

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Географический факультет

«Утверждено»

Декан географического факультета,
член-корр. РАНС А. Добролюбов



Согласовано
Учебно-методической комиссией
факультета

« 07 » 11 2019 г.,
протокол № 13
[Handwritten signature]

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретическая механика и гидромеханика»

по направлению подготовки 05.03.04 « Гидрометеорология »
уровня высшего образования бакалавриат
с присвоением квалификации «бакалавр»

Направленность (профиль):
Метеорология

**Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Географический факультет**

«Утверждено»

Декан географического факультета,
член-корр. РАН С.А. Добролюбов

_____ 2019 г.

Согласовано
Учебно-методической комиссией
факультета

« ____ » _____ 2019 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА И ГИДРОМЕХАНИКА»

по направлению подготовки **05.03.04 «Гидрометеорология»**
профиль «Метеорология»
уровня высшего образования **бакалавриат**
с присвоением квалификации **«бакалавр»**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки **05.03.04 «Гидрометеорология»** (*программы бакалавриата, реализуемой последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теоретическая механика и гидромеханика» являются:

–Изложение основных законов механики Ньютона и законов термодинамики в применении к механике жидкости и газа

–Построение математических моделей поведения жидкости. Представление основных законов механики и термодинамики в виде интегральных соотношений и дифференциальных уравнений в частных производных.

-- Применение этих моделей для исследования движения и термодинамического состояния атмосферного воздуха с учетом глобальных размеров бассейнов, контакта с океаном и вращения Земного шара.

Для достижения целей необходима реализация следующих *задач*:

Использование методов дифференциальных уравнений и математического анализа для изучения построенных моделей.

Интегрирование представляющих модели систем уравнений в определенных условиях. Получение качественных выводов для сравнения с реальными течениями и решения о применимости данных теоретических методов для изучения движения атмосферного воздуха.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Данная дисциплина является обязательной дисциплиной специализации профиля «Метеорология» и входит в модуль «Динамическая метеорология» профессионального цикла вариативной части ООП. Она преподается на 2 курсе бакалавриата в 3 и 4 семестрах.

Курс «Теоретическая механика и гидромеханика» базируется на знаниях математики и физики, полученных студентами на первом и втором курсах

Курс является одним из базовых в профессиональной подготовке метеоролога. Он призван дать студентам знания, необходимые для последующего изучения других дисциплин, а также для работы в различных областях метеорологии после окончания университета

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В соответствии с ОС МГУ и «Оценочными и методическими материалами формирования компетенций, оценивания уровня знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности у обучающихся и выпускников» освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций и получение следующих результатов обучения:

Компетенции выпускников образовательной программы	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Способность использовать знания об основах теоретической гидромеханики и их приложений к описанию динамики атмосферы в задачах численного моделирования атмосферных процессов и прогноза погоды (СПК-2.Б, формируется частично)	В результате освоения дисциплины обучающийся должен: Знать --Основные законы механики Ньютона в применении к механике сплошной среды. --Основные математические модели для описания движения воды и воздуха. Уметь --Выбирать такую математическую модель, которая нужна для конкретной задачи.

	<p>Владеть --Пользоваться математическими знаниями для решения этой задачи</p>
--	---

4. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц.

Общая аудиторная нагрузка – 124 ч, в т.ч. лекции – 93 ч и семинары – 31 ч. Объем самостоятельной работы студентов – 20 академических часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	семестр	неделя	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекции	семинары	СРС	
1	Модель сплошной среды и ее основные свойства	3	1	2			
2	Кинематика точки, системы точек, жидкости	3	2	2	2	1	
3	Движение абсолютно твердого тела	3	3	2	2	1	
4	Теория деформаций жидкости	3	4	2	2	2	
5	Закон сохранения массы Уравнение неразрывности	3	5-6	4	4	2	
6	Вихревые движения	3	7	2	2	2	Контрольная работа
	Коллоквиум по темам 1-6	3	8		2		Коллоквиум по темам 1-6
7	Законы Ньютона для точки, системы точек	3	9	2	2	2	
8	Влияние вращения Земли. Силы инерции.	3	10	2	2	1	
9	Уравнение количества движения сплошной среды. Уравнение момента количества движения	3	11	2	2	1	
10	Напряженное состояние. Тензор напряжений	3	12	2	4	1	
11	Идеальная и вязкая жидкость. Уравнения движения	3	13-14	4	4	2	
12	Основные понятия термодинамики	3	15-16	6	4	2	
13	Поверхности разрыва	3	17-18	4	4	1	Контрольная работа
	Промежуточная аттестация						
	Итого	3		36	36	18	Зачет

