

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
прикладной математики и  
информатики**

**А.М. Райгородский**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Введение в геофизическую гидродинамику
<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Математическое моделирование и компьютерные технологии Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: В.В. Шашкин, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике 16.05.2020

## Аннотация

Целью освоения курса «Введение в геофизическую гидродинамику» является ознакомление студентов с теоретическими основами механики сплошной среды, формирование у обучающихся естественнонаучного мышления. В процессе обучения студенты знакомятся с физической и математической постановкой задач описания движения сплошной среды, объемными и поверхностными

силами, действующими в условиях земной атмосферы, уравнениями движения идеальной и вязкой жидкости. Изучаются основные положения теории возмущений и ее применение для описания атмосферных волн, включая звуковые волны, волны Россби и внутренние гравитационные волны.

Основной задачей преподавания дисциплины является обучение студентов методике применения фундаментальных законов природы для установления основных закономерностей движения жидкости и газа с целью объяснения динамики крупномасштабных процессов в атмосфере, а также методам применения этой теории для решения гидрометеорологических задач.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- изучение и интерпретация с позиций физики и математической физики механизмов, ответственных за формирование основных особенностей глобальной и региональной циркуляции атмосферы и океана.

#### Задачи дисциплины

- Изучение основных понятий и уравнений геофизической гидродинамики.
- Ознакомление с основными приближениями геофизической гидродинамики и видами движений.
- Изучение основных физических механизмов, ответственных за формирование глобальной и региональной циркуляции атмосферы и океана.
- Рассмотрение явлений, формирующих циркуляцию атмосферы и океана, (волновые движения, неустойчивость, турбулентность) с использованием аппарата математической физики.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре)	ОПК-5.1 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований и разработок
	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ основные понятия и уравнения геофизической гидродинамики;
- ☐ основные виды равновесных состояний в геофизических течениях, механизмы, компенсирующие отклонения от состояния равновесия;
- ☐ виды волновых движений в жидкости и газе;
- ☐ виды течений в атмосфере Земли и основные погодообразующие факторы;
- ☐ характерные особенности общей циркуляции атмосферы.

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых математических и физических данных и понятий.

владеть:

- ☐ навыками самостоятельной работы с научной литературой по геофизической гидродинамике и с современными источниками информации (научные статьи, интернет);
- ☐ навыками освоения большого объёма информации;
- ☐ культурой постановки и исследования физических задач на основе математического моделирования.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Линейная зависимость величин. Системы линейных уравнений. Вычислительный аспект умножения матриц: классическое правило умножения, алгоритм Винограда, алгоритм Штрассена.		2		
2	Малые возмущения. Число обусловленности матрицы. Сходящиеся матрицы и ряды. Возмущение собственных значений. Спектральные расстояния.		2		
3	Матрицы как обобщение понятия числа. Группа, кольцо, поле. Специальные классы матриц. Матрица как оператор. Ядро и образ матрицы. Характеристический полином матрицы и методы его вычисления.		2		1
4	Машинные числа. Аксиомы машинной арифметики. Ошибки округления.		2		
5	Метрическое пространство. Нормированное пространство. Векторные и матричные нормы. Скалярное произведение. Ортогональность.		2		1
6	Неотрицательные матрицы. Матрицы и графы.		2		1
7	Нормальные матрицы. Сингулярное разложение матрицы.		2		1
8	Подход В.В.Воеводина к решению проблемы портативности программного обеспечения.		2		1
9	Прямые методы для линейных систем. Теория LU-разложения. QR-разложение матрицы. Матрицы отражения.		2		1

10	Циркулянтные и теплицевы матрицы.		2		1
11	Основные понятия, уравнения динамики атмосферы и океана. Уравнения динамики атмосферы и океана в сферической системе координат. Введение понятия геофизического течения, анализ масштабов слагаемых в уравнениях динамики атмосферы для случая геофизического течения. Геострофическое и гидростатическое равновесие.		2		1
12	Уравнения динамики атмосферы		2		1
13	Потенциальная температура, устойчивая, неустойчивая, нейтральная стратификация атмосферы. Внутренние гравитационные и инерционно-гравитационные волны, орографические волны.		3		1
14	Пограничный слой атмосферы. Осреднение по Рейнольдсу. Эк-мановский пограничный слой, вторичная циркуляция.		3		5
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 6 (Весенний)

1. Линейная зависимость величин. Системы линейных уравнений. Вычислительный аспект умножения матриц: классическое правило умножения, алгоритм Винограда, алгоритм Штрассена.

