

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра Инженерной гидрологии**

Рабочая программа дисциплины

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
Прикладная гидрология

Уровень:
Бакалавриат

Форма обучения
Очная/заочная

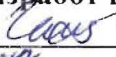
Согласовано
Руководитель ОПОП

 Сакович В.М.

Председатель УМС
 И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета РГГМУ
 24 июня 2021 г., протокол № 9

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
«31» мая 2021 г., протокол № 20/21-10
Зав. кафедрой  Хаустов В.А.

Авторы-разработчики:
 Гайдукова Е.В.
 Викторова Н.В.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – подготовка студентов, обучающихся по профилю «Прикладная гидрология», владеющих углубленными знаниями, умениями и навыками в области численного решения дифференциальных уравнений, используемых в методах прогноза гидрометеорологических характеристик.

Задачи:

- освоение методов решения дифференциальных уравнений, используемых в гидрометеорологических прогнозах;
- формирование навыков применения компьютерных технологий для реализации численных методов;
- изучение математической и алгоритмической составляющей численных методов, применяемых при решении прогностических задач.
- умение отбирать наиболее эффективные численные методы решения конкретной задачи.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Численные методы решения гидрометеорологических задач» относится к обязательным дисциплинам Блока 1. Дисциплины (модули).

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Физика», «Информатика», «Математическое моделирование гидрологических процессов».

Параллельно с дисциплиной «Численные методы решения гидрометеорологических задач» изучаются дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений: «Математическое моделирование гидрологических процессов», «Гидрологические расчеты», «Гидрологические прогнозы», «Динамика русловых потоков», «Техногенное воздействие на подземный сток и методы его оценки», «Современные технологии в изысканиях».

Дисциплина «Численные методы решения гидрометеорологических задач» является базовой для освоения дисциплин магистратуры: «Моделирование природных процессов», «Статистический и режимный контроль исходной информации».

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций: ОПК-3.

Таблица 1.

Общепрофессиональные компетенции		
Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Результаты обучения
ОПК-3. Способен использовать базовые знания в области гидрометеорологии при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Выбирает методы решения профессиональной задачи, используя базовые знания в области гидрометеорологии.	Знать: методы решения профессиональной задачи, используя базовые знания в области гидрометеорологии. Уметь: выбирать методы решения профессиональной задачи, используя базовые знания в области гидрометеорологии.

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции	Результаты обучения
		Владеть: методами решения профессиональной задачи, используя базовые знания в области гидрометеорологии.
	ОПК-3.2. Анализирует и интерпретирует данные наблюдений, измерений, результаты теоретических расчетов и моделирования с учетом базовых знаний в области гидрометеорологии.	Знать: способы анализа и интерпретации данных наблюдений, измерений, результатов теоретических расчетов и моделирования с учетом базовых знаний в области гидрометеорологии. Уметь: анализировать и интерпретировать данные наблюдений, измерений, результаты теоретических расчетов и моделирования с учетом базовых знаний в области гидрометеорологии. Владеть: способами анализа и интерпретации данных наблюдений, измерений, результатов теоретических расчетов и моделирования с учетом базовых знаний в области гидрометеорологии.
	ОПК-3.3. Получает качественные и количественные результаты решения профессиональных задач.	Знать: качественные и количественные результаты решения профессиональных задач. Уметь: получать качественные и количественные результаты решения профессиональных задач. Владеть: способами получения качественных и количественных результатов решения профессиональных задач.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 академических часа.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Объем дисциплины	144	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	56	16
в том числе:	-	-
лекции	28	8
занятия семинарского типа:		
практические занятия	28	8
лабораторные занятия		
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	88	128
в том числе:	-	-
курсовая работа	–	–
контрольная работа	–	–
Вид промежуточной аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	Математические модели в задачах прогнозирования	7	4	–	12	Тест	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3
2	Модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений	7	8	10	28	Тест, расчетные задания	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3

№	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
3	Модели в виде дифференциальных уравнений в частных производных	7	8	10	28	Тест, расчетные задания	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3
4	Решение системы алгебраических уравнений	7	8	8	20	Тест, расчетные задания	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3
	ИТОГО	-	28	28	88	-	-	-

Таблица 4.

Структура дисциплины для заочной формы обучения

№	Раздел дисциплины	Год	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	Математические модели в задачах прогнозирования	5	2	–	30	Тест	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3
2	Модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений	5	2	2	30	Тест, расчетные задания	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3
3	Модели в виде дифференциальных уравнений в частных производных	5	2	4	34	Тест, расчетные задания	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3
4	Решение системы алгебраических уравнений	5	2	2	34	Тест, расчетные задания	ОПК-3	ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3
	ИТОГО	-	8	8	128	-	-	-

4.3. Содержание разделов дисциплины

1. Математические модели в задачах прогнозирования

Место математических моделей при разработке методов прогнозирования гидрологических величин. Проблемы, связанные с реализацией моделей. Выбор структуры модели. Выбор численной схемы решения. Идентификация параметров моделей. Реализация моделей в схемах прогнозов.

2. Модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений

Использование моделей в виде обыкновенных дифференциальных уравнений в гидрологических прогнозах. Задача Коши. Одношаговые методы решения задачи Коши: метод Эйлера, методы Рунге-Кутты. Многошаговые методы решения. Методы типа «прогноз-коррекция». Улучшенные многошаговые методы. Контроль величины шага и устойчивость. Краевые задачи. Метод стрельбы. Использование пакета Nonlinear Control Design для моделирования и оптимизации гидрометрической нелинейной модели в виде уравнения Риккати с сосредоточенными параметрами и переменными коэффициентами. Методы численной реализации уравнения Риккати.

3. Модели в виде дифференциальных уравнений в частных производных

Элементы теории разностных схем. Построение разностных схем. Линейный анализ корректности дискретизации (сходимость и ошибка аппроксимации, численная устойчивость, амплитудно-фазовые изображения).

Классификация уравнений.

Приведение уравнений в частных производных к обыкновенным дифференциальным уравнениям.

Разностные методы численного решения уравнений в частных производных.

Уравнения первого порядка и второго порядков: примеры решений.

Одномерные и двумерные модели с распределенными параметрами. Варианты конечно-разностных аппроксимаций. Явные схемы. Неявные схемы.

4. Решение системы алгебраических уравнений

Определения: определители (детерминанты), минор k -го порядка матрицы, адьюнкт, линейная комбинация.

Свойства определителей. Вычисление ранга матрицы. Система неоднородных уравнений (свойства, способы решения). Система однородных уравнений (свойства, способы решения).

Прямые методы решения системы линейных алгебраических уравнений. Метод Крамера. Метод Гаусса с постолбцовым выбором главного элемента. Метод исключения Гаусса и выбор главного элемента.

Итеративные методы для линейных систем. Итерация Якоби. Итерация Гаусса-Зейделя.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5.

Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
2	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера	4	–
2	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Рунге-Кутты	2	–
2	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод «прогноз-коррекция»	2	–
2	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Многошаговые методы	2	–
3	Построение разностных схем для дифференциальных уравнений в частных производных	2	–
3	Численные схемы решений уравнений первого порядка.	2	–
3	Численные схемы решений уравнений второго порядка.	2	–
3	Численное решение уравнения теплопроводности (неявная схема)	2	–
3	Численное решение уравнения теплопроводности (явная схема)	2	–
4	Вычисление определителя и ранга матрицы	2	–
4	Идентификация однородных и неоднородных систем линейных алгебраических уравнений	2	–
4	Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Крамера и Гаусса	2	–
4	Решение систем линейных алгебраических уравнений методом итераций	2	–

Таблица 6.

Содержание практических занятий для заочной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
2	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера и Рунге-Кутты.	2	–
3	Построение разностных схем для дифференциальных уравнений в частных производных	4	–
3	Численные схемы решений уравнений первого и второго порядков.		–

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
3	Численное решение уравнения теплопроводности (неявная схема)		—
3	Численное решение уравнения теплопроводности (неявная схема)		—
4	Вычисление определителя и ранга матрицы	2	—
4	Идентификация однородных и неоднородных систем линейных алгебраических уравнений		—
4	Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Крамера и Гаусса		—

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу, презентации лекций и практических работ. Освоение материалом и выполнение практических работ проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 70;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 10;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 20.

6.1. Текущий контроль

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен.

Форма проведения зачета: тестирование.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.3

1. Численные методы. Основные понятия (методы решения дифференциальных задач, основные требования, предъявляемые к численным методам).
2. Понятие погрешности (абсолютная, относительная).
3. Источники погрешностей.
4. Устойчивость, корректность, сходимость.
5. Уравнения в частных производных.
6. Понятие производной.
7. Шаблон неявной схемы.
8. Шаблон явной схемы.
9. Понятие нормы.

