Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
филиал МГУ в г. Севастополе
факультет естественных наук
кафедра физики и геофизики

**УТВЕРЖДАЮ**
Директор
Филиала МГУ в г. Севастополе
_____ О.А. Шпырко
«23» 09 2026 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Наименование дисциплины (модуля):**

**В-ПД Гидромеханика**

*код и наименование дисциплины (модуля)*

**Уровень высшего образования:**
***специалитет***

**Направление подготовки:**

**03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика**

*(код и название направления/специальности)*

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**общий**

*(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)*

Форма обучения:
очная
***очная, очно-заочная***

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры физики и геофизики
протокол №5 от «19» июня 2026 г.
Заведующий кафедрой
_____(К.В. Показеев)
(подпись)

Рабочая программа одобрена
Методическим советом
Филиала МГУ в г. Севастополе
Протокол №1 от «22» сентября 2026 г.
_____(Л.И. Теплова)
(подпись)

Севастополь, 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1780 (в редакции приказа МГУ от 10 июня 2021 года № 609, от 7 октября 2021 года № 1048, от 21 декабря 2021 года № 1404), приказами об утверждении изменений в ОС МГУ от 29 мая 2023 года №700, от 29 мая 2023 года, № 702, от 29 мая 2023 года № 703

Год (годы) приема на обучение: с 2020

*курс – 4*

*семестры – 7*

*зачетных единиц – 3*

*академических часов – 54, в т.ч.*

*лекций – 18 ак. ч.*

*практических занятий – 36 ак. ч.*

*Форма промежуточной аттестации:*

*экзамен в 7 семестре*

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.**

Дисциплина «Гидромеханика» входит в вариативную часть профессионального цикла ОС МГУ по направлению подготовки 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика» (специалитет). Курс является дополнительным разделом теоретической физики, не вошедшим в базовую часть программы бакалавриата. Курс способствует успешному изучению таких дисциплин вариативной части ОПОП, как «Теория турбулентности», «Модели океанической циркуляции» и других, которые студенты могут проходить по программе бакалавриата или магистратуры.

**2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).**

Успешное освоение дисциплин «Механика сплошных сред» и по высшей математике.

**3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

- возможности и условия применимости моделей сплошных сред к описанию сложных физических систем;
- принципы построения математических моделей физических процессов, явлений в сплошных средах;
- основные типы математических постановок физических задач механики сплошной среды.
- этапы построения численных моделей для типовых задач термогидромеханики.

Уметь:

- самостоятельно формулировать задачи механики сплошных сред, включая уравнения, начальные и краевые условия соответствующих математических моделей.
- самостоятельно строить адекватные расчётные схемы для численных моделей типовых задач термогидромеханики.

Владеть:

- методами математического описания процессов, имеющих место в сплошных средах.

Иметь опыт:

- построения численных моделей с применением методов математического описания процессов, имеющих место в сплошных средах для решения типовых задач термогидромеханики.

**4. Формат обучения –** контактный.

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет 3 з. е., в том числе 54 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (аудиторная нагрузка), 54 академических часа на самостоятельную работу обучающихся.

**6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.**

**6.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.**

| **Наименование разделов и тем дисциплины (модуля),**<br><br>**Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Номинальные трудозатраты обучающегося** | | | **Всего академических часов** | **Форма текущего контроля успеваемости** (наименование) |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы** | | **Самостоятельная работа обучающегося, академические часы** | | |
| | Занятия лекционного типа* | Занятия семинарского типа* | | | |
| Основы гидростатики | Консультации, 9 | Решение задач, 9 | 7 | 25 | - |
| Гидромеханика идеальной жидкости | Консультации, 9 | Решение задач, 9 | 8 | 26 | Контрольная работа |
| Гидромеханика вязкой жидкости | Консультации, 9 | Решение задач, 9 | 8 | 25 | Контрольная работа |
| Дополнительные аспекты гидромеханики | Консультации, 9 | Решение задач, 9 | 7 | 26 | - |
| Другие виды самостоятельной работы (при наличии): например, курсовая работа, творческая работа (эссе) | - | - | - | - | - |
| | 18 | 36 | 46 | 100 | |
| Промежуточная аттестация *(экзамен)* | | | 8 | 8 | |
| **Итого** | | | | 108 | |

**6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины.**

| № п/п | Наименование разделов (тем) дисциплины | Содержание разделов (тем) дисциплин |
|---|---|---|
| Лекции | | |
| 1. | **Основы гидростатики. Гидромеханика идеальной жидкости.** | **Лекция 1. Уравнения гидростатики и их интегрирование.** Уравнения равновесия. Гидростатический закон Паскаля. |