1	Гидростатика. Устойчивость равновесия	4	2	2	2	2	
2	Конвекция. Градиентные течения	4	2	2	2	2	
3	Идеальная жидкость. Уравнения Громеки-Лэмба. Интеграл Бернулли.	4	3-4	4	4	3	
4	Потенциальные течения. Интеграл Коши-Лагранжа	4	5	2	2	2	
5	Вихревые течения. Течения в океане и атмосфере. Приближение β -плоскости.	4	6-7	4	4	3	
6	Вязкая жидкость. Пограничный слой	4	8	2	2	2	
7	Турбулентные движения. Турбулентные напряжения.	4	9	2	2	2	
8	Модели турбулентного океана и атмосферы.	4	10-11	4	4	2	
9	Основы теории размерности и подобия	4	12-13	4	4	2	
		4	13				Контрольная работа
	Промежуточная аттестация						
	Итого	4		26	26	20	Экзамен

5. Содержание дисциплины

Содержание лекций

Третий семестр

Тема 1. Модель сплошной среды и ее основные свойства. Понятие континуума. Плотность среды. Материальная частица, материальный объем. Основные свойства сплошной среды: деформируемость, несжимаемость, вязкость.

Тема 2. Кинематика точки, системы точек, жидкости. Система отсчета, система координат. Вектор скорости и его компоненты. Вектор ускорения. Система материальных точек. Лагранжево и эйлерово описание движения сплошной среды. Полная, местная и конвективная производные по времени от векторной и скалярной величины. Стационарное поле скорости и плотности. Однородное поле. Траектории и линии тока. Производная по направлению. Вектор градиент. Потенциальные течения.

Тема 3. Движение абсолютно твердого тела. Модель абсолютно твердого тела. Поступательное движение. Вращение около оси. Вектор угловой скорости. Произвольное движение абсолютно твердого тела. Правило дифференцирования по времени вектора постоянной длины.

Тема 4. Теория деформаций жидкости. Распределение скоростей в материальной частице, формула Гельмгольца. Относительное удлинение отрезка. Тензор скоростей деформации. Механический смысл его компонент.

Тема 5. Закон сохранения. Уравнение неразрывности. Закон сохранения массы в интегральном представлении. Поток вектора, поток массы. Поток массы. Формула Остроградского-Гаусса. Уравнение неразрывности (непрерывности) Частные виды уравнения неразрывности. Оператор $\operatorname{div} \mathbf{A}$. Дивергенция скорости и ее механический смысл. Уравнение неразрывности для многокомпонентных сред. Вектор диффузии.

Тема 6. Вихревые движения. Оператор $\text{rot } \mathbf{A}$. Вектор вихря скорости и его механический смысл. Циркуляция вектора скорости и ее связь с вектором вихря скорости. Формула Стокса преобразования интеграла по поверхности в интеграл по контуру. Кинематические теоремы о вихрях. Потенциальные (безвихревые) течения.

Тема 7. Законы Ньютона для точки, системы точек. Уравнения движения. Кинематика относительного движения. Абсолютно неподвижная система координат. Законы Ньютона для материальной точки и системы точек в неподвижной системе координат. Понятие силы. Уравнение количества движения. Примеры его интегрирования. Начальные условия. Момент силы. Пара сил. Уравнение момента количества движения для точки и системы точек.