10. Методы построения конечно-разностных схем.
11. Конечно разностные методы решения эволюционных задач (уравнений параболического типа).
12. Схема Кранка–Николсон.
13. Определитель, несовместная система, ранг.
14. Метод Крамера для решения СЛАУ.
15. Метод Гаусса для решения СЛАУ.
16. Итерационные методы Якоби и Гаусса–Зейделя.
17. Метод Рунге–Кутта.
18. Функция для реализации метода Эйлера.
19. Какой метод реализуется функцией ode45?
20. Функция для решения СЛАУ методом Гаусса.
21. Как запустить модуль Simulink?
22. Как создать новый М-файл?
23. Какой метод реализуется в Simulink при решении уравнений в частных производных?
24. Оператор для нахождения решения СЛАУ?
25. Сколько надо создать М-файлов для решения методом Эйлера дифференциальных уравнений?
26. Что означают цифры в функции ode45?
27. Функция для нахождения определителя матрицы.
28. Функция для вычисления ранга матрицы.
29. Как узнать совместная ли СЛАУ?
30. Какие способы решения ДУ имеются в Matlab?
31. Функция для реализации метода Рунге–Кутта.
32. Функция для решения ДУ в частных производных.
33. Как добиться выполнения схемы Simulink из командного окна?
34. Три выражения для нахождения решения СЛАУ.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 7.

Распределение баллов по видам учебной работы

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0–10
Выполнение практических заданий	0–60
Выступление с докладом	0–10
Промежуточная аттестация	0–20
ИТОГО	0–100

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 70 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 8.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	65-84
Удовлетворительно	40-64
Неудовлетворительно	0-39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Численные методы решения гидрометеорологических задач».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Гайдукова Е.В., Викторова Н.В. Численные методы в гидрологии // Направление подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология, Профиль подготовки – Прикладная гидрология, Квалификация – бакалавр / Санкт-Петербург, 2020. 112 с.
2. Вагер Б.Г. Численные методы решения дифференциальных уравнений. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 126 с.
3. Емельянов, В. Н. Численные методы: введение в теорию разностных схем : учебное пособие для академического бакалавриата / В. Н. Емельянов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 188 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-06617-3. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/5A97B60B-81DD-46CA-A884-DB21BDE8C603. Вержбицкий В.М. Основы численных методов. – М.: Высшая школа, 2005.
4. Коваленко В.В., Викторова Н.В., Гайдукова Е.В. Моделирование гидрологических процессов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006. – 559 с.

Дополнительная литература

1. Турчак Л.И., Плотников П.В. Основы численных методов. – М.: Физматлит, 2002. – 304 с.
2. Коваленко В.В., Лубяной А.В., Хаустов В.А. Задачи по моделированию гидрологических процессов. – СПб.: изд. РГГМУ, 1998.
3. Кюнж Ж.А., Холи Ф.М., Вербей А. Численные методы в задачах речной гидравлики. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. Джон Г. Мэтьюз, Куртис Д. Финк. Численные методы. Использование MatLab. – М.: изд. дом «Вильямс», 2001.
5. Дьяконов В. Matlab 6. – СПб: Питер, 2002.
6. Дьяконов В., Круглов В. MatLab. Анализ, идентификация и моделирование систем. – СПб.: Питер, 2001.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Знакомство с матричной лабораторией MATLAB (электронный учебник). <http://clubmt.ru/Matlab/index.html>
2. Математика MATLAB Электронный учебник. <http://atomas.ru/mat/Matlab/>
3. Численные методы решения уравнений - книга / Учебник по математике. http://studentlib.com/kniga_uchebnik-288538-chislennyye_metody_resheniya_uravneniy.html

8.3. Перечень программного обеспечения

1. Microsoft Windows (48130165 21.02.2011)
2. Microsoft Office (49671955 01.02.2012)

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. ЭБС «ГидроМетеоОнлайн». Режим доступа: <http://elib.rshu.ru/>
2. Национальная электронная библиотека (НЭБ). Режим доступа: <https://нэб.рф>
3. ЭБС «Znanium». Режим доступа: <http://znanium.com/>
4. ЭБС «Перспект Науки». Режим доступа: <http://www.prospektnauki.ru/>
5. Электронно-библиотечная система eLibrary. Режим доступа: <https://elibrary.ru/>
6. Электронная библиотека РГО. Режим доступа: <http://lib.rgo.ru/dsweb/HomePage>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН. Режим доступа: <http://www.spsl.nsc.ru>
8. Российская государственная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru/>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. База данных Web of Science
2. База данных Scopus

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: портативным компьютером (ноутбук), переносным экраном, мультимедиа-проектором.

Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: компьютерами для студентов и преподавателя.

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации. Самостоятельная работа проводится в читальном зале библиотеки, а также в Бюро гидрологических прогнозов, укомплектованного: компьютерами, копировально-множительной техникой, мультимедиа оборудованием (переносные проектор, экран).

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования Бюро гидрологических прогнозов – укомплектовано специализированной мебелью

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2022/2023 учебный год без изменений.

Протокол заседания кафедры инженерной гидрологии от 21.06.2022 № 11