


☰

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
*гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии*

  
/Ю.М. Зинюков/  
расшифровка подписи  
18.04.2022 г

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ДВ.01.02 Численные методы в гидрогеологии и инженерной геологии

1. Код и наименование направления подготовки: 05.03.01 «Геология»
2. Профиль подготовки: поиски, разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
3. Квалификация выпускника: бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
6. Составители программы: Корабельников Николай Анатольевич, старший преподаватель
7. Рекомендована: научно-методическим советом геологического факультета, протокол № 5 от 15.04.2022
8. Учебный год: 2023 - 2024 Семестр(ы): 3

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины является:

- формирование у бакалавров знаний основных теоретических и методологических положений комплексного количественного анализа информации в гидрогеологии и инженерной геологии.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение методологии применения численных методов в гидрогеологии и инженерной геологии;

- изучение способов решения дифференциальных и интегральных уравнений;

- изучение способов решения задач аппроксимации, интерполяции, экстраполяции.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Место учебной дисциплины в структуре ОПОП: Блок Б1, дисциплина по выбору вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений. Требование к входным знаниям, умениям и навыкам по дисциплинам: бакалавры должны обладать знаниями базовых дисциплин и дисциплин инженерно-геологического цикла (Информатика, Водные ресурсы, Основы инженерной геологии). Дисциплина предшествует таким дисциплинам гидрогеологического и инженерно-геологического цикла как «Цифровые системы в гидрогеологии и инженерной геологии», «Динамика подземных вод», «Геотехническое моделирование», «Моделирование гидрогеологических процессов».

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине (знания, умения, навыки), соотношенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-5	Способен применять современные цифровые технологии при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач	ПК-5.1	Решает стандартные гидрогеологические и инженерно-геологические задачи с использованием геоинформационных технологий	<u>Знать</u> : численные методы решения стандартных гидрогеологических и инженерно-геологических задач; геоинформационные технологии и программы (онлайн-ресурсы) обработки результатов исследований <u>Уметь</u> : решать стандартные гидрогеологические и инженерно-геологические задачи с использованием численных методов и геоинформационных технологий <u>Владеть</u> : численными методами и геоинформационными технологиями при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2 /72

Форма промежуточной аттестации – зачет.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		№ 3	
Аудиторные занятия	32	32	
в том числе:	лекции	16	16
	практические		
	лабораторные	16	16

Самостоятельная работа	40	40
в том числе: курсовая работа (проект)		
Форма промежуточной аттестации (экзамен – 36 час., зачет 0 час.)	0	0
Итого:	72	72

### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Методология применения численных методов в гидрогеологии и инженерной геологии	Нечисленная и численная гидрогеологическая и инженерно-геологическая информация. концепция поля геологического параметра. Изоморфизм и изомерность гидрогеологических и инженерно-геологических условий	Численные методы в гидрогеологии и инженерной геологии
1.2	Теоретические основы систем линейных уравнений.	Системы линейных уравнений, нахождение собственных значений и векторов матрицы. Прямые методы (Гаусса, Крамера, матричный).	- « -
1.3	Теоретические основы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	Решение дифференциальных уравнений первого порядка.	- « -
1.4	Теоретические основы решения уравнений с частными производными	Уравнения с разделяющимися переменными, однородные уравнения, линейные уравнения	- « -
1.5	Теоретические основы решения интегральных уравнений	Теория приближения функций. Численные методы анализа. Принцип построения квадратурных формул	- « -
1.6	Задачи интерполяции данных	Постановка проблемы интерполяции. Дефантовы приближения. Теория приближения функций. Погрешность интерполяционных формул	- « -
1.7	Задачи аппроксимации данных	Проблема аппроксимации. Аппроксимация кривых ломаными. Основные методы аппроксимации	- « -
1.8	Комплексный количественный анализ	Интегральные показатели, дискриминантный анализ, факторный анализ.	- « -
<b>2. Практические занятия</b>			
	-	-	Инженерные сооружения
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Решение линейных уравнений	Решение линейных уравнений методом Крамера	- « -
3.2	Решение линейных уравнений	Решение линейных уравнений методом Гауса. Итерационные методы	- « -
3.3	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.	Дифференцирование интерполяционных полиномов. Использование разложения в ряд Тейлора.	
3.4	Решения уравнений с частными производными	Решение уравнения с разделяющимися переменными, однородного уравнения, линейного уравнения	
3.5	Решения интегральных уравнений	Квадратурные формулы Ньютона–Котеса. Квадратурная формула Гаусса	
3.6	Интерполяции данных	Интерполяционный полином Лагранжа. Интерполяция по равноотстоящим узлам. Сплайн - интерполяция	
3.7	Аппроксимация данных	Метод наименьших квадратов. Аппроксимация алгебраическими полиномами. Решения задач средствами Excel.	
3.8	Методы количественного	Количественные оценки гидрогеологических и ин-	

