

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра гидрофизики и гидропрогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ В ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОГНОЗАХ**

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы магистратуры по направлению подготовки

05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
**«Инженерная гидрология и рациональное использование
водных ресурсов»**


Квалификация:
Магистр



Форма обучения
Очная/заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП
«Инженерная гидрология и
рациональное использование
водных ресурсов»

 Барышников Н.Б.

Утверждаю
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением
Учебно-методического совета
 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
 2019 г., протокол № 9
Зав. кафедрой  Хаустов В.А.

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

1. Цели освоения дисциплины

Цель дисциплины – подготовка магистров, обучающихся по профилю «Инженерная гидрология и рациональное использование водных ресурсов», владеющих углубленными знаниями, умениями и навыками в области численного решения дифференциальных уравнений, используемых в методах прогноза гидрологических характеристик.

Основными задачами дисциплины являются:

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

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Численные методы в гидрологических прогнозах» для направления подготовки 05.04.05 «Прикладная гидрометеорология» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1. Дисциплины (модули) и изучается студентами, обучающимися по направленности (профилю) магистерской подготовки – «Инженерная гидрология и рациональное использование водных ресурсов».

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин бакалавриата: «Математика», «Информатика», «Гидрологические прогнозы», а также дисциплины магистратуры: «Компьютерные технологии в гидрометеорологии», «Оценка изменений гидрологического режима при антропогенных воздействиях».

Параллельно с дисциплиной «Численные методы в гидрологических прогнозах» изучаются дисциплины: «Иностранный язык (продвинутый уровень)», «Специальные главы физики атмосферы, океана и вод суши», «Специальные главы статистического анализа процессов и полей», «Философские проблемы естествознания», «Водное хозяйство и регулирование речного стока», а также дисциплины по выбору: «Специальные главы теории и практики гидрологических расчетов», «Физико-статистические прогнозы ледового режима рек, озер и водохранилищ», «Пойменные процессы», «Евтрофирование водоемов», «Диагноз и прогноз элементов гидрологического режима методами многомерного статистического анализа», «Эрозионные процессы на водосборах», «Математические методы анализа в гидрологии», «Гидрологические расчеты и прогнозы на озерах и водохранилищах», «Специальные главы гидрологии озер и водохранилищ», «Саморегулирующиеся системы в гидрологии», «Динамика и термика озер и водохранилищ».

Дисциплина «Численные методы в гидрологических прогнозах» является базовой для освоения дисциплин: «Моделирование природных процессов», «Обеспечение устойчивости моделирования и прогнозирования речного стока методами частично инфинитной гидрологии», «Статистический и режимный контроль исходной информации прогностических зависимостей».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций.

Код компетенции	Компетенция
ОПК-4	Способность ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований
ОПК-5	Готовность делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов научных исследований
ПК-1	Понимание и творческое использование в научной деятельности знаний фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин
ПК-3	Умение анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных технологий результаты научно-исследовательских работ, имеющих гидрометеорологическую направленность
ППК-3	Готовность осуществлять первичную обработку и обобщение гидрометеорологических данных, расчеты и прогнозы гидрометеорологических характеристик с использованием информационных и вычислительных систем и технологий

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Численные методы в гидрологических прогнозах» обучающийся должен:

Знать:

- фундаментальные и прикладные разделы специальных дисциплин гидрометеорологического профиля, необходимые при решении прогностических задач;
- виды математических моделей, применяемых в гидрологических прогнозах;
- разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде обыкновенных дифференциальных уравнений;
- разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных.

Уметь:

- ставить математическую задачу;
- определять тип используемого дифференциального уравнения;
- подбирать наилучшую численную схему при решении прогностической задачи;
- оценивать устойчивость применяемых численных схем;
- использовать современные технологии при решении прогностических задач;
- интерпретировать и представлять полученные результаты.

Владеть:

- навыками первичной обработки и подготовки исходной гидрометеорологической информации;
- навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей;
- навыками работы с вычислительными системами для решения дифференциальных уравнений на ЭВМ.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Численные методы в гидрологических прогнозах» сведены в таблицу.

Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компе- тенции	Планируемый резуль- тат обучения (показате- ли достижения заданного уровня освоения компе- тенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
ОПК-4 Первый этап (уровень)	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований 	Не знает: <ul style="list-style-type: none"> • ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований 	Недостаточно знает: <ul style="list-style-type: none"> • ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований 	Хорошо знает: <ul style="list-style-type: none"> • ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований 	Отлично знает. Свободно описывает: <ul style="list-style-type: none"> • ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований
	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять качественные и количественные методы их анализа; • ставить математическую задачу 	Не умеет: <ul style="list-style-type: none"> • собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять качественные и количественные методы их анализа; • ставить математическую задачу 	Затрудняется: <ul style="list-style-type: none"> • собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять качественные и количественные методы их анализа; • ставить математическую задачу 	Умеет: <ul style="list-style-type: none"> • собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять качественные и количественные методы их анализа; • ставить математическую задачу 	Умеет свободно: <ul style="list-style-type: none"> • собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять качественные и количественные методы их анализа; • ставить математическую задачу
	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> • современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в профессиональной области; • профессиональной терминологией; • навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей 	Не владеет: <ul style="list-style-type: none"> • современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в профессиональной области; • профессиональной терминологией; • навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей 	Недостаточно владеет: <ul style="list-style-type: none"> • современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в профессиональной области; • профессиональной терминологией; • навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей 	Хорошо владеет: <ul style="list-style-type: none"> • современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в профессиональной области; • профессиональной терминологией; • навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей 	Свободно владеет: <ul style="list-style-type: none"> • современными методами, инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в профессиональной области; • профессиональной терминологией; • навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей

Этап (уровень) освоения компе- тенции	Планируемый ре- зультат обучения (показатели достиже- ния заданного уровня освоения компетен- ций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
ОПК-5 Первый этап (уровень)	Знать: • основные требования к составлению практических рекомендаций	Не знает: • основные требования к составлению практических рекомендаций	Недостаточно знает: • основные требования к составлению практических рекомендаций	Хорошо знает: • основные требования к составлению практических рекомендаций	Отлично знает. Свободно описывает: • основные требования к составлению практических рекомендаций
	Уметь: • применять понятийно-категориальный аппарат в профессиональной деятельности; • делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов исследований • интерпретировать и представлять полученные результаты • правильно оформлять полученные результаты	Не умеет: • применять понятийно-категориальный аппарат в профессиональной деятельности; • делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов исследований • интерпретировать и представлять полученные результаты • правильно оформлять полученные результаты	Затрудняется: • применять понятийно-категориальный аппарат в профессиональной деятельности; • делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов исследований • интерпретировать и представлять полученные результаты • правильно оформлять полученные результаты	Умеет: • применять понятийно-категориальный аппарат в профессиональной деятельности; • делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов исследований • интерпретировать и представлять полученные результаты • правильно оформлять полученные результаты	Умеет свободно: • применять понятийно-категориальный аппарат в профессиональной деятельности; • делать выводы и составлять практические рекомендации по использованию результатов исследований • интерпретировать и представлять полученные результаты • правильно оформлять полученные результаты
	Владеть: • способностью к обобщению и анализу информационного материала	Не владеет: • способностью к обобщению и анализу информационного материала	Недостаточно владеет: • способностью к обобщению и анализу информационного материала	Хорошо владеет: • способностью к обобщению и анализу информационного материала	Свободно владеет: • способностью к обобщению и анализу информационного материала