Тема 8. Влияние вращения Земли. Силы инерции. Инерциальные и неинерциальные системы координат. Уравнения движения в неинерциальных системах. Силы инерции. Система координат, связанная с поверхностью вращающейся Земли. Силы инерции в такой системе, их вид и оценка величины. Сила Кориолиса. Уравнения движения в системе координат, связанной с поверхностью вращающейся Земли.

Тема 9. Уравнение количества движения и момента количества движения сплошной среды. Интегральные законы сохранения количества движения и момента количества движения для сплошной среды. Классификация сил. Массовые и поверхностные силы.

Тема 10. Напряженное состояние. Тензор напряжений. Поверхностные силы. Вектор напряжений и его проекции на оси координат. Тензор напряжений, механический смысл его компонент. Нормальные и касательные напряжения. Дифференциальные уравнения движения сплошной среды в напряжениях.

Тема 11. Идеальная и вязкая жидкость. Уравнения движения. Модель жидкости. Вектор напряжений в идеальной жидкости. Давление. Уравнения движения идеальной жидкости (уравнения Эйлера). линейная (ньютоновская) вязкая жидкость. Уравнения движения (уравнения Навье-Стокс). Граничные условия. Замкнутая система уравнений для несжимаемой жидкости и баротропного газа.

Тема 12. Основные понятия термодинамики. Уравнение состояния. Совершенный газ – модель атмосферного воздуха. Первый закон термодинамики. Полная, кинетическая и внутренняя энергия. Работа. Теорема о кинетической энергии для материальной точки, системы точек и сплошной среды. Работа внутренних сил, ее вид для идеальной и вязкой жидкости. Диссипация механической энергии в вязкой жидкости. Вектор потока тепла. Уравнение притока тепла. Адиабатический и изотермический процессы. Закон теплопроводности Фурье. Уравнение теплопроводности. Второй закон термодинамики. Энтропия. Закон Фика для вектора потока диффузии. Уравнение диффузии.

Тема 13. Поверхности разрыва. Модель сплошной среды с поверхностью разрыва. Законы сохранения на поверхностях сильного разрыва. Тангенциальные разрывы и поверхности с перетеканием жидкости (ударные волны).

Четвертый семестр

Тема 1. Гидростатика. Устойчивость равновесия. Распределение давления и температуры в океане и атмосфере в поле силы тяжести. Модели атмосферы: однородная, изотермическая, политропная. Закон Архимеда. Понятие устойчивости решения. Устойчивость политропной атмосферы.

Тема 2. Конвекция. Градиентные течения. Течение жидкости в неоднородном поле температур в поле силы тяжести. Модель Буссинеска, замкнутая система уравнений. Течение с постоянной скоростью на поверхности вращающейся Земли. Течение вдоль поверхности постоянного давления.

Тема 3. Идеальная жидкость. Уравнения Громеки-Лэмба. Интеграл Бернулли. Интеграл Бернулли и условия его существования. Интеграл Бернулли для несжимаемой тяжелой жидкости и совершенного газ. Оценка учета сжимаемость жидкости для стационарных течений.

Тема 4 Потенциальные течения. Интеграл Коши-Лагранжа. Постановка задачи для потенциальных течений. Метод наложения потоков в несжимаемой жидкости. Течение от вихрестока – модель смерча. Течения сжимаемой жидкости с малыми возмущениями. Волновое уравнение и вид его общего решения. Звуковые волны. Скорость звука.

Тема 5. Вихревые течения. Течения в океане и атмосфере. Приближение β -плоскости. Динамические теоремы о вихрях. Примеры образования течений в океане и атмосфере Земного шара. Теорема об абсолютном вихре. Влияние вращения Земли на течения в океане и атмосфере в приближении β -плоскости.

Тема 6. Вязкая жидкость. Пограничный слой. Простейшие течения вязкой жидкости. Оценка вязкого члена в уравнениях движения. Модель вязкого пограничного слоя. Уравнения пограничного слоя.