Линейная зависимость величин. Системы линейных уравнений. Матрицы как инструмент для анализа линейной зависимости. Операции над матрицами. Ассоциативность и некоммутативность умножения матриц. Вычислительный аспект умножения матриц: классическое правило умножения, алгоритм Винограда, алгоритм Штрассена. Блочные матрицы. Качество алгоритмов и модели компьютеров. Последовательные и параллельные вычисления.

2. Малые возмущения. Число обусловленности матрицы. Сходящиеся матрицы и ряды. Возмущение собственных значений. Спектральные расстояния.

Малые возмущения. Число обусловленности матрицы. Сходящиеся матрицы и ряды. Простейший итерационный метод. Обратные матрицы и ряды. Обусловленность линейной системы. Согласованность матрицы и правой части. Возмущение собственных значений. Непрерывность корней полинома. Круги Гершгорина. Малые возмущения собственных значений и векторов. Обусловленность простого собственного значения. Спектральные расстояния. Теорема Виландта-Хоффмана. Двоякостochastic матрицы и теорема Биркгоффа. Перестановочные диагонали и теорема Холла.

3. Матрицы как обобщение понятия числа. Группа, кольцо, поле. Специальные классы матриц. Матрица как оператор. Ядро и образ матрицы. Характеристический полином матрицы и методы его вычисления.

Матрицы как обобщение понятия числа. Группа, кольцо, поле. Специальные классы матриц. Матрицы перестановки. Схема сдваивания для ассоциативной операции. Рекуррентное сдваивание. Матрица как оператор. Ядро и образ матрицы. Диагонализация матрицы. Собственное значение и собственный вектор. Инвариантные подпространства. Теорема Жордана. Характеристический полином матрицы и методы его вычисления. Параллельные алгоритмы вычисления обратной матрицы.

#### 4. Машинные числа. Аксиомы машинной арифметики. Ошибки округления.

Машинные числа. Аксиомы машинной арифметики. Ошибки округления для скалярного произведения. Прямой и обратный анализ. Проблемы сертификации алгоритмов. "Идеальные" и "машинные" тесты. Решение треугольных систем.

#### 5. Метрическое пространство. Нормированное пространство. Векторные и матричные нормы. Скалярное произведение. Ортогональность.

Метрическое пространство. Вложенные шары. Нормированное пространство. Векторные и матричные нормы. Эквивалентные нормы. Операторные нормы. Скалярное произведение. Ортогональность. Длина вектора. Изометричные матрицы. Сохранение длин и унитарные матрицы. Теорема Шура.

#### 6. Неотрицательные матрицы. Матрицы и графы.

Неотрицательные матрицы. Матрицы и графы. Разложимость. Теорема Перрона-Фробениуса. Методы для разреженных матриц. Задача о сепараторе.

#### 7. Нормальные матрицы. Сингулярное разложение матрицы.

Нормальные матрицы. Знако-определенные матрицы. Сингулярное разложение матрицы. Унитарно инвариантные нормы. Аппроксимации меньшего ранга.

#### 8. Подход В.В.Воеводина к решению проблемы портатильности программного обеспечения.

Подход В.В.Воеводина к решению проблемы портатильности программного обеспечения. Программа и математический алгоритм. Граф алгоритма. Граф вычислительной системы. Проблемы построения и анализа графов. Проблемы отображения алгоритмов на вычислительные системы.

#### 9. Прямые методы для линейных систем. Теория LU-разложения. QR-разложение матрицы. Матрицы отражения.

Прямые методы для линейных систем. Теория LU-разложения. Ошибки округления для LU-разложения. Рост элементов и выбор ведущего элемента. Метод Холецкого. Треугольные разложения и решение систем. Как уточнить решение. QR-разложение матрицы. Матрицы отражения. Исключение элементов с помощью отражений. Матрицы вращения. Исключение элементов с помощью вращений. Машинные реализации отражений и вращений. Метод ортогонализации. Потеря ортогональности. Как бороться с потерей ортогональности. Модифицированный алгоритм Грама-Шмидта.

#### 10. Циркулянтные и теплицевы матрицы.

Циркулянтные и теплицевы матрицы. Групповое свойство невырожденных циркулянтных матриц. Спектральная теорема для циркулянтных матриц. Матрица Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Быстрые алгоритмы периодической и аperiodической свертки.

