

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.34 Математическое моделирование

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

21.05.03 Технология геологической разведки

Направленность (профиль)

21.05.03 Геофизические методы поиска и разведки месторождений
полезных ископаемых

Форма обучения

очная

Год набора

2023

Красноярск 2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили _____

канд. физ.-мат. наук, Доцент, Минаков А.В.

должность, инициалы, фамилия

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Формирование у студентов целостной основы системы знаний о методах математического моделирования и умений решать прикладные задачи горно-геологической отрасли, которые возникают в процессе разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Сформировать у студентов представление о задачах, решаемых в горно-геологической отрасли посредством математического моделирования.

Развить умение использовать современные расчетные методы и алгоритмы, использующихся для решения задач горно-геологической отрасли.

Способствовать овладению приёмами, методами и алгоритмами решения конкретных задач из разных областей знаний посредством математического моделирования, позволяющими студентам в дальнейшем решать практические и прикладные задачи, которые возникают в процессе разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
ОПК-6: Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения, в том числе моделировать горные и геологические объекты	
ОПК-6.1: Использует основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки геологической информации	источники погрешности численных решений и способы их оценки основные численные методы линейной алгебры методы численного дифференцирования и интегрирования использовать методы приближения функций использовать методы численного интегрирования применять численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений первого порядка навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов дихотомии, хорд, касательных навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для метода Крамера, метода обращения матрицы, метода Гаусса, метода прогонки, итерационных методов (метод простой итерации, метод релаксации, метод Якоби, метод Зейделя) навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов численного интегрирования (Формула прямоугольников. Формула трапеций.

	Формула Симпсона. Кватратурные формулы Ньютона-Котеса)
ОПК-6.2: Может применять основные методы, способы и средства получения, хранения и обработки информации, моделировать горные и геологические объекты	методы численного дифференцирования и интегрирования методы интерполяции и аппроксимации функций алгоритмы решения нелинейных уравнений и систем использовать методы численного интегрирования применять численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений первого порядка оценивать погрешности полученных результатов навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов численного дифференцирования навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для метода Монте-Карло навыками реализации на ЭВМ простейших разностных схем аппроксимации
ОПК-6.3: Способен пользоваться основными методами, способами и средствами получения, хранения и обработки информации	источники погрешности численных решений и способы их оценки основные численные методы линейной алгебры численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений использовать методы приближения функций применять численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений первого порядка оценивать погрешности полученных результатов навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для интерполяционных методов (Интерполирование многочленами в форме Лагранжа и Ньютона. Сходимость интерполяционного процесса Сплайн-интерполяция. Линейный интерполяционный сплайн. Кубический интерполяционный сплайн. Метод наименьших квадратов) навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений (Метод Эйлера для задачи Коши. Методы Рунге-Кутта. Методы Адамса) навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов численного интегрирования (Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Кватратурные формулы Ньютона-Котеса)
ПК-1: Способен отслеживать тенденции и направления развития эффективных технологий геологической разведки, проявлять профессиональный интерес к развитию смежных областей	

ПК-1.1: Отслеживает современные тенденции и	источники погрешности численных решений и способы их оценки
направления развития эффективных технологий геологической разведки	<p>алгоритмы решения нелинейных уравнений и систем численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений использовать методы численного интегрирования применять численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений первого порядка</p> <p>оценивать погрешности полученных результатов навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов дихотомии, хорд, касательных</p> <p>навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для метода Крамера, метода обращения матрицы, метода Гаусса, метода прогонки, итерационных методов (метод простой итерации, метод релаксации, метод Якоби, метод Зейделя) навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов численного интегрирования (Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса)</p>
ПК-1.2: Проявляет профессиональный интерес к развитию смежных областей	<p>источники погрешности численных решений и способы их оценки</p> <p>основные численные методы линейной алгебры численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений использовать методы приближения функций применять численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений первого порядка</p> <p>оценивать погрешности полученных результатов навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов численного дифференцирования</p> <p>навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для метода Монте-Карло</p> <p>навыками реализации на ЭВМ простейших разностных схем аппроксимации</p>