	анализа	женерно-геологических условий (интегральные показатели, дискриминантный анализ, факторный анализ).	
--	---------	--	--

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.1	Методология применения численных методов в гидрогеологии и инженерной геологии	2	-	-	4	6
1.2	Теоретические основы систем линейных уравнений.	2	-	4	6	12
1.3	Теоретические основы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	2	-	2	6	10
1.4	Теоретические основы решения уравнений с частными производными	2	-	2	4	8
1.5	Теоретические основы решения интегральных уравнений	2	-	2	6	10
1.6	Задачи интерполяции данных	2	-	2	4	8
1.7	Задачи аппроксимации данных	2	-	2	4	8
1.8	Комплексный количественный анализ	2	-	2	6	10

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Обучающиеся должны использовать опубликованные учебно-методические пособия по курсу «Численные методы» и сопряженные с ним материалы из перечня основной и дополнительной литературы. Дополнительные ресурсы: электронный учебный курс с оперативно обновляемой информацией и цифровыми ресурсами (электронные программы курсов, электронные варианты учебных пособий и методических рекомендаций, варианты практических заданий, гиперссылки на интернет-ресурсы с быстрым доступом, презентации, тесты, кейс-задания, доступ к внешним видео-ресурсам в рамках электронной среды и др.). В рамках электронной учебной среды реализуется интерактивный вариант общения со студентами в режиме онлайн (электронное обучение и дистанционные образовательные технологии в электронно-образовательной среде университета на программной платформе LMS Moodle).

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 252 с. — ISBN 978-5-8114-7899-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/167179">https://e.lanbook.com/book/167179</a>
2	Фомина, А. В. Численные методы : учебное пособие / А. В. Фомина. — Новокузнецк : НФИ КемГУ, 2018. — 107 с. — ISBN 978-5-8353-2001-1. — Текст : электронный // Лань : электрон-

но-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169558>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Зенков, А. В. Численные методы : учеб. пособие / А. В. Зенков. — Екатеринбург:Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 124 с
4	Крылов В.И. Приближенное вычисление интегралов (2-е изд.). М.: Наука, 1967
5	Ващенко Г.В. Вычислительная математика. Основы алгебраической и тригонометрической интерполяции. Красноярск: СибГТУ, 2008
6	Ворожцов Е.В. Разностные методы решения задач механики сплошных сред (учебное пособие). Новосибирск: НГТУ, 1998

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
7	ЭБС "Университетская библиотека online" <a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a>
8	Научная электронная библиотека <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
9	Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
10	Электронно-библиотечная система «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
11	Электронно-библиотечная система «РУКОНТ» (ИТС Контекстум) <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>
12	Электронно-библиотечная система «Юрайт» <a href="https://lib.vsu.ru/url.php?url=http://www.biblio-online.ru">https://lib.vsu.ru/url.php?url=http://www.biblio-online.ru</a>
13	Электронный учебный курс: Основы численных методов - <a href="http://astro.tsu.ru/OsChMet/1_1.html">http://astro.tsu.ru/OsChMet/1_1.html</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Зенков, А. В. Численные методы : учеб. пособие / А. В. Зенков. — Екатеринбург:Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 124 с
2	Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978
3	Электронный учебный курс: Основы численных методов - <a href="http://astro.tsu.ru/OsChMet/1_1.html">http://astro.tsu.ru/OsChMet/1_1.html</a>

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Программа курса реализуется с применением дистанционных технологий (электронное обучение и дистанционные образовательные технологии в электронно-образовательной среде университета на программной платформе LMS Moodle)

