

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра комплексного управления прибрежными зонами

Рабочая программа по дисциплине

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ  
ЗАДАЧ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

**05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль):  
**Прикладная океанология**

Квалификация:  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная/заочная**

Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Прикладная океанология»

 В.А. Царев

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
11 06 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
16 05 2019 г., протокол № 9  
Зав. кафедрой  Плинок Н.Л.

Автор-разработчик:  
 Белевич М.Ю.

## 1. Цели освоения дисциплины

«Математические методы решения океанологических задач» – дать студентам представление о современных методах решения океанологических задач, возникающих в процессе математического моделирования, способах построения алгоритмов и их анализа.

### Основные задачи дисциплины:

- получение навыков применения простейших понятий функционального анализа при формулировке океанологических задачи и анализе алгоритмов;
- знакомство с методами построения разностных аналогов дифференциальных операторов и линейных краевых задач, определения их точности и анализа устойчивости простых разностных схем;
- знакомство с подходами к решению проблем, связанных с многомерными краевыми задачами и вычислительными граничными условиями, а также методами решения больших систем линейных алгебраических уравнений;
- получение навыков формулировки корректных начально-краевых задач в приложении к океанологическим процессам.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Математические методы решения океанологических задач» для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная океанология» относится к дисциплинам вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)»

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Физика», «Гидромеханика», «Общая океанология», «Численные методы математического моделирования».

Параллельно с дисциплиной «Математические методы решения океанологических задач» изучаются «Климатология», «Региональная океанология» и другие профильные дисциплины.

Дисциплина «Математические методы решения океанологических задач» является базовой для освоения разделов дисциплины «Динамика океана» и могут быть использованы при подготовке выпускной квалификационной работы бакалавра.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОПК-1	способность представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики
ОПК-3	способность анализировать и интерпретировать данные натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования
ОПК-4	способность давать качественную оценку фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий
ПК-5	способность реализации решения гидрометеорологических задач и анализа полученных результатов
ППК-1	готовность применять профессиональные знания для обеспечения потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Математические методы решения океанологических задач» обучающийся должен

Знать:

- простейшие понятия функционального анализа (векторное пространство, линейный оператор, метрика, норма, сходимость, ортогональность и др.)
- простейшие свойства дифференциальных уравнений в частных производных (производная по направлению векторного поля, характеристики дифференциальных уравнений, связь системы уравнений 1-го порядка с уравнением высшего порядка, тип уравнения и связанной с ним системы)
- способы разностной аппроксимации дифференциальных уравнений, оценки их точности и методы анализа устойчивости линейных разностных схем

Уметь:

- применять простейшие понятия функционального анализа при формулировке задачи и анализе алгоритмов,
- формулировать корректные начально-краевые задачи и в простых случаях определять тип уравнения и системы уравнений
- строить разностные аналоги дифференциальных операторов и линейных краевых задач, определять их точность и анализировать устойчивость простых разностных схем.

Владеть:

- подходами к решению проблем, связанных с многомерными краевыми задачами и вычислительными граничными условиями,
- методами решения больших систем линейных алгебраических уравнений.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Математические методы решения океанологических задач» сведены в таблице.

### Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетен- ции	Планируемый результат обучения (показатели дос- тижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
ОПК-1	<b>Знать:</b> · простейшие понятия функ- ционального анализа (век- торное пространство, ли- нейный оператор, метрика, норма, сходимость, ортого- нальность и др.)	<b>Не знает:</b> · простейшие понятия функ- ционального анализа (век- торное пространство, ли- нейный оператор, метрика, норма, сходимость, ортого- нальность и др.)	<b>Недостаточно знает:</b> · простейшие понятия функ- ционального анализа (век- торное пространство, ли- нейный оператор, метрика, норма, сходимость, ортого- нальность и др.)	<b>Хорошо знает:</b> · простейшие понятия функ- ционального анализа (век- торное пространство, ли- нейный оператор, метрика, норма, сходимость, ортого- нальность и др.)	<b>Отлично знает:</b> · простейшие понятия функ- ционального анализа (век- торное пространство, линей- ный оператор, метрика, нор- ма, сходимость, ортогональ- ность и др.)
	<b>Уметь:</b> · применять простейшие по- нятия функционального анализа при формулировке задачи и анализе алгорит- мов	<b>Не умеет:</b> · применять простейшие по- нятия функционального анализа при формулировке задачи и анализе алгорит- мов	<b>Затрудняется:</b> · применять простейшие по- нятия функционального анализа при формулировке задачи и анализе алгорит- мов	<b>Умеет:</b> · применять простейшие по- нятия функционального анализа при формулировке задачи и анализе алгорит- мов	<b>Умеет свободно:</b> · применять простейшие по- нятия функционального ана- лиза при формулировке за- дачи и анализе алгоритмов
	<b>Владеть:</b> · подходами к решению про- фессиональных задач с ис- пользованием простейшие понятия функционального анализа	<b>Не владеет:</b> · подходами к решению про- фессиональных задач с ис- пользованием простейшие понятия функционального анализа	<b>Недостаточно владеет:</b> · подходами к реше- нию профессиональных за- дач с использованием про- стейшие понятия функцио- нального анализа	<b>Хорошо владеет:</b> · подходами к решению про- фессиональных задач с ис- пользованием простейшие понятия функционального анализа	<b>Свободно владеет:</b> · подходами к решению про- фессиональных задач с ис- пользованием простейшие понятия функционального анализа
ОПК-3	<b>Знать:</b> · простейшие свойства диф- ференциальных уравнений в частных производных (про- изводная по направлению векторного поля, характе- ристики дифференциальных уравнений, связь системы уравнений 1-го порядка с уравнением высшего по- рядка, тип уравнения и свя- занной с ним системы)	<b>Не знает:</b> · простейшие свойства диф- ференциальных уравнений в частных производных (производная по направле- нию векторного поля, ха- рактеристики дифференци- альных уравнений, связь системы уравнений 1-го порядка с уравнением выс- шего порядка, тип уравне- ния и связанной с ним сис- темы)	<b>Недостаточно знает:</b> · простейшие свойства диф- ференциальных уравнений в частных производных (производная по направле- нию векторного поля, ха- рактеристики дифференци- альных уравнений, связь системы уравнений 1-го порядка с уравнением выс- шего порядка, тип уравне- ния и связанной с ним сис- темы)	<b>Хорошо знает:</b> · простейшие свойства диф- ференциальных уравнений в частных производных (производная по направле- нию векторного поля, ха- рактеристики дифференци- альных уравнений, связь системы уравнений 1-го порядка с уравнением выс- шего порядка, тип уравне- ния и связанной с ним сис- темы)	<b>Отлично знает. Свободно описывает:</b> · простейшие свойства диф- ференциальных уравнений в частных производных (про- изводная по направлению векторного поля, характе- ристики дифференциальных уравнений, связь системы уравнений 1-го порядка с уравнением высшего поряд- ка, тип уравнения и связан- ной с ним системы)