<p>ПК-1.3: Используя свои профессиональные знания развивать эффективные технологии геологической разведки</p>	<p>источники погрешности численных решений и способы их оценки методы интерполяции и аппроксимации функций численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений использовать методы численного интегрирования применять численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений первого порядка оценивать погрешности полученных результатов навыками реализации на ЭВМ вычислительных</p>
	<p>алгоритмов для интерполяционных методов (Интерполирование многочленами в форме Лагранжа и Ньютона. Сходимость интерполяционного процесса Сплайн-интерполяция. Линейный интерполяционный сплайн. Кубический интерполяционный сплайн. Метод наименьших квадратов) навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений (Метод Эйлера для задачи Коши. Методы Рунге-Кутты. Методы Адамса) навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов дихотомии, хорд, касательных</p>
<p>ПК-10: Способен проводить математическое моделирование и исследование геофизических процессов и объектов специализированными геофизическими информационными системами, в том числе стандартными пакетами программ</p>	
<p>ПК-10.1: Имеет представление о современных специализированных геофизических информационных системах и пакетах программ, которые используются для математического моделирования и исследования геофизических процессов и геологических объектов</p>	<p>источники погрешности численных решений и способы их оценки основные численные методы линейной алгебры алгоритмы решения нелинейных уравнений и систем использовать методы приближения функций использовать методы численного интегрирования оценивать погрешности полученных результатов навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для метода Крамера, метода обращения матрицы, метода Гаусса, метода прогонки, итерационных методов (метод простой итерации, метод релаксации, метод Якоби, метод Зейделя) навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов численного интегрирования (Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса) навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов численного дифференцирования</p>

ПК-10.2: Выполняет	источники погрешности численных решений и
математическое моделирование геофизических процессов и объектов специализированными геофизическими информационными системами, в том числе стандартными пакетами программ	<p>способы их оценки</p> <p>методы численного дифференцирования и интегрирования</p> <p>численные методы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений</p> <p>применять численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений первого порядка</p> <p>оценивать погрешности полученных результатов</p> <p>использовать методы численного интегрирования</p> <p>навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для метода Монте-Карло</p> <p>навыками реализации на ЭВМ простейших разностных схем аппроксимации</p> <p>навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для интерполяционных методов (Интерполирование многочленами в форме Лагранжа и Ньютона. Сходимость интерполяционного процесса Сплайн-интерполяция. Линейный интерполяционный сплайн. Кубический интерполяционный сплайн. Метод наименьших квадратов)</p>
ПК-10.3: Выполняет исследование геофизических процессов и объектов специализированными геофизическими информационными системами, в том числе стандартными пакетами программ	<p>источники погрешности численных решений и способы их оценки</p> <p>методы интерполяции и аппроксимации функций</p> <p>методы численного дифференцирования и интегрирования</p> <p>использовать методы численного интегрирования</p> <p>использовать методы приближения функций</p> <p>оценивать погрешности полученных результатов</p> <p>навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для численных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений (Метод Эйлера для задачи Коши. Методы Рунге-Кутты. Методы Адамса)</p> <p>навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для методов дихотомии, хорд, касательных</p> <p>навыками реализации на ЭВМ вычислительных алгоритмов для метода Крамера, метода обращения матрицы, метода Гаусса, метода прогонки, итерационных методов (метод простой итерации, метод релаксации, метод Якоби, метод Зейделя)</p>

1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Сем естр	
		1	2
Контактная работа с преподавателем:	1,78 (64)		
занятия лекционного типа	0,89 (32)		
лабораторные работы	0,89 (32)		
иная внеаудиторная контактная работа:	0,04 (1,6)		
индивидуальные занятия	0,04 (1,6)		
Самостоятельная работа обучающихся:	2,09 (75,10001)		
курсовое проектирование (КП)	Нет		
курсовая работа (КР)	Да		
Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)	0,93 (33,6)		

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
1. Введение									
	1. Введение в курс "Математическое моделирование". Краткий исторический экскурс. Основные понятия методов вычислительной математики. Погрешности вычислений на современных компьютерах (исчезновение, переполнение, округление). Примеры некорректных округлений. Абсолютная и относительная погрешности вычислений. Погрешности арифметических операций	2							
	2. Вычисления с плавающей точкой: определение машинного нуля и машинной бесконечности; построение вычислительных алгоритмов, предотвращающих переполнение и катастрофическую потерю верных знаков					2			
	3. Изучение теоретического курса							2	
	4. Подготовка к защите лабораторных работ							2	

2. Методы решения алгебраических уравнений и СЛАУ								
1. Методы решения алгебраических уравнений: дихотомии, хорд, касательных	2							
2. Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Метод Крамера, метод обращения матрицы, метод Гаусса, метод прогонки, итерационные методы (метод простой итерации, метод релаксации, метод Якоби, метод Зейделя). Вариационно-итерационные методы. Алгебраическая проблема собственных значений. Оценка погрешности и мера обусловленности. Решение систем нелинейных уравнений	2							
3. Численное решение нелинейного уравнения					2			
4. Решение системы линейных алгебраических уравнений. Задача определения собственных значений матрицы					2			
5. Изучение теоретического курса							6	
6. Подготовка к лабораторным работам							2	
7. Подготовка к защите лабораторных работ							4	
3. Методы численного интегрирования и дифференцирования								
1. Численное интегрирование. Простейшие квадратурные формулы. Формула прямоугольников. Формула трапеций. Формула Симпсона. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса. Апостериорная оценка погрешности численного интегрирования методом Рунге. Неквадратурные формулы численного интегрирования - метод Монте-Карло	2							