| | | |
|---|---|---|
| | | Условие для массовых сил. Условия на поверхности раздела двух жидкостей. Равновесие однородной несжимаемой жидкости. Равновесие баротропной жидкости. Общий случай равновесия жидкости в консервативном силовом поле. Барометрическая формула для однородной жидкости (океана). Барометрическая формула для изотермической и адиабатической атмосферы. Давление в центре Земли. Форма вращающейся планеты. Закон Архимеда.<br><br>**Лекция 2. Интегралы системы уравнений гидромеханики идеальной жидкости.**<br>Интеграл Бернулли. Примеры на применение интеграла Бернулли. Уравнения Эйлера в форме Громеки — Лэмба. Потенциальные, или безвихревые, движения. Интеграл Лагранжа. Интеграл Эйлера — Бернулли.<br>**Лекция 3. Обобщенные одномерные движения.**<br>Система уравнений. Движение несжимаемой жидкости в трубе переменного сечения. Движение сжимаемой жидкости в трубе переменного сечения. Элементарная теория сопла Лаваля.<br><br>**Лекция 4. Потенциальные течения идеальной однородной жидкости.**<br>Уравнения для потенциала скоростей. Граничные условия. Некоторые примеры потенциальных течений несжимаемой жидкости. Обтекание цилиндра. Парадокс Даламбера. Обтекание цилиндра с циркуляцией. Обтекание шара.<br>**Лекция 5. Плоские безвихревые установившиеся течения идеальной несжимаемой жидкости.**<br>Система уравнений. Потенциал скоростей. Функция тока. Комплексный потенциал и комплексная скорость. Примеры простейших плоских течений. Точечный источник. Точечный вихрь. Потенциальное обтекание кругового цилиндра потоком идеальной несжимаемой жидкости. Метод конформных отображений. Постулат |

| | | |
|---|---|---|
| | | Чаплыгина — Жуковского. Формулы Чаплыгина — Блазиуса. Интеграл от комплексной скорости. Теорема Жуковского. Формула для момента сил. Обтекание пластинки.<br>**Лекция 6. Теория тонкого крыла.**<br>Понятие тонкого крыла и условия обтекания для тонкого профиля. Решение задачи об обтекании тонкого профиля методом тригонометрических рядов. Решение задачи об обтекании профиля с нулевой толщиной. Решение задачи о бесциркуляционном обтекании тонкого симметричного профиля. Обтекание произвольного тонкого профиля.<br>**Лекция 7. Движение твердого тела в жидкости.**<br>Общий вид потенциала скоростей. Поведение потенциала скоростей в окрестности бесконечно удаленной точки. Расчет гидродинамических реакций при движении тела. Уравнения движения твердого тела в жидкости.<br>**Лекция 8. Динамика завихренности I.**<br>Теорема Кельвина о циркуляции. Теорема Лагранжа. Уравнение Гельмгольца (уравнение завихренности). Условие вмороженности векторного поля в жидкость. Динамические теоремы Гельмгольца о вихрях. Растяжение и наклон вихревых трубок. Цилиндрический вихрь Ранкина. Прямолинейная вихревая нить.<br>**Лекция 9. Динамика завихренности II.**<br>Двумерное уравнение завихренности. Уравнения движения точечных вихрей. Уравнение Гельмгольца с учетом вязкости. Уравнение Гельмгольца с учетом сжимаемости. Уравнение Гельмгольца с учетом неоднородности. Теорема Бьеркнеса. Уравнение Гельмгольца с учетом непотенциальных сил (силы Кориолиса). |
| 2. | **Гидромеханика вязкой жидкости.** | **Лекция 10. Ламинарные вязкие течения.**<br>Постановка задачи. Уравнение переноса энергии. Плотность вязкой диссипации. Течение Куэтта. Течение Пуазейля между пластинами. Течение Пуазейля в трубе. Формула Пуазейля.<br>Вращательное течение Куэтта |

| | | |
|---|---|---|
| | | между вращающимися цилиндрами.<br>Диффузия завихренности. Законы подобия. Движение вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса. Уравнения Стокса. Ламинарное обтекание шара. Формула Стокса.<br>**Лекция 11. Конвекция.**<br>Уравнение переноса тепла. Приближение Буссинеска. Стационарная конвекция в вертикальном канале. Тепловой пограничный слой. Число Релея. Конвекция Рслея-Бенара. Критическое число Релея.<br>**Лекция 12. Элементы газовой динамики.**<br>Линейные звуковые волны. Метод Римана. Метод Фурье. Сферические волны. Волна Римана. Причина образования ударной волны. Условия на поверхности разрыва ударной волны. Ударная адиабата Гюгонио. Предельный случай сильной ударной волны. Предельный случай слабой ударной волны. Скачок энтропии в ударной волне. Сильный взрыв. Косая ударная волна.<br>**Лекция 13. Гидродинамическая неустойчивость.**<br>Общий подход. Течение Куэтта между вращающимися цилиндрами. Неустойчивость Тейлора. Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца. Уравнение Тейлора-Гольдштейна. Критерий Ричардсона. Уравнение Релея. Критерий Релея. Теорема Ховарда о полукруге. Уравнение Орра-Зоммерфельда.<br>**Лекция 14. Турбулентность.**<br>Основные свойства турбулентности. Переход от ламинарного течения к турбулентному. Напряжения Рейнольдса. Бюджет кинетической энергии турбулентности. Каскад энергии. Инерционный интервал. Вязкий масштаб Колмогорова. Спектр Колмогорова-Обухова. Турбулентность в стратифицированной среде. Градиентное и потоковое число Ричардсона. Теория подобия Монина-Обухова.<br>**Лекция 15. Пограничный слой.**<br>Ламинарный пограничный слой. Уравнения Прандтля. Задача Блазиуса. Различные меры толщины пограничного слоя. Пограничный слой у криволинейной поверхности твердого тела. Отрыв |

