

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Талорский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Введение в численные методы Б2.В.4

Направление подготовки: 020700.62 - Геология

Профиль подготовки: Гидрогеология, инженерная геология и геокриология

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Галеев А.А. , Храмченков М.Г.

**Рецензент(ы):**

Латыпов А.И.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Галеев А. А.

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

Учебно-методическая комиссия Института геологии и нефтегазовых технологий:

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

Регистрационный No 39215

Казань  
2015

## 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) заведующий кафедрой, к.н. (доцент) Галеев А.А. Кафедра общей геологии и гидрогеологии Институт геологии и нефтегазовых технологий , Akhmet.Galeev@kpfu.ru ; профессор, д.н. (профессор) Храмченков М.Г. Кафедра общей геологии и гидрогеологии Институт геологии и нефтегазовых технологий , Maxim.Khramchenkov@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Введение в численные методы направлена на углубление прикладной математической подготовки студентов, обучающихся по профилю "гидрогеология и инженерная геология", на изучение теоретических основ численного анализа, освоение стандартных программных средств и их использование при решении модельных гидрогеологических и инженерно-геологических задач. В основу построения программы положено развитие у студентов профессионального мышления, обеспечение осознанного подхода к моделированию природных процессов. Изучение данной дисциплины сопровождается развитием практических навыков использования ЭВМ при решении научно-практических задач, воспитывает общую информационную культуру, необходимую будущему специалисту. Данная дисциплина не только расширяет кругозор учащихся по теории вычислительных методов, но и является базовой основой для изучения специальных курсов по компьютерному моделированию, закрепляет навыки и умения программирования.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б2.В.4 Общепрофессиональный" основной образовательной программы 020700.62 Геология и относится к вариативной части. Осваивается на 3, 4 курсах, 6, 7 семестры.

Дисциплина Б2.В4 Введение в численные методы входит в вариативную часть общепрофессионального цикла ООП бакалавриата по направлению подготовки 020700 "Геология" и изучается в 6 (3 курс) и 7 (4 курс) семестрах. Для успешного освоения дисциплины необходима базовая подготовка по математическому и естественно-научному циклу: "Физика", "Химия", "Математика", "Общая геология". Освоение данной дисциплины необходимо для изучения базовых дисциплин профессионального цикла "Динамика подземных вод", "Механика грунтов", "Геокриология", "Грунтоведение", "Организация и планирование инженерно-геологических и гидрогеологических исследований", освоения магистерских программ геохимического, гидрогеологического и инженерно-геологического профиля, а также для успешной профессиональной деятельности.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-12) (общекультурные компетенции)	владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ПК-15 (профессиональные компетенции)	способен использовать профильно-специализированные знания в области геологии для решения научных и практических задач
(ПК-16 (профессиональные компетенции)	способен использовать профильно-специализированные знания фундаментальных разделов физики, химии, экологии для освоения теоретических основ геологии, геофизики, геохимии и экологической геологии

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- принципы математической идеализации природных процессов фильтрации, тепло- и массопереноса в горных породах;
- принципы документирования и математической обработки геологической информации;
- основы численных методов приближенного решения конкретных задач математической физики;

2. должен уметь:

- применять численные методы решения ДУЧП с использованием программных продуктов общего и узкоспециализированного назначения для моделирования природных процессов фильтрации и переноса, оценки запасов.

3. должен владеть:

- построения гидродинамических моделей пластов и подсчета запасов подземных вод.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

самостоятельно выбирать алгоритм решения задачи, проводить дискретизацию расчетной области, составлять разностную схему, выбирать численный метод решения задачи, реализовывать его на одном из современных алгоритмических языков или в профессиональной вычислительной среде

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 семестре; зачет в 7 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. Точность вычислительного эксперимента. Погрешности вычислений. Численные методы решения алгебраических						
----	--	--	--	--	--	--	--

уравнений.