11. Основные понятия, уравнения динамики атмосферы и океана. Уравнения динамики атмосферы и океана в сферической системе координат. Введение понятия геофизического течения, анализ масштабов слагаемых в уравнениях динамики атмосферы для случая геофизического течения. Геострофическое и гидростатическое равновесие.

Геофизическая гидродинамика и динамическая метеорология. Эйлеров и Лагранжев подход к описанию движения жидкости. Основные силы, действующие на воздух в атмосфере. Вывод уравнений гидротермодинамики атмосферы и динамики океана.

Дифференциальные операторы в сферической системе координат, лагранжева производная по времени вектора в сферической системе координат. Уравнения динамики атмосферы и океана в сферической системе координат. Приближение мелкой атмосферы.

Движения, формирующие циркуляцию атмосферы и океана. Характерные масштабы таких течений (горизонтальный, вертикальный, временной, масштабы горизонтальной и вертикальной скорости). Число Россби. Анализ масштабов слагаемых в уравнениях динамики атмосферы для метеорологически значимых течений в средних широтах. геострофический баланс - равновесие между силами Кориолиса и силой градиента давления. Направление ветра в циклонах и антициклонах, сравнение с данными наблюдений. Гидростатическое равновесие, уравнение гидростатики.

## 12. Уравнения динамики атмосферы

Уравнения динамики атмосферы в изобарической системе координат по вертикали. Формулы для перехода в произвольную систему координат по вертикали. Термический ветер. Вывод уравнений динамики атмосферы в изобарической системе координат по вертикали. Геопотенциал изобарической поверхности. Вывод формул для перехода в произвольную систему координат по вертикали. Производная геострофического ветра по высоте, термический ветер, западный перенос.

Уравнения мелкой воды на вращающейся сфере. Поверхностные гравитационные и инерционно-гравитационные волны. Задача приспособления Россби. Приближение трехмерных уравнений динамики атмосферы/океана квази-двумерной моделью мелкой воды. Завихренность, абсолютная и потенциальная завихренность.

Линеаризация уравнений мелкой воды, поверхностные гравитационные и инерционно-гравитационные волны. Задача Россби о приспособлении к геострофическому равновесию, возбуждение инерционно-гравитационных волн при переходе в состояние равновесия.

Уравнения баротропного вихря, бета-эффект, волны Россби. Баротропная неустойчивость. Уравнение баротропного вихря как квази-геострофическое приближение уравнений мелкой воды. Завихренность, функция тока. Переменный параметр Кориолиса - бета-эффект. Линеаризация уравнения баротропного вихря, волны Россби, их фазовая и групповая скорости. Понятие о гидродинамической неустойчивости. Неустойчивость в баротропных течениях, оптимальные моды, экспоненциальный рост возмущений и обрушение волн Россби.

## 13. Потенциальная температура, устойчивая, неустойчивая, нейтральная стратификация атмосферы. Внутренние гравитационные и инерционно-гравитационные волны, орографические волны.

Потенциальная температура. Соотношение между силой тяжести и плавучести. Устойчивая, неустойчивая, нейтральная стратификация атмосферы. Частота Брента-Вяйсяля. Внутренние гравитационные волны, условия их вертикального распространения. Внутренние инерционно-гравитационные волны. Гравитационные волны, возбуждаемые обтеканием рельефа (орографические волны).

Уравнения квази-геострофического приближения. Вертикальное распространение волн Россби. Понятие о бароклинной неустойчивости. Вывод уравнений квазигеострофического приближения. Связь агеострофической компоненты потока с вертикальным движением. Квазигеострофическое уравнение потенциальной завихренности. Восстановление характеристик течения по потенциальной завихренности. Волны Россби в квазигеострофическом приближении, их вертикальное распространение. Качественное описание механизма бароклинной неустойчивости с использованием квазигеострофического приближения.

14. Пограничный слой атмосферы. Осреднение по Рейнольдсу. Экмановский пограничный слой, вторичная циркуляция.

Пограничный слой атмосферы, влияние вязкости, турбулентность, осреднение по Рейнольдсу. Турбулентные потоки (тепла и импульса), кинетическая энергия турбулентности. Экмановский пограничный слой. Вторичная циркуляция, связь вертикального движения с вторичной циркуляцией.