Этап (уровень) освоения компетен- ции	Планируемый результат обучения (показатели дос- тижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
	<b>Уметь:</b> · формулировать корректные начально-краевые задачи и в простых случаях определять тип уравнения и системы уравнений	<b>Не умеет:</b> · формулировать корректные начально-краевые задачи и в простых случаях определять тип уравнения и системы уравнений	<b>Затрудняется:</b> · формулировать корректные начально-краевые задачи и в простых случаях определять тип уравнения и системы уравнений	<b>Умеет:</b> · формулировать корректные начально-краевые задачи и в простых случаях определять тип уравнения и системы уравнений	<b>Умеет свободно:</b> · формулировать корректные начально-краевые задачи и в простых случаях определять тип уравнения и системы уравнений
	<b>Владеть:</b> · подходами к решению проблем, связанных с многомерными краевыми задачами и вычислительными граничными условиями.	<b>Не владеет:</b> · подходами к решению проблем, связанных с многомерными краевыми задачами и вычислительными граничными условиями.	<b>Недостаточно владеет:</b> · подходами к решению проблем, связанных с многомерными краевыми задачами и вычислительными граничными условиями.	<b>Хорошо владеет:</b> · подходами к решению проблем, связанных с многомерными краевыми задачами и вычислительными граничными условиями.	<b>Свободно владеет:</b> · подходами к решению проблем, связанных с многомерными краевыми задачами и вычислительными граничными условиями.
<b>ОПК-4</b>	<b>Знать:</b> · возможности использования математического аппарата при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий	<b>Не знает:</b> возможности использования математического аппарата при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий	<b>Недостаточно знает:</b> возможности использования математического аппарата при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий	<b>Хорошо знает:</b> возможности использования математического аппарата при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий	<b>Отлично знает. Свободно описывает:</b> возможности использования математического аппарата при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий
	<b>Уметь:</b> · формулировать корректные начально-краевые задачи при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий	<b>Не умеет:</b> формулировать корректные начально-краевые задачи при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий	<b>Затрудняется:</b> формулировать корректные начально-краевые задачи при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий	<b>Умеет:</b> формулировать корректные начально-краевые задачи при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий	<b>Умеет свободно:</b> формулировать корректные начально-краевые задачи при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возможных рисков и ущербов при наступлении неблагоприятных условий

Этап (уровень) освоения компетен- ции	Планируемый результат обучения (показатели дос- тижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
	<b>Владеть:</b> · подходами к решению на- чально-краевых задач при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возмож- ных рисков и ущербов при наступлении неблагоприят- ных условий	<b>Не владеет:</b> · подходами к решению на- чально-краевых задач при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возмож- ных рисков и ущербов при наступлении неблагоприят- ных условий	<b>Недостаточно владеет:</b> · подходами к решению на- чально-краевых задач при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возмож- ных рисков и ущербов при наступлении неблагоприят- ных условий	<b>Хорошо владеет:</b> · подходами к решению на- чально-краевых задач при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возмож- ных рисков и ущербов при наступлении неблагоприят- ных условий	<b>Свободно владеет:</b> · подходами к решению на- чально-краевых задач при оценке фактов, явлений и процессов, происходящих в природной среде, возмож- ных рисков и ущербов при наступлении неблагоприят- ных условий
ПК-5	<b>Знать:</b> · подходы к реализации ре- шения гидрометеорологи- ческих задач и анализа по- лученных результатов с ис- пользованием способов разностной аппроксимации дифференциальных уравне- ний; · оценки точности и методы анализа устойчивости ли- нейных разностных схем	<b>Не знает:</b> подходы к реализации ре- шения гидрометеорологи- ческих задач и анализа по- лученных результатов с ис- пользованием способов разностной аппроксимации дифференциальных урав- нений · оценки точности и методы анализа устойчивости ли- нейных разностных схем	<b>Недостаточно знает:</b> подходы к реализации ре- шения гидрометеорологи- ческих задач и анализа по- лученных результатов с ис- пользованием способов разностной аппроксимации дифференциальных урав- нений · оценки точности и методы анализа устойчивости ли- нейных разностных схем	<b>Хорошо знает:</b> подходы к реализации ре- шения гидрометеорологи- ческих задач и анализа по- лученных результатов с ис- пользованием способов разностной аппроксимации дифференциальных урав- нений · оценки точности и методы анализа устойчивости ли- нейных разностных схем	<b>Отлично знает. Свободно описывает:</b> подходы к реализации ре- шения гидрометеорологи- ческих задач и анализа по- лученных результатов с ис- пользованием способов раз- ностной аппроксимации дифференциальных уравне- ний · оценки точности и методы анализа устойчивости ли- нейных разностных схем
	<b>Уметь:</b> · строить разностные аналоги дифференциальных опера- торов и линейных краевых задач, определять их точ- ность и анализировать ус- тойчивость простых разно- стных схем	<b>Не умеет:</b> строить разностные анало- ги дифференциальных опе- раторов и линейных крае- вых задач, определять их точность и анализировать устойчивость простых раз- ностных схем	<b>Затрудняется:</b> строить разностные анало- ги дифференциальных опе- раторов и линейных крае- вых задач, определять их точность и анализировать устойчивость простых раз- ностных схем	<b>Умеет:</b> строить разностные анало- ги дифференциальных опе- раторов и линейных крае- вых задач, определять их точность и анализировать устойчивость простых раз- ностных схем	<b>Умеет свободно:</b> строить разностные аналоги дифференциальных опера- торов и линейных краевых задач, определять их точ- ность и анализировать ус- тойчивость простых разно- стных схем
	<b>Владеть:</b> · методами решения больших систем линейных алгебраи- ческих уравнений	<b>Не владеет:</b> · методами решения боль- ших систем линейных ал- гебраических уравнений	<b>Недостаточно владеет:</b> · методами решения боль- ших систем линейных ал- гебраических уравнений	<b>Хорошо владеет:</b> · методами решения боль- ших систем линейных ал- гебраических уравнений	<b>Свободно владеет:</b> · методами решения больших систем линейных алгебраи- ческих уравнений
ППК-1	<b>Знать:</b> · возможности использования	<b>Не знает:</b> возможности использова-	<b>Недостаточно знает:</b> возможности использова-	<b>Хорошо знает:</b> возможности использова-	<b>Отлично знает. Свободно описывает:</b>