6	1-3	6	0	8	контрольная работа
---	-----	---	---	---	--------------------

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. Численное дифференцирование и интегрирование аналитических и таблично заданных функций.	6	4-10	6	0	8	контрольная работа
3.	Тема 3. Численный спектральный анализ временных последовательностей в осадочной геологии.	6	11-12	6	0	10	контрольная работа
4.	Тема 4. Приближенные методы решения задач математической физики. Сеточные методы.	7	1-3	6	0	7	коллоквиум
5.	Тема 5. Использование пакетов прикладных программных средств для решения геофильтрационных задач.	7	4-14	6	0	7	контрольная работа
6.	Тема 6. Использование пакетов прикладных программных средств для оценки запасов подземных вод.	7	15-17	6	0	6	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	экзамен
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	зачет
	Итого			36	0	46	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Точность вычислительного эксперимента. Погрешности вычислений. Численные методы решения алгебраических уравнений.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Погрешности математических вычислений; методы нахождения корней алгебраических уравнений;

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

решение систем линейных алгебраических уравнений различными методами (прогонка, итерационные методы)

**Тема 2. Численное дифференцирование и интегрирование аналитических и таблично заданных функций.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

методы численного дифференцирования функций; разностная производная

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

методы численного интегрирования функций

**Тема 3. Численный спектральный анализ временных последовательностей в осадочной геологии.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

методы численного спектрального анализа временных последовательностей

**лабораторная работа (10 часа(ов)):**

применение методов численного спектрального анализа временных последовательностей в осадочной геологии

**Тема 4. Приближенные методы решения задач математической физики. Сеточные методы.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

численные методы решения задач математической физики

**лабораторная работа (7 часа(ов)):**

использование численных методов решения задач математической физики на примерах

**Тема 5. Использование пакетов прикладных программных средств для решения геофильтрационных задач.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

иСовременные пакеты прикладных программ для решения уравнений геофильтрации

**лабораторная работа (7 часа(ов)):**

использование пакетов прикладных программ для решения уравнений геофильтрации

**Тема 6. Использование пакетов прикладных программных средств для оценки запасов подземных вод.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Современные пакеты прикладных программ для решения задач оценки запасов подземных вод

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

использование пакетов прикладных программ для решения задач оценки запасов подземных вод

**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. Точность вычислительного эксперимента. Погрешности вычислений. Численные методы					

решения алгебраических уравнений.

6	1-3	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
---	-----	---------------------------------	---	--------------------



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Численное дифференцирование и интегрирование аналитических и таблично заданных функций.	6	4-10	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
3.	Тема 3. Численный спектральный анализ временных последовательностей в осадочной геологии.	6	11-12	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
4.	Тема 4. Приближенные методы решения задач математической физики. Сеточные методы.	7	1-3	подготовка к коллоквиуму	6	коллоквиум
5.	Тема 5. Использование пакетов прикладных программных средств для решения геофильтрационных задач.	7	4-14	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
6.	Тема 6. Использование пакетов прикладных программных средств для оценки запасов подземных вод.	7	15-17	подготовка к контрольной работе	5	контрольная работа
	Итого				35	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции, мультимедийные презентации, семинары, электронные образовательные ресурсы, лабораторные занятия, практические работы, сервисы и ресурсы Интернета, технологии пректного обучения, информационно-коммуникационные технологии, интерактивные технологии.

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

### **Тема 1. Точность вычислительного эксперимента. Погрешности вычислений. Численные методы решения алгебраических уравнений.**

контрольная работа , примерные вопросы:

решение задач на определение погрешности математических вычислений; решение задач на компьютере по нахождению корней алгебраических уравнений

### **Тема 2. Численное дифференцирование и интегрирование аналитических и таблично заданных функций.**

контрольная работа , примерные вопросы:

решение задач на компьютере по численному дифференцированию и интегрированию аналитически и таблично заданных функций

### **Тема 3. Численный спектральный анализ временных последовательностей в осадочной геологии.**

контрольная работа , примерные вопросы:

решение задач на компьютере по применению методов спектрального анализа временных последовательностей в осадочной геологии

### **Тема 4. Приближенные методы решения задач математической физики. Сеточные методы.**

коллоквиум , примерные вопросы:

решение задач на использование сеточных методов решения задач математической физики

### **Тема 5. Использование пакетов прикладных программных средств для решения геофильтрационных задач.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Использование пакетов прикладных программных средств для решения геофильтрационных задач

### **Тема 6. Использование пакетов прикладных программных средств для оценки запасов подземных вод.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Использование пакетов прикладных программных средств для оценки запасов подземных вод

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

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

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

Темы лабораторных работ и практических занятий

1. Численное интегрирование. Формулы прямоугольников.
2. Численное интегрирование. Формула трапеций.
3. Приближение функций с помощью рядов. Разложение функций в ряд Маклорена.
4. Разложение функций в ряд Фурье.
5. Действия с комплексными числами. Численный спектральный анализ и синтез.
6. Численные методы решения задачи Коши. Методы Эйлера и Рунге-Кутты.
7. Разностная аппроксимация уравнений в частных производных на примере уравнения Лапласа.
8. Моделирование процесса движения вязкой жидкости в пористой среде.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (СРС) включает следующие виды работ:

- изучение теоретического лекционного материала;
- проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература);
- камеральная обработка результатов лабораторных исследований
- подготовка к тестам, коллоквиумам и семинарам.

Вопросы к зачету

1. В чем состоит постановка задачи приближения функций?
2. Какие классы аппроксимирующих функций вы знаете?
3. В чём суть метода наименьших квадратов?
4. В чем состоят интерполяционные методы приближения функций?
5. Опишите процедуру решения СЛАУ с помощью обратной матрицы?
6. Что вы можете рассказать о конечных разностях?
7. В чем заключается суть метода итераций при решении уравнений численным методом?
8. Какие формулы численного дифференцирования вы знаете?
9. Как производить выбор оптимального шага таблицы производных?
10. Какие численные методы решения задачи Коши вы знаете?
11. Расскажите о методах Рунге-Кутты.
12. Как производится контроль погрешности на шаге?
13. В чем идея конечно-разностных методов?
14. Какие функции могут быть разложены в ряд Фурье?
15. В чем суть Фурье-анализа и Фурье-синтеза?
16. В чем состоит метод конечных разностей для линейных дифференциальных уравнений второго порядка?
17. Какие методы решения уравнений с частными производными вы знаете?

Билеты к экзаменам.

Билет ♦1

1. Погрешность численного решения задачи. Источники и классификация погрешностей.
2. Формулы численного дифференцирования.

Билет ♦2

1. Постановка задачи приближения функций. Классы аппроксимирующих функций. Критерий согласия. Погрешность аппроксимации.
2. Вычисление определенных интегралов: простейший метод Монте-Карло.

Билет ♦3

1. Интерполяционные методы приближения функций. Алгебраическое интерполирование.
2. Вычисление определенных интегралов: геометрический метод Монте-Карло.

Билет ♦4

1. Интерполяционные методы приближения функций. Полином Лагранжа, его остаточный член.
2. Вычисление определенных интегралов: формулы прямоугольников.

Билет ♦5

1. Интерполяционные методы приближения функций. Разделенные разности и их свойства.
2. Вычисление определенных интегралов: формула трапеций.

Билет ♦6

1. Интерполяция и приближение сплайнами.
2. Вычисление определенных интегралов: формула Симпсона.

Билет ♦7

1. Формулы численного дифференцирования.
2. Методы Рунге-Кутты решения ОДУ. Формулы Эйлера и Адамса.

Билет ♦8

1. Остаточная погрешность. Вычислительная погрешность при численном дифференцировании, выбор оптимального шага таблицы производных.
2. Полиномиальная аппроксимация методом МНК

Билет ♦9

1. Простейшие квадратурные формулы. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Оценка погрешности квадратурной формулы.
2. Три этапа и основные понятия метода сеток для уравнений в частных производных.

Билет ♦10

1. Правило Рунге. Квадратурные формулы Гаусса.
2. Интерполяция. Теорема о единственности многочленной интерполяции.