Этап (уровень) освоения компе- тенции	Планируемый ре- зультат обучения (показатели достиже- ния заданного уровня освоения компетен- ций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
ПК-1 Первый этап (уровень)	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • фундаментальные и прикладные разделы специальных дисциплин гидрометеорологического профиля, необходимые при решении прогностических задач; • виды математических моделей, применяемых в гидрологических прогнозах 	Не знает: <ul style="list-style-type: none"> • фундаментальные и прикладные разделы специальных дисциплин гидрометеорологического профиля, необходимые при решении прогностических задач; • виды математических моделей, применяемых в гидрологических прогнозах 	Недостаточно знает: <ul style="list-style-type: none"> • фундаментальные и прикладные разделы специальных дисциплин гидрометеорологического профиля, необходимые при решении прогностических задач; • виды математических моделей, применяемых в гидрологических прогнозах 	Хорошо знает: <ul style="list-style-type: none"> • фундаментальные и прикладные разделы специальных дисциплин гидрометеорологического профиля, необходимые при решении прогностических задач; • виды математических моделей, применяемых в гидрологических прогнозах 	Отлично знает. Свободно описывает: <ul style="list-style-type: none"> • фундаментальные и прикладные разделы специальных дисциплин гидрометеорологического профиля, необходимые при решении прогностических задач; • виды математических моделей, применяемых в гидрологических прогнозах
	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • понимать и творчески использовать в научной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин • определять тип используемого дифференциального уравнения 	Не умеет: <ul style="list-style-type: none"> • понимать и творчески использовать в научной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин • определять тип используемого дифференциального уравнения 	Затрудняется: <ul style="list-style-type: none"> • понимать и творчески использовать в научной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин • определять тип используемого дифференциального уравнения 	Умеет: <ul style="list-style-type: none"> • понимать и творчески использовать в научной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин • определять тип используемого дифференциального уравнения 	Умеет свободно: <ul style="list-style-type: none"> • понимать и творчески использовать в научной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных гидрометеорологических дисциплин • определять тип используемого дифференциального уравнения
	Владеть: <ul style="list-style-type: none"> • навыками самостоятельной работы со специализированной литературой 	Не владеет: <ul style="list-style-type: none"> • навыками самостоятельной работы со специализированной литературой 	Недостаточно владеет: <ul style="list-style-type: none"> • навыками самостоятельной работы со специализированной литературой 	Хорошо владеет: <ul style="list-style-type: none"> • навыками самостоятельной работы со специализированной литературой 	Свободно владеет: <ul style="list-style-type: none"> • навыками самостоятельной работы со специализированной литературой

Этап (уровень) освоения компе- тенции	Планируемый ре- зультат обучения (показатели достиже- ния заданного уровня освоения компетен- ций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
ПК-3 Первый этап (уровень)	Знать: • методы анализа и об- работки информации с помощью современ- ных программно- вы- числительных средств, согласно поставлен- ным задачам.	Не знает: • методы анализа и обработки информации с помощью со- временных программно- вы- числительных средств, со- гласно поставленным зада- чам.	Недостаточно знает: • методы анализа и обработки информации с помощью со- временных программно- вы- числительных средств, со- гласно поставленным зада- чам.	Хорошо знает: • методы анализа и обработки информации с помощью со- временных программно- вы- числительных средств, со- гласно поставленным зада- чам.	Отлично знает. Свободно описывает: • методы анализа и обработки информации с помощью со- временных программно- вы- числительных средств, со- гласно поставленным зада- чам.
	Уметь: • анализировать резуль- таты теоретических и экспериментальных исследований; • использовать совре- менные технологии при решении прогно- стических задач	Не умеет: • анализировать результаты теоретических и экспери- ментальных исследований; • использовать современные технологии при решении прогностических задач	Затрудняется: • анализировать результаты теоретических и экспери- ментальных исследований; • использовать современные технологии при решении прогностических задач	Умеет: • анализировать результаты теоретических и экспери- ментальных исследований; • использовать современные технологии при решении прогностических задач	Умеет свободно: • анализировать результаты теоретических и экспери- ментальных исследований; • использовать современные технологии при решении прогностических задач
	Владеть: • навыками владения современной техникой и методами исследова- ния в области гидро- метеорологии	Не владеет: • навыками владения совре- менной техникой и метода- ми исследования в области гидрометеорологии	Недостаточно владеет: • навыками владения совре- менной техникой и метода- ми исследования в области гидрометеорологии	Хорошо владеет: • навыками владения совре- менной техникой и метода- ми исследования в области гидрометеорологии	Свободно владеет: • навыками владения совре- менной техникой и метода- ми исследования в области гидрометеорологии