Этап (уровень) освоения компетен- ции	Планируемый результат обучения (показатели дос- тижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2	3 (минимальный)	4 (базовый)	5 (продвинутый)
	математического аппарата при обеспечении потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	ния математического аппарата при обеспечении потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	ния математического аппарата при обеспечении потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	ния математического аппарата при обеспечении потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	возможности использования математического аппарата при обеспечении потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией
	<b>Уметь:</b> · использовать математический аппарат при обеспечении потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Не умеет:</b> использовать математический аппарат при обеспечении потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Затрудняется:</b> использовать математический аппарат при обеспечении потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Умеет:</b> использовать математический аппарат при обеспечении потребителей фактической морской гидрометеорологической информацией	<b>Умеет свободно:</b> строить разностные аналоги дифференциальных операторов и линейных краевых задач, определять их точность и анализировать устойчивость простых разностных схем
	<b>Владеть:</b> · математическими методами решения океанологических задач	<b>Не владеет:</b> · математическими методами решения океанологических задач	<b>Недостаточно владеет:</b> · математическими методами решения океанологических задач	<b>Хорошо владеет:</b> · математическими методами решения океанологических задач	<b>Свободно владеет:</b> · математическими методами решения океанологических задач

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы (108 часов).

##### Объем дисциплины по видам учебных занятий (в академических часах)

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения 7 семестр	Заочная форма обучения 4 курс
<b>Объем дисциплины</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>42</b>	<b>12</b>
в том числе:		
лекции	<b>14</b>	<b>4</b>
практические занятия	<b>28</b>	<b>8</b>
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>66</b>	<b>96</b>
в том числе:		
контрольная работа	-	-
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>

#### 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	Практич.	Самост. работа			
<b>Общие вопросы (элементы функционального анализа)</b>								
1	Отображения и векторные пространства	7	1	2	6	Отчет по практической работе	1	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5
2	Линейные операторы	7	1	2	6	Выборочный опрос (решение задач у доски)	1	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5
3	Метод последовательных приближений	7	1	4	6	Выборочный опрос (решение	1	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4,



						задач у дос-ки)		ПК-5
4	Гильбертово пространство и ряд Фурье	7	1	2	6	Выборочный опрос (решение задач у доски)	1	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5
<b>Необходимые сведения о дифференциальных уравнениях</b>								
5	Уравнения 1-го порядка	7	2	2	6	Выборочный опрос (решение задач у доски)	1	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5
6	Системы дифференциальных уравнений	7	2	2	6	Выборочный опрос (решение задач у доски)	1	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5
7	Некоторые классические задачи	7	–	4	6	Выборочный опрос (решение задач у доски)	1	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5, ППК-1
<b>Разностные методы</b>								
8	Методы построения разностных схем	7	2	2	8	Выборочный опрос (решение задач у доски)	1	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5, ППК-1
9	Основы теории разностных схем	7	2	4	8	Выборочный опрос (решение задач у доски)	1	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5
10	Организация вычислений	7	–	4	8	Выборочный опрос (решение задач у доски)	1	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5, ППК-1
	Итого		14	28	66		10	