Тема 7. Турбулентные движения. Турбулентные напряжения. Турбулентные пульсации и осредненные величины параметров. Осреднение уравнений движения, уравнения Рейнольдса. Турбулентные напряжения и турбулентная теплопроводность. Гипотезы Буссинеска. Коэффициенты турбулентной вязкости и турбулентной теплопроводности.

Тема 8 Модели турбулентного океана и атмосферы. Уравнения свободного океана и атмосферы. Турбулентный пограничный слой. Уравнения плоского турбулентного пограничного слоя. Логарифмический профиль скорости и температуры в приземном слое атмосферы.

Тема 9. Основы теории размерности и подобия. Первичные и вторичные параметры явления. Единицы измерения, системы единиц измерения. Размерные и безразмерные величины. Формула размерности. Основная теорема теории размерности (π -теорема) и следствия из нее. Механическое подобие явлений. Основные безразмерные критерии подобия. Система уравнений в безразмерных переменных.

План проведения семинаров

Семинары проводятся в соответствии с темами разделов дисциплины.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Самостоятельная работа студентов организуется с использованием предлагаемой преподавателем учебной и научной литературы по темам разделов дисциплины.

Самостоятельная работа студентов заключается в проработке материала лекций и выполнению практических заданий.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Перечень вопросов к контрольным работам

Семестр 3

1.

Основные математические операторы теории поля (дивергенция, градиент и т.д.)

Полная производная от скалярного и векторного поля и его компонент

Выражения для компонент тензор скоростей деформации

Теорема Остроградского-Гаусса

Теорема Стокса

Уравнение неразрывности

2.

Напряженное состояние в точке. Механический смысл компонент тензора напряжений. Идеальная жидкость (определение). Уравнения движения. Граничные условия. Изотропная линейная вязкая жидкость. Закон Навье для вязких напряжений. Граничные условия.

Адиабатический и изотермический процессы в жидкости и совершенном газе

Полная система уравнений для несжимаемой жидкости и баротропного газа.

Закон теплопроводности Фурье. Уравнение притока тепла для вязкой жидкости.

Кolloквиум

Вопросы 1-21 программы 3-го семестра

Семестр 4

1.

Основное уравнение гидростатики. Условия на границе раздела двух сред.

Интеграл Бернулли и требования для его выполнения

Интеграл Коши-Лагранжа и требования для его выполнения

Постановка задачи о потенциальном течении идеальной несжимаемой жидкости.

Теорема Томсона и условия ее выполнения.

Турбулентные напряжения. Гипотезы Буссинеска.

Уравнения турбулентного океана.

Уравнения несжимаемой жидкости в безразмерных переменных

8. Формы и содержание промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов к зачету (3 семестр)

1. Гипотеза сплошности. Понятие плотности.

2. Определение положения точки в пространстве. Закон движения. Скорость. Ускорение.

3. Метод Лагранжа. Закон движения. Траектории.

4. Метод Эйлера. Поля скорости и ускорения. Линии тока. Установившееся движение.

5. Полная, местная и конвективная производные по времени.

6. Производная по направлению. Вектор градиента и его свойства.

7. Потенциальное движение. Необходимые условия потенциальности векторного поля. Свойства потенциальных движений. Примеры.

8. Поступательное движение абсолютно твердого тела. Вращение его около неподвижной оси. Вектор угловой скорости. Распределение скоростей и ускорений.

9. Дифференцирование по времени вектора постоянной длины.

10. Распределение скоростей в произвольно движущемся твердом теле.

11. Деформация бесконечно малой жидкой частицы. Теорема Гельмгольца.

12. Механический смысл вектора вихря скорости и компонент тензора скоростей деформации.

13. Закон сохранения массы в интегральном виде. Поток массы. Поток векторного поля.

14. Уравнение неразрывности. Дивергенция скорости и ее механический смысл.

15. Теорема Остроградского-Гаусса. Приложения.