2. Численное дифференцирование. Основные понятия. Влияние вычислительных погрешностей, оптимальный шаг дифференцирования. Простейшие разностные схемы аппроксимации	2							
3. Вычисление определенного интеграла методами прямоугольников, трапеций и Симпсона с контролем точности по методу Рунге					2			
4. Численное дифференцирование					2			
5. Изучение теоретического курса							4	
6. Подготовка к лабораторным работам							2	
7. Подготовка к защите лабораторных работ							2	
4. Интерполяция функций								
1. Интерполяция функций. Интерполирование многочленами в форме Лагранжа и Ньютона. Сходимость интерполяционного процесса Сплайн-интерполяция. Линейный интерполяционный сплайн. Кубический интерполяционный сплайн. Метод наименьших квадратов.	2							
2. Интерполирование функции полиномами Лагранжа, Ньютона и кубическими сплайнами. Интерполирование функции методом наименьших квадратов					2			
3. Изучение теоретического курса							4	
4. Подготовка к лабораторным работам							2	
5. Подготовка к защите лабораторных работ							2	
5. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений								
1. Численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера для задачи Коши. Методы Рунге-Кутты. Методы Адамса.	2							

2. Аппроксимация и сходимость. Устойчивость задачи и разностной схемы. Задача Коши для системы дифференциальных уравнений. Жесткие системы дифференциальных уравнений.	2							
3. Численное решение задачи Коши по методу Эйлера и Рунге-Кутты 4-го порядка					4			
4. Изучение теоретического курса							3,2	
5. Подготовка к лабораторным работам							2	
6. Подготовка к защите лабораторных работ							2	
7. Консультация по вопросам к экзамену								
8. Консультация по курсу								
6. Общие понятия теории разностных схем								
1. Общие сведения из теории разностных схем, основные определения и понятия. Простейшие схемы аппроксимации дифференциальных выражений. Теория аппроксимации, устойчивости и сходимость разностных схем. Теорема эквивалентности. Методы исследования устойчивости разностных схем.	2							
2. Разностные аналоги производных. Анализ ошибки аппроксимации производных и устойчивости					2			
3. Изучение теоретического курса							3	
4. Подготовка к защите лабораторных работ							2	
7. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа								
1. Методы решения сеточных уравнений. Трехточечная и пятиточечная прогонка. Метод простых итераций. Методы Якоби и Зейделя. Полинейный метод. Методы вариационного типа. Многосеточный метод.	2							

2. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа. Разностные схемы решения уравнения теплопроводности. Исследование сходимости разностных схем для уравнения теплопроводности	2							
3. Методы решения сеточных уравнений. Трехточечная прогонка. Итерационные методы вариационного типа. Методы численного интегрирования уравнений параболического типа на примере нестационарного одномерного уравнения теплопроводности					2			
4. Численное решение одномерного конвективно-диффузионного уравнения					2			
5. Изучение теоретического курса							4	
6. Подготовка к лабораторным работам							2	
7. Подготовка к защите лабораторных работ							2	
8. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа								
1. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа. Конечно-разностные схемы решения волнового уравнения. Исследование сходимости разностных схем для гиперболических уравнений	2							
2. Разностные схемы решения уравнения переноса. Простейшее линейное уравнение переноса. Квазилинейное уравнение переноса. Гибридные схемы. TVD и ENO-схемы. Метод Годунова. Исследование сходимости разностных схем для уравнения переноса	2							

3. Методы численного интегрирования уравнений гиперболического типа. Схемы явные "левый" и "правый" уголки. TVD и ENO -схемы. Анализ условий их применимости					2			
4. Методы численного решения волнового уравнения					2			
5. Изучение теоретического курса							4	
6. Подготовка к лабораторным работам							2	
7. Подготовка к защите лабораторных работ							2	
9. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа								
1. Численные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных эллиптического типа. Решение уравнений Лапласа и Пуассона. Исследование сходимости разностных схем для эллиптических уравнений. Методы решения сеточных уравнений. Трехточечная и пятиточечная прогонка. Метод простых итераций. Методы Якоби и Зейделя. Полинейный метод. Методы вариационного типа. Многосеточный метод	2							
2. Методы численного интегрирования уравнений эллиптического типа на примере стационарного двухмерного уравнения теплопроводности					2			
3. Изучение теоретического курса							2,9	
4. Подготовка к лабораторным работам							2	
5. Подготовка к защите лабораторных работ							2	
10. Численные методы решения эволюционных дифференциальных уравнений в частных производных объектов								