### 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	Практич.	Самост. работа			
1	Отображения и векторные пространства	4	–	–	10	Контрольное задание		ОПК-1, ОПК-3

								ОПК-4, ПК-5
2	Линейные операторы	4	–	–	8	опрос		ОПК-1, ОПК-3 ОПК-4, ПК-5
3	Метод последовательных приближений	4	–	–	8	опрос	ОПК-1, ОПК-3 ОПК-4, ПК-5	ОПК-1, ОПК-3 ОПК-4, ПК-5
4	Гильбертово пространство и ряд Фурье	4	–	–	10	опрос		ОПК-1, ОПК-3 ОПК-4, ПК-5
5	Уравнения 1-го порядка	4	–	2	10	Выборочный опрос (решение задач у доски)		ОПК-1, ОПК-3 ОПК-4, ПК-5
6	Системы дифференциальных уравнений	4	–	2	10	Выборочный опрос (решение задач у доски)		ОПК-1, ОПК-3 ОПК-4, ПК-5, ППК-1
7	Некоторые классические задачи	4	–	–	10	опрос		ОПК-1, ОПК-3 ОПК-4, ПК-5, ППК-1
8	Методы построения разностных схем	4	2	2	10	Выборочный опрос (решение задач у доски)	2	ОПК-1, ОПК-3 ОПК-4, ПК-5
9	Основы теории разностных схем	4	–	–	10	опрос		ОПК-1, ОПК-3 ОПК-4, ПК-5, ППК-1
10	Организация вычислений	4	2	2	10	Выборочный опрос (решение задач у доски)	2	
	Итого		4	8	96		4	

#### 4.2. Содержание разделов дисциплины

##### Общие вопросы (элементы функционального анализа)

##### *Отображения и векторные пространства*

Универсальные средства описания. Меры и плотности. Примеры моделей. Отображения. Векторное пространство. Базис и размерность линейного пространства.

### ***Линейные операторы***

Матрица линейного оператора. Векторное пространство линейных операторов.

### ***Метод последовательных приближений***

Идея метода. Метрика. Норма вектора. Сходимость и банаховы пространства. Эквивалентные нормы. Норма линейного оператора. Сходимость метода последовательных приближений. Существование обратного оператора. Сходимость приближенных решений. Сжимающие операторы. Пример приложения метода последовательных приближений. Спектральный радиус оператора. Задача на собственные значения.

### ***Гильбертово пространство и ряд Фурье***

Гильбертово пространство. Ортогональность. Ортогонализация. Ряд Фурье.

## **Необходимые сведения о дифференциальных уравнениях**

### ***Уравнения 1-го порядка***

Однородное уравнение. Задача Коши для уравнения 1-го порядка. Неоднородное и квазилинейное уравнения.

### ***Системы дифференциальных уравнений***

Общие соображения. Линейная система с двумя независимыми переменными. Замена переменных. Исследование типа системы.

### ***Некоторые классические задачи***

Задача Коши для волнового уравнения. О постановке задач математической физики.

## **Разностные методы**

### ***Методы построения разностных схем***

Дискретное представление функций. Методы построения разностных операторов. Метод неопределенных коэффициентов. Интегральный метод построения разностных схем. Нестационарные задачи.

### ***Основы теории разностных схем***

Структура разностного оператора. Сходимость, аппроксимация, устойчивость. Устойчивость разностных схем. Прямой метод; примеры использования. Спектральный метод (метод Неймана). Примеры использования спектрального метода. Физический смысл условий устойчивости. Ошибки разностных схем. Амплитудные и фазовые ошибки. Природа амплитудной и фазовой ошибок.