16. Уравнение неразрывности для смеси. Концентрация. Вектор потока диффузии.

17. Циркуляция скорости. Теорема Стокса. Приложения.

18. Течение от источника и стока.

19. Течение от точечного вихря.

20. Течение Куэтта (с полем скоростей $v_x = Ay, v_y = v_z = 0$).
21. Кинематика относительного движения. Теорема скоростей. Теорема ускорений.
22. Основные аксиомы механики Ньютона. Неподвижные и движущиеся системы координат. Силы инерции. Инерциальные и неинерциальные системы координат.
23. Влияние вращения Земли на направление и величину силы тяжести.
24. Уравнения относительного движения в системе координат, связанной с поверхностью вращающейся Земли. Влияние вращения Земли на движение в горизонтальной плоскости.
25. Уравнение количества движения для материальной точки. Две основные задачи механики.
26. Движение точки в поле силы тяжести. Начальные условия.
27. Теорема о количестве движения для системы материальных точек. Центр масс.
28. Силы, действующие в объеме сплошной среды. Классификация сил. Вектор напряжения.
29. Закон количества движения для жидкого объема (в интегральном виде).
30. Напряженное состояние в точке. Тензор напряжений. Нормальное и касательное напряжения.
31. Дифференциальные уравнения движения жидкости в напряжениях.
32. Уравнение момента количества движения для точки, системы точек и жидкого объема. Симметрия тензора напряжений.
33. Идеальная жидкость. Давление. Уравнения Эйлера.
34. Вязкая жидкость. Обобщенный закон Ньютона (закон Навье) для вязких напряжений. Уравнения Навье-Стокса.
35. Уравнение состояния. Примеры.
36. Замкнутая система уравнений для несжимаемой и баротропной жидкостей. Начальные и граничные условия. Граничные условия в идеальной и вязкой жидкости.
37. Первый закон термодинамики. Полная, кинетическая и внутренняя энергия жидкого объема. Кинетическая энергия материальной точки, системы точек, жидкого объема.
38. Работа. Потенциальные силы. Потенциал силы тяжести. Работа внешних сил и внешний приток тепла. Дифференциальное уравнение первого закона термодинамики.
39. Теорема о кинетической энергии для точки, системы точек и жидкого объема. Работа внешних и внутренних сил.
40. Теорема о кинетической энергии для жидкого объема. Работа внутренних сил.
41. Работа внутренних сил в идеальной и вязкой жидкости. Диссипация энергии в вязкой жидкости. Положительность коэффициентов вязкости.
42. Первый закон термодинамики. Уравнение притока тепла. Дифференциальное уравнение притока тепла.
43. Внутренняя энергия. Внутренняя энергия несжимаемой жидкости и совершенного газа.
44. Изотермические, адиабатические и политропные процессы в несжимаемой жидкости и совершенном газе.
45. Передача тепла путем теплопроводности. Закон Фурье. Уравнение притока тепла для вязкой теплопроводной среды.
46. Полная система уравнений для идеального сжимаемого совершенного газа. Начальные и граничные условия.
47. Полная система уравнений для вязкого сжимаемого теплопроводного совершенного газа. Начальные и граничные условия.
48. Формула дифференцирования интеграла по подвижному индивидуальному объему. Запись интегральных законов сохранения массы, импульса и энергии через потоки.

49. Поверхности разрыва. Условия на разрыве Тангенциальный разрыв и ударная волна.