Билет ♦11

1. Постановка задачи численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Численные методы решения задачи Коши.
2. Разностная аппроксимация уравнений в частных производных на примере уравнения Лапласа.

Билет ♦12

1. Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений.
2. Гармонический анализ. Четное и нечетное продолжение функций, заданных на отрезке.

Билет ♦13

1. Метод конечных разностей для линейных дифференциальных уравнений второго порядка.
2. Численный спектральный анализ.

Билет ♦14

1. Уравнения с частными производными. Метод сеток.
2. Интерполяционные методы приближения функций. Разделенные разности и их свойства

Билет ♦15

1. Метод Эйлера решения задачи Коши для ОДУ.
2. Конечно-разностное моделирование движения вязкой жидкости в трубке тока.

Билет ♦16

1. Три этапа и основные понятия метода сеток для уравнений в частных производных.
2. Интерполяция и приближение сплайнами.

### 7.1. Основная литература:

Киреев, Владимир Иванович. Численные методы в примерах и задачах : учебное пособие / В. И. Киреев, А. В. Пантелеев .? Издание 2-е, стереотипное .? Москва : Высшая школа, 2006 .? 480 с. : ил. ; 22 см. ? (Прикладная математика для ВТУЗов) .? Библиогр. с. 477-480 (59 назв.) .? ISBN 5-06-004763-6, 3000.

Калиткин, Н. Н. Численные методы: учеб. пособие / Н. Н. Калиткин. ? 2-е изд., исправленное. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2011. ? 586 с.: ил. ? (Учебная литература для вузов). - ISBN 978-5-9775-0500-0.<http://znanium.com/bookread.php?book=350803>

Численные методы и программирование: Учебное пособие / В.Д. Колдаев; Под ред. Л.Г. Гагариной. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 336 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0333-9, 2000 экз. <http://znanium.com/bookread.php?book=370603>

### 7.2. Дополнительная литература:

Численные методы и программирование: Учебное пособие / В.Д. Колдаев; Под ред. Л.Г. Гагариной. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 336 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-8199-0333-9, 300 экз.<http://znanium.com/bookread.php?book=452274>

Пантина, И. В. Вычислительная математика [Электронный ресурс] : учебник / И. В. Пантина, А. В. Синчуков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: МФПУ Синергия, 2012. - 176 с. - (Университетская серия). - ISBN 978-5-4257-0064-3.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=451160>

Пантелеев, А. В. Методы оптимизации. Практический курс: учебное пособие с мультимедиа сопровождением [Электронный ресурс] / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. - М.: Логос, 2011. - 424 с.: ил. (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-540-4.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=469213>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

лекции on-line по основным разделам геологии из образовательных ресурсов Университета Тромсё, Норвегия - 2.

[http://www.geology.pu.ru/index.php?mod=mod\\_r\\_3&nam=%CB%E5%EA%F6%E8%E8&menu=&smenu=](http://www.geology.pu.ru/index.php?mod=mod_r_3&nam=%CB%E5%EA%F6%E8%E8&menu=&smenu=)  
сервер геологического факультета МГУ - <http://geo.web.ru/>

федеральные образовательные порталы -

[http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web\\_Links&file=index&l\\_op=viewlink&cid=2282&fids](http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=2282&fids)

Численные методы в электронных таблицах - [http://www.ksu.ru/f3/bin\\_files/number-a!208.pdf](http://www.ksu.ru/f3/bin_files/number-a!208.pdf)

Элементы векторного анализа - [http://www.ksu.ru/f3/bin\\_files/number-a!208.pdf](http://www.ksu.ru/f3/bin_files/number-a!208.pdf)

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

Освоение дисциплины "Введение в численные методы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

1. Компьютеры и проекционная техника (мультимедийный проектор, экран).
4. Программный пакет "Modflow".
5. Программный пакет "Mathematica".
5. Программный пакет офисных приложений.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020700.62 "Геология" и профилю подготовки Гидрогеология, инженерная геология и геоэкология .

Автор(ы):

Галеев А.А. \_\_\_\_\_

Храмченков М.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Латыпов А.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.