### ***Организация вычислений***

Понятие о методах расщепления. Вычислительные граничные условия.

Обзор методов решения систем линейных алгебраических уравнений.

Итерационные методы. Сходимость итерационных методов. Точные методы. Метод Гаусса. LU-теорема. Методы прогонки.

## **4.3. Практические занятия, их содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела дисциплины</b>	<b>Тематика практических занятий</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	1	Построение векторных пространств на множествах. Преобразования координат.	практическое занятие – решение задач	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5,
2	2	Матрицы линейных операторов. Спектральный радиус оператора. Векторное пространство линейных операторов	практическое занятие – решение задач	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5,

3	3	Построение единичной сферы. Эквивалентность норм	практическое занятие – решение задач	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5,
4	4	Ортогонализация Грамма-Шмидта	практическое занятие – решение задач	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5,
5	5	Свойства дифференциального оператора в частных производных 1-го порядка. Характеристики дифференциальных уравнений 1-го порядка	практическое занятие – решение задач	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5,
6	6	Одномерная динамика идеальной жидкости.	практическое занятие – решение задач	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5,
7	7	Исследование типов уравнений теплопроводности и Лапласа.	практическое занятие – решение задач	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5,
8	8	Построение разностных формул для дифференциальных операторов. Построение разностных аппроксимаций краевых задач	практическое занятие – решение задач	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5,
9	9	Нахождение порядка точности разностных аппроксимаций уравнений. Исследование устойчивости разностных схем.	практическое занятие – решение задач	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5,
10	10	Вывод расчетных формул для итерационных методов. Построение расчетных формул для методов прогонки.	практическое занятие – решение задач	ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ПК-5, ППК-1.

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

### 5.1. Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе занятий в форме проведения устного опроса у доски:

#### 2.1.1 Вопросы для текущего контроля:

##### Общие вопросы

##### *Отображения и векторные пространства*

1. Универсальные средства описания.
2. Меры и плотности. Примеры моделей.
3. Отображения.
4. Векторное пространство. Базис и размерность линейного пространства.

##### *Линейные операторы*

5. Линейные операторы.
6. Матрица линейного оператора.
7. Векторное пространство линейных операторов.

### ***Метод последовательных приближений***

8. Идея метода последовательных приближений.
9. Метрика. Норма вектора.
10. Сходимость и банаховы пространства.
11. Эквивалентные нормы.
12. Норма линейного оператора.
13. Сходимость метода последовательных приближений.
14. Существование обратного оператора.
15. Сходимость приближенных решений.
16. Сжимающие операторы.
17. Пример приложения метода последовательных приближений.
18. Спектральный радиус оператора. Задача на собственные значения.

### ***Гильбертово пространство и ряд Фурье***

19. Гильбертово пространство.
20. Ортогональность.
21. Ортогонализация. Ряд Фурье.

### **Необходимые сведения о дифференциальных уравнениях**

#### ***Уравнения 1-го порядка***

22. Однородное уравнение. Задача Коши для уравнения 1-го порядка.
23. Неоднородное и квазилинейное уравнения.

#### ***Системы дифференциальных уравнений***

24. Линейная система с двумя независимыми переменными.
25. Исследование типа системы.

#### ***Некоторые классические задачи***

26. Задача Коши для волнового уравнения.
27. О постановке задач математической физики.

### **Разностные методы**

#### ***Методы построения разностных схем***

28. Дискретное представление функций.
29. Методы построения разностных операторов. Метод неопределенных коэффициентов.
30. Интегральный метод построения разностных схем.
31. Нестационарные задачи.

#### ***Основы теории разностных схем***

32. Структура разностного оператора.
33. Сходимость, аппроксимация, устойчивость.
34. Исследование устойчивости разностных схем.
35. Прямой метод; примеры использования.
36. Спектральный метод. Примеры использования спектрального метода.
37. Физический смысл условий устойчивости.
38. Ошибки разностных схем. Амплитудные и фазовые ошибки.
39. Природа амплитудной и фазовой ошибок.