| | | |
|---|---|---|
| | | пограничного слоя. Обтекание цилиндра вязкой жидкостью при разных значениях числа Рейнольдса. Турбулентный пограничный слой. Логарифмический профиль скорости. Шероховатая поверхность. |
| 3. | **Основы численных методов термогидромеханики.** | **Лекция 16. Применение теории размерностей к определению структуры решений уравнений Навье — Стокса. Автомодельные решения.**<br>**Лекция 17. Методы численного решения уравнений Навье — Стокса движения вязкой несжимаемой жидкости.** |
| 4. | **Магнитная гидродинамика.** | **Лекция 18. Магнитная гидродинамика.** |
| Семинары | | |
| 1. | **Основы гидростатики.**<br><br>**Семинар 1. Уравнения гидростатики и их интегрирование.** | Уравнения равновесия. Гидростатический закон Паскаля. Условие для массовых сил. Условия на поверхности раздела двух жидкостей. Равновесие однородной несжимаемой жидкости. Равновесие баротропной жидкости. Общий случай равновесия жидкости в консервативном силовом поле. Барометрическая формула для однородной жидкости (океана). Барометрическая формула для изотермической и адиабатической атмосферы. Давление в центре Земли. Форма вращающейся планеты. Закон Архимеда. |
| 2. | **Гидромеханика идеальной жидкости.**<br><br>**Семинар 2. Интегралы системы уравнений гидромеханики идеальной жидкости.** | Интеграл Бернулли. Примеры на применение интеграла Бернулли. Уравнения Эйлера в форме Громеки — Лэмба. Потенциальные, или безвихревые, движения. Интеграл Лагранжа. Интеграл Эйлера — Бернулли. |
| 3. | **Семинар 3. Обобщенные одномерные движения.** | Система уравнений. Движение несжимаемой жидкости в трубе переменного сечения. Движение сжимаемой жидкости в трубе переменного сечения. Элементарная теория сопла Лаваля. |
| 4. | **Семинар 4. Потенциальные течения идеальной однородной жидкости.** | Уравнения для потенциала скоростей. Граничные условия. Некоторые примеры потенциальных течений несжимаемой жидкости. Обтекание цилиндра. Парадокс Даламбера. Обтекание цилиндра с циркуляцией. Обтекание шара. |

**7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).**

**7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости: проверка домашних заданий.

Промежуточный контроль знаний: зачет в 7 семестре.

Порядок проведения зачёта.

Система промежуточного контроля знаний включает сдачу зачёта в конце 6-го семестра. Студенты письменно отвечают на 2 вопроса из представленного списка. На ответы дается 1 час.

**7.2 Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

- для зачета

Вопросы к зачёту.

1. Лагранжево описание движения сплошной среды.
2. Лагранжевы (материальные) координаты.
3. Закон движения точек сплошной среды.
4. Вычисление компонент вектора скорости по закону движения.
5. Вычисление ускорения по скорости при лагранжевом описании.
6. Эйлерово описание движения.
7. Пространственные координаты.
8. Вычисление поля ускорений по полю скоростей при эйлеровом описании.

*- для экзамена*

| **ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Оценка / РО и соответствующие виды оценочных средств | Не зачтено | Зачтено | | |
| **Знания** *(домашние задания)* | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания |
| **Умения** *(контрольные работы)* | Отсутствие умений | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) | Успешное и систематическое умение |
| **Навыки (владения, опыт деятельности)** *(зачет)* | Отсутствие навыков (владений, опыта) | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач |

**8. Ресурсное обеспечение:**

- **Перечень основной и дополнительной литературы**.


1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: в 10 т. Т 6 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – 5-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2007. – 264 с.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: в 10 т. Т 7 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – 5-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2001. – 736 с.

- **Описание материально-технического обеспечения.**
  Учебный кабинет №173, (40,71м $^2$)
  Учебных столов – 9 шт., стульев – 19 шт.,
  3-х створчатая доска для мела – 1 шт.,
  Стол для преподавателя – 1 шт.
  Стационарный экран для проектора – 1 шт.
  Мультимедийный проектор – Персональный компьютер в комплекте Стол для преподавателя Возможность подключения ноутбука и мультимедийного оборудования, беспроводной доступ в интернет Список ПО на ноутбуках: Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016, Google Chrome, Mozilla Firefox, Adobe Reader DC, VLC Media Player.

**9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в общей характеристике ОПОП.**

**10. Язык преподавания** русский.

**11. Преподаватель (преподаватели).**

Кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры физики и геофизики Олег Евгеньевич Кульша.

**12. Автор (авторы) программы.**

Кандидат физико-математических наук, старший преподаватель кафедры физики и геофизики Олег Евгеньевич Кульша.