№пп	Программное обеспечение
1	WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc
2	OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc
3	Неисключительные права на ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition
4	Университетская лицензия на программный комплекс для ЭВМ - MathWorks Total Academic Headcount – 25
5	Офисное приложение AdobeReader
6	Офисное приложение DjVuLibre+DjView

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (для проведения занятий лекционного типа): специализированная мебель, Компьютер Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E8400 3.00GHz, ОЗУ 6,00, проектор, экран для проектора  
Учебная аудитория (для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации): специализированная мебель и инвентарь, Компьютеры ПК PET WS Celeron 430 1800/512 RAM/160 GB HDD/S775 ASUS P5KPL-AM (10 шт.), Scanner MUSTEK ScanExpress A3 SP

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Методология применения численных методов в гидрогеологии и инженерной геологии	ПК-5	ПК-5.1	Опрос
2	Теоретические основы систем линейных уравнений.	ПК-5	ПК-5.1	Практическое задание
3	Теоретические основы решения обыкновенных дифференциальных уравнений	ПК-5	ПК-5.1	Практическое задание
4	Теоретические основы решения уравнений с частными производными	ПК-5	ПК-5.1	Практическое задание
5	Теоретические основы решения интегральных уравнений	ПК-5	ПК-5.1	Практическое задание
6	Задачи интерполяции данных	ПК-5	ПК-5.1	Практическое задание
7	Задачи аппроксимации данных	ПК-5	ПК-5.1	Практическое задание
8	Комплексный количественный анализ	ПК-5	ПК-5.1	Практическое задание
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень заданий Комплект КИМ

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций, в том числе при реализации программы курса с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме оценки практических заданий, лабораторных работ, тестирования и др.

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### 1. Практические задания

1. Основные этапы математического моделирования
2. Схема вычислительного эксперимента
3. Виды погрешностей
4. Решение линейных уравнений методом Крамера
5. Решение линейных уравнений методом Гауса.
6. Решение линейных уравнений итерационным методом
7. Дифференцирование интерполяционных полиномов.

8. Решение дифференциального уравнения с использованием разложения в ряд Тейлора.
9. Решение уравнения с разделяющимися переменными.
10. Решение однородного уравнения
11. Решение интегрального уравнения с помощью квадратурной формулы Ньютона–Котеса
12. Решение интегрального уравнения с помощью квадратурной формулы Гауса.
13. Постановка задачи интерполяции функции. Интерполяционный многочлен.
14. Интерполяция с помощью многочлена Лагранжа.
15. Интерполяция по равностоящим узлам.
16. Обратное интерполирование.
17. Интерполирование сплайнами.
18. Построение кубического сплайна.
19. Метод наименьших квадратов.
20. Нахождение приближающей функции в виде линейной и квадратичной функции.
21. Аппроксимация алгебраическими полиномами.
22. дискриминантный анализ инженерно-геологических данных
23. Факторный анализ гидрогеологических данных.

Для оценивания результатов практических занятий используется шкала: «зачтено-не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся выполнил задание	<i>Зачтено</i>
Обучающийся не выполнил задание	<i>Не зачтено</i>

## 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы и практические задания, позволяющие оценить уровень полученных знаний и степень умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

### 1. Примеры вопросов к зачету

1. Нечисленная и численная гидрогеологическая и инженерно-геологическая информация
2. Концепция поля геологического параметра.
3. Изоморфизм и изомерность гидрогеологических и инженерно-геологических условий.
4. Системы линейных уравнений,
5. Нахождение собственных значений и векторов матрицы.
6. Прямые методы (Гаусса, Крамера, матричный)..
7. Теоретические основы решения обыкновенных дифференциальных уравнений
8. Уравнения с разделяющимися переменными.
9. однородные уравнения.
10. Линейные уравнения
11. Теория приближения функций.
12. Численные методы анализа.
13. Принцип построения квадратурных формул.
14. Постановка проблемы интерполяции.
15. Теория приближения функций.
16. Погрешность интерполяционных формул.
17. Проблема аппроксимации.
18. Аппроксимация кривых ломаными.
19. Основные методы аппроксимации.

20. Интегральные показатели.
21. Дискриминантный анализ.
22. Факторный анализ..