#### ***Организация вычислений***

40. Понятие о методах расщепления.
41. Вычислительные граничные условия.
42. Обзор методов решения систем линейных алгебраических уравнений
43. Итерационные методы. Сходимость итерационных методов.
44. Точные методы. Метод Гаусса. LU-теорема. Методы прогонки.

### **Шкала оценивания 2-х балльная.**

#### **Критерии выставления оценки:**

- **оценка «зачтено»:** дан ответ на вопрос и ответ верные или в ответе допущены не-точности;
- **оценка «не зачтено»:** не дан ответ на вопрос или в ответе допущены грубые ошибки

## 5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы

Вид учебных занятий	Организация самостоятельной работы студента
Самостоятельная работа по темам	Проработать самостоятельно теоретический материал по темам по рекомендованной литературе. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	Проработать соответствующий теоретический материал для понимания задач работы по конспекту лекций, просмотреть рекомендуемую литературу и иные источники. Повторить расчеты, выполняемые на доске. Решать самостоятельно однотипные примеры.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы экзамена, а также материалы лабораторных работ и доклады по темам. Для ответов на теоретический вопрос целесообразно заранее продумать план и разработать наиболее информативные схемы, таблицы, отражающие основное содержание ответа.

**5.3. Промежуточная аттестация:** зачет (7 семестр – очное обучение или 4 курс – заочное обучение).

**Формат проведения зачета:** устный ответ на один теоретический вопрос и решение одного практического задания

### Перечень вопросов зачета.

1. Универсальные средства описания.
2. Меры и плотности. Примеры моделей.
3. Отображения.
4. Векторное пространство. Базис и размерность линейного пространства.
5. Линейные операторы.
6. Матрица линейного оператора.
7. Векторное пространство линейных операторов.
8. Идея метода последовательных приближений.
9. Метрика. Норма вектора.
10. Сходимость и банаховы пространства.
11. Эквивалентные нормы.
12. Норма линейного оператора.
13. Сходимость метода последовательных приближений.
14. Существование обратного оператора.

15. Сходимость приближенных решений.
16. Сжимающие операторы.
17. Пример приложения метода последовательных приближений.
18. Спектральный радиус оператора. Задача на собственные значения.
19. Гильбертово пространство.
20. Ортогональность.
21. Ортогонализация. Ряд Фурье.
22. Однородное уравнение. Задача Коши для уравнения 1-го порядка.
23. Неоднородное и квазилинейное уравнения.
24. Линейная система с двумя независимыми переменными.
25. Исследование типа системы.
26. Задача Коши для волнового уравнения.
27. О постановке задач математической физики.
28. Дискретное представление функций.
29. Методы построения разностных операторов. Метод неопределенных коэффициентов.
30. Интегральный метод построения разностных схем.
31. Нестационарные задачи.
32. Структура разностного оператора.
33. Сходимость, аппроксимация, устойчивость.
34. Исследование устойчивости разностных схем.
35. Прямой метод; примеры использования.
36. Спектральный метод. Примеры использования спектрального метода.
37. Физический смысл условий устойчивости.
38. Ошибки разностных схем. Амплитудные и фазовые ошибки.
39. Природа амплитудной и фазовой ошибок.
40. Понятие о методах расщепления.
41. Вычислительные граничные условия.

#### Практическое задание

Записать двухслойную счетно-устойчивую разностную схему для предложенного дифференциального уравнения:

- уравнение теплопроводности
- уравнение переноса
- уравнение Лапласа;
- волновое уравнение.