Этап (уровень) освоения компете- нции	Планируемый резуль- тат обучения (показа- тели достижения задан- ного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
ППК-3 Первый этап (уровень)	Знать: <ul style="list-style-type: none"> • методы анализа и обработки информации с помощью современных программно-вычислительных средств, согласно поставленным задачам. • разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде обыкновенных дифференциальных уравнений; • разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных 	Не знает: <ul style="list-style-type: none"> • методы анализа и обработки информации с помощью современных программно-вычислительных средств, согласно поставленным задачам. • разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде обыкновенных дифференциальных уравнений; • разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных 	Недостаточно знает: <ul style="list-style-type: none"> • методы анализа и обработки информации с помощью современных программно-вычислительных средств, согласно поставленным задачам. • разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде обыкновенных дифференциальных уравнений; • разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных 	Хорошо знает: <ul style="list-style-type: none"> • методы анализа и обработки информации с помощью современных программно-вычислительных средств, согласно поставленным задачам. • разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде обыкновенных дифференциальных уравнений; • разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных 	Отлично знает. Свободно описывает: <ul style="list-style-type: none"> • методы анализа и обработки информации с помощью современных программно-вычислительных средств, согласно поставленным задачам. • разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде обыкновенных дифференциальных уравнений; • разностные схемы, применяемые при численной реализации моделей в виде дифференциальных уравнений в частных производных
	Уметь: <ul style="list-style-type: none"> • анализировать и обрабатывать первичную гидрометеорологическую информацию с помощью современных программно-вычислительных средств • оценивать устойчивость применяемых численных схем 	Не умеет: <ul style="list-style-type: none"> • анализировать и обрабатывать первичную гидрометеорологическую информацию с помощью современных программно-вычислительных средств • оценивать устойчивость применяемых численных схем 	Затрудняется: <ul style="list-style-type: none"> • анализировать и обрабатывать первичную гидрометеорологическую информацию с помощью современных программно-вычислительных средств • оценивать устойчивость применяемых численных схем 	Умеет: <ul style="list-style-type: none"> • анализировать и обрабатывать первичную гидрометеорологическую информацию с помощью современных программно-вычислительных средств • оценивать устойчивость применяемых численных схем 	Умеет свободно: <ul style="list-style-type: none"> • анализировать и обрабатывать первичную гидрометеорологическую информацию с помощью современных программно-вычислительных средств • оценивать устойчивость применяемых численных схем

Этап (уровень) освоения компе- тенции	Планируемый резуль- тат обучения (показа- тели достижения задан- ного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
ППК-3 Первый этап (уровень)	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками обработки первичной гидрометеорологической информации; • навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей; • навыками работы с вычислительными системами для решения дифференциальных уравнений на ЭВМ 	<p>Не владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками обработки первичной гидрометеорологической информации; • навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей; • навыками работы с вычислительными системами для решения дифференциальных уравнений на ЭВМ 	<p>Недостаточно владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками обработки первичной гидрометеорологической информации; • навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей; • навыками работы с вычислительными системами для решения дифференциальных уравнений на ЭВМ 	<p>Хорошо владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками обработки первичной гидрометеорологической информации; • навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей; • навыками работы с вычислительными системами для решения дифференциальных уравнений на ЭВМ 	<p>Свободно владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками обработки первичной гидрометеорологической информации; • навыками расчета и прогноза гидрометеорологических характеристик с использованием численных моделей; • навыками работы с вычислительными системами для решения дифференциальных уравнений на ЭВМ

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы 108 часов.

*Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий
(в академических часах)*

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
Контактная работа обучающихся с преподавателям – всего:	42	12
в том числе:		
лекции	14	4
практические занятия (семинары)	28	8
Самостоятельная работа	66	96
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)	Зачет	Зачет

4.1. Структура дисциплины

Очное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинары, практические занятия	Самост. работа			
1	Математические модели в задачах прогнозирования	2	2	2	10	Доклад на семинаре, тест, расчетные задания	–	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
2	Модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений	2	4	8	18	Тест, расчетные задания	2	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
3	Модели в виде дифференциальных уравнений в частных производных	2	4	8	20	Тест, расчетные задания	2	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
4	Решение системы алгебраических уравнений	2	4	10	18	Тест, расчетные задания	2	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
	ИТОГО		14	28	66		6	

Заочное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинары, практические занятия	Самост. работа			
1	Математические модели в задачах прогнозирования	2	2	–	10	Тест, расчетные задания	–	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
2	Модели в виде обыкновенных дифференциальных уравнений	2	–	2	28	Тест, расчетные задания	2	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
3	Модели в виде дифференциальных уравнений в частных производных	2	1	2	28	Тест, расчетные задания	2	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
4	Решение системы алгебраических уравнений	2	1	4	30	Тест, расчетные задания	2	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
ИТОГО			4	8	96		6	

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1. 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.