## 2. Примеры практических заданий

1. Виды погрешностей
2. Решение линейных уравнений методом Крамера
3. Решение линейных уравнений методом Гауса.
4. Решение линейных уравнений итерационным методом
5. Дифференцирование интерполяционных полиномов.
6. Решение дифференциального уравнения с использованием разложения в ряд Тейлора.
7. Решение уравнения с разделяющимися переменными.
8. Решение однородного уравнения
9. Решение интегрального уравнения с помощью квадратурной формулы Ньютона–Котеса
10. Решение интегрального уравнения с помощью квадратурной формулы Гауса.
11. Постановка задачи интерполяции функции. Интерполяционный многочлен.
12. Интерполяция с помощью многочлена Лагранжа.
13. Интерполяция по равностоящим узлам.
14. Обратное интерполирование.
15. Интерполирование сплайнами.
16. Построение кубического сплайна.
17. Метод наименьших квадратов.
18. Нахождение приближающей функции в виде линейной и квадратичной функции.
19. Аппроксимация алгебраическими полиномами.
20. Дискриминантный анализ инженерно-геологических данных
21. Факторный анализ гидрогеологических данных.
22. Корреляционный анализ данных

Зачет может приниматься в письменной форме с последующим устным ответом на вопросы, может быть выставлен по результатам текущих аттестаций, по результатам выполнения практических занятий и индивидуальных заданий. При реализации курса с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий допускается только устная форма ответа или тестирование.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется шкала: «зачтено», «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, допускает ошибки при решении практических задач	<i>Базовый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен дать ответ на дополнительный вопрос, не умеет применять теоретические знания при решении практических задач	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при решении практической задачи	–	<i>Не зачтено</i>



### 20.3. Фонд оценочных средств сформированности компетенций (перечень заданий)

#### ПК-5 Способен применять современные цифровые технологии при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач

##### 1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. Вероятность случайного события находится в пределах:

- **От 0 до 1**
- От  $-\infty$  до 0
- От 0 до  $\infty$
- От -1 до 1

ЗАДАНИЕ 2. Высокая связь между случайными величинами, если коэффициент детерминации ( $R^2$ ):

- **>0,7**
- 0,1-0,3
- >0
- < 0,3

ЗАДАНИЕ 3. Какая кривая имеет точку перегиба:

- Прямая
- Второго порядка
- Отрезок
- **Третьего порядка**

##### 2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. Метод (ломаных) Эйлера основан на кусочной замене искомой функции полиномом ...

**Ответы:** первой степени.

ЗАДАНИЕ 2. Аппроксимирующая функция  $g(x)$  должна быть ... исходной.

**Ответы:** проще

##### 3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. Описать основные виды погрешностей.

**Ответ:** 1) Погрешность модели. Любая (естественная) наука изучает не природу непосредственно, а те модели, которые создаются самой этой наукой для описания природных явлений. Модель — это идеализированное описание явления, в котором выявлены основные и игнорируются второстепенные свойства явления. Естественно, что моделирование, сопровождаемое огрублением и упрощением, вносит погрешность в результат описания явления. Математическая модель создается на языке математики, но оценка погрешности математической модели есть прерогатива не математики, а той науки, в рамках которой изучается явление.

2) Погрешность исходных данных. Как правило, математическая модель содержит некоторые параметры, зависящие от исходных данных. Поскольку последние определяются обычно из экспериментов, неизбежно сопровождаемых ошибками измерений, возникает погрешность исходных данных.

3) Погрешность метода. После того как математическая модель создана, вычисления в рамках модели обычно можно выполнять по-разному. Сложная математическая задача заменяется более простой. Например, вычисление определенного интеграла заменяется вычислением интегральной суммы. При этом неизбежно возникает погрешность метода вычислений.

4) Погрешность округления. Любые расчеты, выполняемые как вручную, так и с помощью вычислительной техники, производятся с конечным числом цифр, поэтому приходится прибегать к округлению промежуточных и окончательного ответа. Так возникает погрешность округления, которая может накапливаться в ходе вычислений. Даже те результаты, которые получены точными

аналитическими методами, испытывают влияние погрешности округлений и в действительности могут оказаться приближенными.

Полная погрешность является результатом взаимодействия разных видов погрешностей и не может быть меньше, чем наибольшая из составляющих ее погрешностей.

### **Критерии и шкалы оценивания заданий для оценки сформированности компетенций:**

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

#### 1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

#### 2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

#### 3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).