Записать формулы решения полученной системы линейных алгебраических уравнений:

- метод простой итерации
- метод Якоби
- метод Гаусса-Зейделя

#### **Шкала оценивания – двухбалльная**

##### **Критерии выставления оценки на зачете**

Критерии оценивания	Оценка
Ответ на один из вопросов отсутствует. Ответ не раскрывает сути вопроса, содержат ошибки или неправильное толкование результата.	Не зачтено
Ответы на вопросы достаточно полные, содержит необходимую аргументацию и доказа-	Зачтено

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. *Белевич М.Ю.* Математические методы решения океанологических задач. Основные вычислительные идеи и методы. – СПб: изд. РГГМУ, 2008.
2. *Араманович И. Г., Левин В. И.* Уравнения математической физики. / Учебное пособие для ВТУЗов / М., Наука. 1964, 287 с. с черт.
3. *Владимиров В. С.* Уравнения математической физики: Учебник / В.С. Владимиров, В. В. Жаринов. - 2-е изд., - М.: Физматлит, 2004. - 398 с

### б) дополнительная литература:

#### *Функциональный анализ.*

1. *Коллатц Ф.* Функциональный анализ и вычислительная математика.- М.: Мир, 1969.
2. *Колмогоров А.Н., Фомин С.В.* Элементы теории функций и функционального анализа. 7-е изд. - М.: Наука, 2004.
3. *Арнольд В.И.* Обыкновенные дифференциальные уравнения.- Ижевск: "РХД", 2000.
4. *Зельдович Я.Б., Мишкис А.Д.* Элементы математической физики.- М.: Наука, 1973.
5. *Тихонов А.Н., Самарский А.А.* Уравнения математической физики.- М.: Наука, 1978.

#### *Разностные методы.*

1. *Самарский А.А.* Введение в численные методы.–М: Наука, 1987
2. *Марчук Г.И.* Методы вычислительной математики.- М.: Наука, 1980.
3. *Рихтмайер Р., Мортон К.* Разностные методы решения краевых задач.- М.: Мир, 1972.
4. *Рихтмайер Р., Мортон К.* Разностные методы решения краевых задач.- М.: Мир, 1960
5. *Марчук Г.И.* Численные методы в прогнозе погоды.- Л.: Гидрометеоиздат, 1967.
6. *Марчук Г.И.* Численное решение задач динамики атмосферы и океана.- Л.: Гидрометеоиздат, 1974.
7. *Мезингер Ф., Аракава А.* Численные методы, используемые в атмосферных моделях.- Л.: Гидрометеоиздат, 1979.
8. *Роуч П.* Вычислительная гидромеханика.- М.: Мир, 1980.

### в) программное обеспечение

1. Операционная система Windows 7
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office

### г) Интернет-ресурсы:

1. Сайт «Самарский Александр Андреевич. Академик АН СССР и РАН». Раздел «Труды». – Режим доступа: <http://samarskii.ru/ru/>

### д) профессиональные базы данных не предусмотрены

### е) информационные справочные системы не предусмотрены

## 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
---------------------	-----------------------------------



<b>Лекции (разделы №1-10)</b>	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить 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>
<b>Практические занятия (темы №1-10)</b>	Изучение теоретических основ, необходимых для выполнения практических работ. Самостоятельное выполнение практических работ, подготовка отчетных материалов
<b>Самостоятельная работа</b>	Закрепление знаний и навыков, полученных на лекционных и практических занятиях, путем выполнения практических работ. Составление индивидуальных отчетов.
<b>Подготовка к зачету</b>	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, отчеты по выполнению практических работ, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к зачету.

#### **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
<b>Раздел «Общие вопросы (элементы функционального анализа)»</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– классические лекции</li> <li>– практические занятия – решение задач</li> <li>– лабораторные работы</li> <li>– самостоятельная работа студентов в ЭБС</li> </ul>	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office
<b>Раздел «Необходимые сведения о дифференциальных уравнениях»</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– классические лекции</li> <li>– практические занятия – решение задач</li> <li>– лабораторные работы</li> <li>– самостоятельная работа студентов в ЭБС</li> </ul>	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office,
<b>Раздел «Разностные методы»</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– классические лекции</li> <li>– практические занятия – решение задач</li> <li>– лабораторные работы</li> <li>– самостоятельная работа студентов в ЭБС</li> </ul>	операционная система Windows 7 пакет прикладных программ Microsoft Office,

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего

контроля и промежуточной аттестации, оснащенная специализированной (учебной) мебелью.

**Помещение для самостоятельной работы студентов.** Помещение оснащено: специализированной (учебной) мебелью, компьютерами с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации

#### **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.