4.2.2. 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 «прогноскооррекция». 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.

4.2.3. 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.

4.2.4. 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.

4.3. Семинарские и практические занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика семинарских занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Место математических моделей при разработке методов прогнозирования гидрологических величин	Семинар	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
2	1	Проблемы, связанные с реализацией моделей	Семинар	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
3	2	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
4	2	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Рунге-Кутта	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
5	2	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод «прогноз-коррекция»	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
6	2	Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Многошаговые методы	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика семинарских занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
7	2	Методы численной реализации уравнения Рикатти	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
8	3	Построение разностных схем для дифференциальных уравнений в частных производных	Семинар	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
9	3	Линейный анализ корректности дискретизации	Семинар	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
10	3	Численные схемы решений уравнений первого порядка.	Семинар	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
11	3	Численные схемы решений уравнений второго порядка.	Семинар	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
12	3	Численное решение волнового уравнения	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
13	3	Численное решение уравнения теплопроводности (неявная схема)	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
14	3	Численное решение уравнения теплопроводности (неявная схема)	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
15	4	Вычисление определителя и ранга матрицы	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
16	4	Идентификация однородных и неоднородных систем линейных алгебраических уравнений	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
17	4	Решение систем линейных алгебраических уравнений методом Крамера и Гаусса	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3
18	4	Решение систем линейных алгебраических уравнений методом итераций	Расчетное задание	ОПК-4, ОПК-5, ПК-1, ПК-3, ППК-3

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

5.1. Текущий контроль:

а) Примерные темы докладов, сообщений

Место математических моделей при разработке методов прогнозирования гидрологических величин

Проблемы, связанные с реализацией моделей

Построение разностных схем для дифференциальных уравнений в частных производных

Линейный анализ корректности дискретизации
 Численные схемы решений уравнений первого порядка.
 Численные схемы решений уравнений второго порядка.
 Свойства систем линейных алгебраических уравнений.
 Решение однородных и неоднородных систем линейных алгебраических уравнений.

б) Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля

Задание 1. ЧЕМ ХАРАКТЕРИЗУЮТСЯ ПРЯМЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СЛАУ?

- А. Прямые методы – это методы, которые приводят к решению за конечное число арифметических операций
- В. Прямые методы – это методы, в которых точное решение может быть получено лишь в результате бесконечного повторения единообразных, простых действий
- С. Прямые методы – это методы, которые не приводят к решению СЛАУ

Задание 2. ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ КОЛИЧЕСТВО ЗАДАВАЕМЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ?

- А. От степени производной по времени
- В. От типа применяемой схемы (явная или неявная)
- С. От степени старшей производной

Задание 3. КАКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДИСКРИМИНАНТА $D = b^2 - ac$ СООТВЕТСТВУЕТ ПАРАБОЛИЧЕСКОМУ ТИПУ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗСОДНЫХ?

- А. $D > 0$
- В. $D < 0$
- С. $D = 0$

в) Образец расчетного задания

Реализация модели склонового стока с сосредоточенными параметрами с использованием различных численных схем

Условие задачи. На водосбор выпадают осадки с интенсивностью, значения которой приведены в таблице 1. Время добегания на водосборе составляет $\tau = 2$ ч; коэффициент стока $k = 0.16$. Начальный расход составляет $10 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Таблица 1. Внешнее воздействие на систему

t ч	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$X \text{ м}^3/\text{ч}$	200	500	500	300	150	0	0	0	0	0

Необходимо рассчитать величину расхода воды в замыкающем створе, используя численное решение динамической модели склонового стока в следующем виде $\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{\tau}Q + \frac{kQ}{\tau}$. При решении необходимо рассмотреть три варианта численных схем: метод Эйлера, метод Рунге-Кутты и метод Адамса-Бешфорса-Майлтона.

