор с опусканием нелинейности на нижний слой.	8	3	подготовка домашнего задания	6	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором: построение неявной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.	8	4	подготовка к творческому заданию	10	Творческое задание
9.	Тема 9. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: построение неявной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.	8	8,9	подготовка домашнего задания	10	Письменное домашнее задание
	Итого				32	

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

Обучение происходит в форме лабораторных занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Изучение курса подразумевает получение практических навыков для построения приближенных методов решения как классических задач математической физики, так и конкретных прикладных задач, а также развитие способности самостоятельно создавать новые методы решения.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы. Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к зачету. При подготовке к сдаче зачета весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если это возможно, перевыполнять план. Тогда всегда будет резерв времени.

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

### **Тема 1. Схема предиктор-корректор для решения одномерного параболического уравнения с нелинейностью в правой части.**

экзамен

### **Тема 2. Решение неявной двухслойной разностной схемы для нелинейного параболического уравнения с помощью метода Ньютона.**

Творческое задание , примерные вопросы:

Студентам предлагается в среде МАТЛАВ составить цикл программ, реализующих либо схему предиктор-корректор для решения одномерного параболического уравнения с нелинейностью в правой части, либо неявную двухслойную разностную схему для нелинейного параболического уравнения с использованием метода Ньютона. Провести численные эксперименты при разных шагах сеток. Сделать сравнительный анализ.

### **Тема 3. Итерационный метод решения нелинейного параболического уравнения с опусканием нелинейности на нижний слой.**

экзамен

### **Тема 4. Приближенный метод решения нелинейного параболического уравнения, сочетающий схему предиктор-корректор с опусканием нелинейности на нижний слой.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Студентам предлагается в среде МАТЛАВ составить цикл программ, реализующих либо приближенный метод решения нелинейного параболического уравнения, сочетающий схему предиктор-корректор с опусканием нелинейности на нижний слой, либо итерационный метод решения нелинейного параболического уравнения с опусканием нелинейности на нижний слой. Провести численные эксперименты при разных шагах сеток. Сделать сравнительный анализ.

### **Тема 5. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором: построение неявной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.**

Творческое задание , примерные вопросы:

Студентам предлагается в среде МАТЛАВ составить цикл программ, реализующих либо явную разностную схему решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором, либо - регуляризованную разностную схему. Провести численные эксперименты при разных шагах сеток. Сделать сравнительный анализ.

### **Тема 6. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором: построение явной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.**

экзамен

### **Тема 7. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором: построение регуляризованной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости .**

экзамен

### **Тема 8. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: обобщенная постановка, вспомогательные результаты.**

экзамен

### **Тема 9. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: построение неявной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Студентам предлагается в среде МАТЛАВ составить цикл программ, реализующих явную разностную схему для нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод. Провести численные эксперименты при разных шагах сеток. Сделать сравнительный анализ.

**Тема 10. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод: построение явной разностной схемы, априорные оценки, исследование сходимости.**

экзамен

**Итоговая форма контроля**

экзамен

Примерные вопросы к экзамену:

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачету по курсу

"Дополнительные главы численных методов математической физики"

1. Схема предиктор-корректор для решения одномерного параболического уравнения с нелинейностью в правой части.
2. Решение неявной двухслойной разностной схемы для нелинейного параболического уравнения с помощью метода Ньютона.
3. Итерационный метод решения нелинейного параболического уравнения с опусканием нелинейности на нижний слой.
4. Итерационный метод решения нелинейного параболического уравнения с опусканием нелинейности на нижний слой.
5. Разностные методы решения задачи для нелинейного параболического уравнения с монотонным оператором:
  - обобщенная постановка, вспомогательные результаты;
  - построение неявной разностной схемы, априорные оценки;
  - исследование сходимости неявной разностной схемы;
  - явная разностная схема, априорные оценки;
  - исследование сходимости явной разностной схемы;
  - регуляризованная разностная схема, априорные оценки;
  - исследование сходимости регуляризованной разностной схемы.
6. Разностные методы решения нестационарной задачи совместного движения поверхностных и подземных вод:
  - обобщенная постановка, вспомогательные результаты;
  - построение неявной разностной схемы, априорные оценки;
  - исследование сходимости неявной разностной схемы;
  - построение явной разностной схемы, априорные оценки;
  - исследование сходимости явной разностной схемы.

### 7.1. Основная литература:

1. Бахвалов, Н.С. Численные методы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. ? Электрон. дан. ? Москва: Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. ? 639 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70767>
2. Амосов, А.А. Вычислительные методы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург: Лань, 2014. ? 672 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/42190>

3. Демидович, Б.П. Основы вычислительной математики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2011. ? 672 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2025>
4. Волков, Е.А. Численные методы [Электронный ресурс]: учеб. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург: Лань, 2008. ? 256 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/54>
5. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. ? Электрон. дан. ? Москва: Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. ? 243 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70743>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Методы нелинейной математической физики: Учебное пособие / Н.А. Кудряшов. - Долгопрудный: Интеллект, 2010. - 368 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-91559-088-4
2. Волков, К.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа [Электронный ресурс]: учеб. пособие / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. ? Электрон. дан. ? Москва: Физматлит, 2012. ? 468 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59637>
3. Ахромеева, Т.С. Структуры и хаос в нелинейных средах [Электронный ресурс] / Т.С. Ахромеева [и др.]. ? Электрон. дан. ? Москва : Физматлит, 2007. ? 488 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2094>
4. Фонарёв, А.А. Проекционные итерационные методы решения уравнений и вариационных неравенств с нелинейными операторами теории монотонных операторов: Монография / А.А. Фонарёв - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 201 с.: ISBN 978-5-16-010041-8

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков. ? Электрон. дан. ? Москва: Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. ? 243 с. - <https://e.lanbook.com/book/70743>
- Амосов, А.А. Вычислительные методы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченова. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург: Лань, 2014. ? 672 с. - <https://e.lanbook.com/book/42190>
- Бахвалов, Н.С. Численные методы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. ? Электрон. дан. ? Москва: Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. ? 639 с. - <https://e.lanbook.com/book/70767>
- Волков, Е.А. Численные методы [Электронный ресурс]: учеб. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург: Лань, 2008. ? 256 с. - <https://e.lanbook.com/book/54>
- Демидович, Б.П. Основы вычислительной математики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.П. Демидович, И.А. Марон. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2011. ? 672 с. - <https://e.lanbook.com/book/2025>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Дополнительные главы численных методов математической физики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Лекции и лабораторные занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки Математическое моделирование .

Автор(ы):

Карчевский М.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Абдюшева Г.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.