Примерный перечень вопросов к экзамену (4 семестр)

1. Основное уравнение гидростатики. Гидростатическое распределение давления. Барометрическая формула. Политропная атмосфера.
2. Закон Архимеда. Устойчивость равновесия океана и атмосферы.
3. Уравнения свободной конвекции. Модель Буссинеска.
4. Градиентные (геострофические) течения в океане и атмосфере.
5. Уравнения движения в форме Громеки-Лэмба. Интеграл Бернулли. Интеграл Бернулли в системе, связанной с вращающейся Землей.
6. Интеграл Бернулли для несжимаемой и сжимаемой жидкости. Примеры приложений. Оценка влияния сжимаемости.
7. Интеграл Коши-Лагранжа.
8. Постановка задачи о потенциальном движении идеальной несжимаемой жидкости. Метод наложения потоков. Вихресток.
9. Волны малых возмущений в идеальной сжимаемой среде. Волновое уравнение. Скорость звука. Скорость звука в воде и воздухе.
10. Вихревые движения. Динамические теоремы о вихрях: теорема об изменении циркуляции скорости, теоремы Томсона, Лагранжа и Гельмгольца.
11. Причины образования вихрей в океане и атмосфере. Отсутствие баротропии, теорема Бьеркнеса. Примеры образования циркуляционных течений в океане и атмосфере.
12. Течения идеальной жидкости на поверхности вращающейся Земли. Теорема об абсолютном вихре. Циркуляционные течения в океане, вызванные вращением Земли.
13. Планетарные волны (волны Россби).
14. Вязкая жидкость. Течения Куэтта и Пуазейля. Уравнения вязкой жидкости в безразмерных переменных. Число Рейнольдса.
15. Пограничный слой в вязкой жидкости. Уравнения Прандтля. Граничные условия.
16. Ламинарный и турбулентный режимы течения. Уравнения Рейнольдса для турбулентных движений несжимаемой однородной жидкости. Турбулентная теплопроводность.
17. Турбулентные напряжения и турбулентный поток тепла. Гипотеза Буссинеска. Уравнения турбулентных движений для свободного океана.
18. Полуэмпирическая теория турбулентности Прандтля. Уравнения плоского турбулентного потока.
19. Уравнения турбулентного пограничного слоя. Пограничный слой в атмосфере. Течение вдоль плоской границы в приземном слое. Логарифмический профиль скорости и температуры.
20. Основы теории размерности. П-теорема.
21. Механическое подобие явлений. Критерии подобия. Уравнения для вязкого несжимаемого теплопроводного газа в безразмерной форме.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО)

4 семестр (экзамен)

Оценка	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
РО и соответствующие виды оценочных средств				

Знания (виды оценочных средств: контрольные задания)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: контрольные задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: контрольные задания)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

3 семестр (зачет)

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности принципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Д.С. Кузнецов Гидродинамика Л. Гидрометиздат. 1951 г.
2. Н.Е.Кочин, И.А.Кибель, Н.В.Розе, Теоретическая гидромеханика, т.1. М. Физматгиз, 1963.
- 3.Л.И.Седов. Механика сплошной среды. т.!,2
4. Гилл, Динамика атмосферы и океана, т.1,2, М. Мир, 1986

б) дополнительная литература

1.Л.Г.Лойцаеский. Механика жидкости и газа

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы – профессиональные базы данных и информационные справочные системы

.....

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория с мультимедийным проектором, экраном, доской для мела или фломастеров.

11. Контролирующие материалы по дисциплине (ФОС)

тесты контроля усвоенных знаний по дисциплине

- 1.Перечислить законы механики Ньютона.
- 2.Перечислит основные математические модели механики жидкости.
- 3.Что входит в математическую постановку задачи о движении жидкости.
- 4.Как с использованием безразмерных отношений оценивать величины разных членов уравнений.

Программа одобрена на заседании кафедры метеорологии и климатологии

Протокол № 632 от 20 ноября 2018 г.

Зав. кафедрой метеорологии и климатологии
д.г.н., профессор

_____ А.В. Кислов
подпись

Разработчик:

Е.И. Свешникова д.физ-мат н, профессор

МГУ имени М.В.Ломоносова,
механико-математический факультет
кафедра гидромеханики

Эксперт:

А.В. Кислов

заведующий кафедрой
метеорологии и климатоло-
логии,
д.г.н., профессор

МГУ имени М.В.Ломоносова,
географический факультет,
кафедра метеорологии и климатологии