Полученные результаты необходимо занести в таблицу 2 и отобразить графически. Представить теоретическую часть, полученные результаты, выводы по работе, листинги программ, электронную версию программ.

Таблица 2. Результаты расчетов расходов воды в замыкающем створе при различных численных схемах

Т, ч	Расходы воды в замыкающем створе		
	Метод Эйлера	Метод Рунге-Кутта	Метод Адамса-Бешфорса-Майлтона.

5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

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.

Студенты выполняют расчетно-графические работы. Выполнение работы проходит при регулярных консультациях с преподавателем. Приступая к выполнению работы, студент, прежде всего, должен ознакомиться с имеющейся по исследуемому вопросу литературой. Полученные результаты должны быть оценены, проанализированы.

5.3. Промежуточный контроль: зачет

Перечень вопросов к зачету

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.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Вагер Б.Г. Численные методы решения дифференциальных уравнений. – СПб.: изд. РГГМУ, 2005. – 126 с.
2. Коваленко В.В., Викторова Н.В., Гайдукова Е.В. Моделирование гидрологических процессов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2006. – 559 с.
3. Пименов, В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 1 : учебное пособие для вузов / В. Г. Пименов. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 111 с. — (Серия : Университеты России). —

ISBN 978-5-534-04681-6.- Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/E2DB1B52-AC50-4959-9E63-7FFE2239DC88/chislennye-metody-v-2-ch-ch-1>

4. Пименов, В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 2 : учебное пособие для вузов / В. Г. Пименов, А. Б. Ложников. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 107 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-04683-0. - Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/513A504B-789E-49C9-B42D-A5961E985F14/chislennye-metody-v-2-ch-ch-2>

б) 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.

7. 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.

в) Программное обеспечение:

windows 7 48130165 21.02.2011

office 2010 49671955 01.02.2012

г) Интернет-ресурсы:

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-chislennye_metody_resheniya_uravneniy.html

д) Профессиональные базы данных:

- База данных Web of Science
- База данных Scopus

е) Информационные справочные системы

- ЭБС «ГидроМетеоОнлайн». Режим доступа: <http://elib.rshu.ru/>
- Национальная электронная библиотека (НЭБ). Режим доступа: <https://нэб.рф>
- ЭБС «Znaniium». Режим доступа: <http://znaniium.com/>
- ЭБС «Перспект Науки». Режим доступа: <http://www.prospektnauki.ru/>
- Электронно-библиотечная система elibrary. Режим доступа: <https://elibrary.ru/>
- Электронная библиотека РГО. Режим доступа: <http://lib.rgo.ru/dsweb/HomePage>
- Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН. Режим доступа: <http://www.spsl.nsc.ru>
- Российская государственная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru/>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.</p> <p>Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.</p> <p>Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.</p>
Практические, семинарские занятия	<p>Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.</p> <p>Написание программы с использованием IBM-совместимых компьютеров.</p>
Подготовка к зачету	<p>При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, изучить рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к зачету и т.д.</p>

8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
<p>Математические модели в задачах прогнозирования</p> <p>Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений</p> <p>Методы решения уравнений в частных производных</p>	<p>Образовательные технологии:</p> <ul style="list-style-type: none"> • интерактивное взаимодействие педагога и аспиранта; • сочетание индивидуального и коллективного обучения; • занятия, проводимые в форме диалога, дискуссии; • технология развития критического мышления <p>Информационные технологии:</p> <ul style="list-style-type: none"> • проведение занятий с использованием слайд-презентаций; 	<p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows • Microsoft Office <p>Информационно-справочные системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ЭБС «ГидроМетеоОнлайн» • Национальная электронная библиотека (НЭБ) • ЭБС «Znanium» • ЭБС «Перспектив Науки» • Электронно-библиотечная система eLibrary • ЭБС «Юрайт» <p>Профессиональные базы данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Всероссийский научно-

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
	<ul style="list-style-type: none"> • организация взаимодействия педагога с аспирантом посредством электронной информационно-образовательной среды • использование профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 	<p>исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных</p> <ul style="list-style-type: none"> • База данных Web of Science • База данных Scopus

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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

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

Учебная аудитории для проведения лабораторных занятий – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: портативным компьютером (ноутбуком), переносным экраном, мультимедиа-проектором.

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).

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.