1. Методы решения эволюционных уравнений в частных производных. Схемы Эйлера, Пейре, Кранка-Никольсон, Рунге-Кутты. Исследование сходимости и устойчивости разностных схем для эволюционных уравнений в частных производных	2							
2. Методы расщепления. Расщепление по физическим процессам. Методы переменных направлений. Попеременно-треугольные методы. Схема Кранка-Никольсон. Локально-одномерные схемы. Метод предиктор -корректор	2							
3. Методы решения многомерных уравнений в частных производных. Методы расщепления					2			
4. Методы решения эволюционных уравнений в частных производных					2			
5. Изучение теоретического курса							4	
6. Подготовка к лабораторным работам							2	
7. Подготовка к защите лабораторных работ							2	
8. Консультация по курсовой работе								
9. Консультация по курсу								
Всего	32				32		75,1	

4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Платонов Д. В., Минаков А. В., Дектерев А. А. Компьютерные технологии в науке и образовании: учебно-методическое пособие [для бакалавров и магистров напр. 011200 «Физика», 140700 «Ядерная энергетика и теплофизика», 140800 «Ядерные физика и технологии», 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника», 223200 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).
2. Платонов Д. В., Минаков А. В., Дектерев А. А. Математическое моделирование в технической физике: учебно-методическое пособие [для бакалавров и магистров напр. 011200 «Физика», 140700 «Ядерная энергетика и теплофизика», 140800 «Ядерные физика и технологии», 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника», 223200 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).
3. Головизнин В. М., Зайцев М. А., Карабасов С. А., Короткин И. А. Новые алгоритмы вычислительной гидродинамики для многопроцессорных вычислительных комплексов: монография для использования в учебном процессе(Москва: Издательство Московского университета).
4. Платонов Д. В., Минаков А. В., Лобасов А. С., Пряжников М. И. Математическое моделирование в технической физике. Теплообмен в микроканалах и наножидкостях: учебно-методическое пособие [для направлений подготовки бакалавров и магистров 011200 «Физика», 140700 «Ядерная энергетика и теплофизика», 140800 «Ядерные физика и технологии», 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника», 223200 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).
5. Платонов Д. В., Минаков А. В., Лобасов А. С., Пряжников М. И. Математическое моделирование в технической физике. Моделирование задач гидродинамики в микроканалах: учебно-методическое пособие [для направлений подготовки бакалавров и магистров 011200 «Физика», 140700 «Ядерная энергетика и теплофизика», 140800 «Ядерные физика и технологии», 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника», 223200 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).
6. Минаков А. В., Шебелева А. А., Шебелев А. В. Численные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений: учебно-методическое пособие [для бакалавров, напр.16.03.01 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).
7. Минаков А. В., Жигарев В. А., Платонов Д. В. Моделирование теплоэнергетических процессов и установок. Гидродинамика.: учебно-методическое пособие [для бакалавров напр.: 16.03.01 «Техническая физика», 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», для магистров напр.: 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника профиль» 13.04.01.00.02 «Энергоэффективные технологии производства тепловой и электрической энергии»](Красноярск: СФУ).
8. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Вычислительная теплопередача (Москва: URSS).

9. Алемасов В. Е., Дрегалин А. Ф., Черенков А. С. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках: учеб. пособие(Москва: Химия).
10. Бойко Е. А. Применение ЭВМ для решения теплоэнергетических задач: учебное пособие(Красноярск: Сибирский промысел).
11. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов(Москва: Дрофа).
12. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Численные методы решения обратных задач математической физики: [учебное пособие](Москва: Эдиториал УРСС).
13. Пашков Л. Т. Математические модели процессов в паровых котлах (Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований).
14. Платонов Д. В., Минаков А. В., Дектерев А. А. Математическое моделирование в технической физике: лабораторный практикум [для бакалавров и магистров напр. 011200 «Физика», 140700 «Ядерная энергетика и теплофизика», 140800 «Ядерные физика и технологии», 222900 «Нанотехнология и микросистемная техника», 223200 «Техническая физика»](Красноярск: СФУ).

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Стандартный пакет Microsoft Office.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Открытые интернет-ресурсы по планетарным геофизическим данным.
2. Научная электронная библиотека СФУ <http://bik.sfu-kras.ru/>

5 Фонд оценочных средств

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Компьютерный класс, видеопроектор