Общая циркуляция атмосферы. Роль влажной конвекции. Формирование пассатов и струйных течений. Ячейки Гадлея и Ферреля. Наблюдаемая структура общей циркуляции атмосферы. Зонально-осредненные уравнения, вихревые потоки тепла и импульса. Понятие о влажной конвекции. Влажная конвекция - основной источник нагревания верхней тропосферы в тропиках. Термически прямая ячейка Гадлея, формирование пассатов и струйных течений. Термически обратная ячейка Ферреля.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Необходимое оборудование: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

Необходимое программное обеспечение: ОС линукс.

Обеспечение самостоятельной работы: электронная библиотека ИВМ РАН.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

Основная литература

1. Гилл А. Динамика атмосферы и океана.—М.: Мир.—1986.
2. Holton J.R. An introduction to dynamic meteorology. - Academic Press; 5 edition. 552 P.

Дополнительная литература

1. Должанский Ф.В. Лекции по геофизической гидродинамике. Москва 2006. - 377 с.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Информационные ресурсы: доступные через Internet электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Обеспечение самостоятельной работы: электронная библиотека ИВМ РАН.

1. <http://www.physicalgeography.net/>
2. <https://earth.nullschool.net/>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы, алгоритмы.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

– чтение и конспектирование рекомендованной литературы;

- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору.



**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Математическое моделирование и компьютерные технологии Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра вычислительных технологий и моделирования в геофизике и биоматематике
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	В.В. Шашкин, канд. физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре)	ОПК-5.1 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований и разработок
	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Введение в геофизическую гидродинамику» обучающийся должен:

### знать:

- ☐ основные понятия и уравнения геофизической гидродинамики;
- ☐ основные виды равновесных состояний в геофизических течениях, механизмы, компенсирующие отклонения от состояния равновесия;
- ☐ виды волновых движений в жидкости и газе;
- ☐ виды течений в атмосфере Земли и основные погодообразующие факторы;
- ☐ характерные особенности общей циркуляции атмосферы.

### уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ пользоваться справочной литературой научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых математических и физических данных и понятий.

### владеть:

- ☐ навыками самостоятельной работы с научной литературой по геофизической гидродинамике и с современными источниками информации (научные статьи, интернет);
- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ культурой постановки и исследования физических задач на основе математического моделирования.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия или в конце занятия по пройденной теме. Также проверяются задачи, сделанные в течении занятия.

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Вывод уравнений динамики атмосферы / океана в декартовой системе координат.
2. Уравнения гидротермодинамики атмосферы в сферической системе координат, вид дифференциальных операторов в сферической системе координат, лагранжева производная вектора. Приближение мелкой атмосферы.
3. Понятие о геофизическом течении. Анализ масштабов слагаемых в уравнениях гидротермодинамики атмосферы для геофизического течения в средних широтах.

4. Геострофический баланс, геострофический ветер. Приближение гидростатики.
5. Замена вертикальной координаты в уравнениях гидротермодинамики атмосферы, уравнения в  $r$ -системе координат.
6. Приближение трехмерных уравнений динамики атмосферы системой уравнений мелкой воды. Поверхностные гравитационные и инерционно-гравитационные волны.
7. Задача приспособления Россби.
8. Уравнение баротропного вихря, волны Россби.
9. Баротропная неустойчивость.
10. Потенциальная температура, устойчивая/не устойчивая/нейтральная стратификация атмосферы. Внутренние гравитационные и инерционно-гравитационные волны.
11. Квазигеострофическое приближение. Вертикальное распространение волн Россби.
12. Качественное описание механизма бароклинной неустойчивости.
13. Пограничный слой атмосферы. Экмановский пограничный слой.
14. Общая циркуляция атмосферы (ячейки Гадлея, Ферреля).

Примерный перечень билетов:

Билет №1.

1. Уравнения гидротермодинамики атмосферы в сферической системе координат, вид дифференциальных операторов в сферической системе координат, лагранжева производная вектора. Приближение мелкой атмосферы.
2. Геострофический баланс, геострофический ветер. Приближение гидростатики.

Билет №2.

1. Понятие о геофизическом течении. Анализ масштабов слагаемых в уравнениях гидротермодинамики атмосферы для геофизического течения в средних широтах.
2. Замена вертикальной координаты в уравнениях гидротермодинамики атмосферы, уравнения в  $r$ -системе координат.

#### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи заданий, или путем организации специального опроса, проводимого в устной форме.