

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Саровский физико-технический институт -
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Теоретической и экспериментальной механики»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф-м.н.

_____ **А.К. Чернышев**

« ____ » _____ **2023 г.**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы механики жидкости и газа

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	<u>15.03.03 Прикладная механика</u>
Наименование образовательной программы	<u>Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>бакалавр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой ТиЭМ,

д.т.н., доцент

протокол № _____ от _____ 2023 г.

_____ **А.Л. Михайлов**

« ____ » _____ 2023 г.

г. Саров, 2023 г.

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202____/202____ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202____/202____ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/КП	Форма(ы) контроля, экс./зач./ЗсО/	Интерактивные часы
5	32	3	108	16	16	16	24	-	Э	4
ИТОГО	32	3	108	16	16	16	24	-	36	4

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Основы механики жидкости и газа» обеспечивает не только нормативно-методическую базу освоения обучающимися профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», с квалификацией выпускника бакалавр, но и высокую профессиональную конкурентоспособность выпускников и их востребованность для решения актуальных задач и потребностей регионального и Всероссийского рынка труда, с учетом перспектив его развития.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Механика - наука о механическом движении и механическом взаимодействии материальных тел и сред. Её законы позволяют в большинстве практических случаев выявить причины движения, а применение её методов - рассчитать движение.

Основные разделы механики:

- ✓ теоретическая механика - наука о равновесии и движении материальной точки, системы материальных точек и абсолютно твердого тела;
- ✓ механика сплошных сред - механика жидкости и газа, теория упругости, теория пластичности, теория разрушения.

Задача преподавания дисциплины «Основы механики жидкости и газа» – сформировать у студентов:

- ✓ понимание методов теоретической механики жидкости и газа,
- ✓ навыки и приёмы решения практических задач.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Индекс дисциплины: Б1.В.06

Дисциплина относится к профессиональному циклу основной образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры» направления 15.03.03 Прикладная механика.

Учебный курс «Основы механики жидкости и газа» логически связан с предшествующими учебными курсами «Высшая математика» (разделы «Линейная алгебра и геометрия», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Уравнения математической физики»), «Общая физика», «Теоретическая механика», «Термодинамика и

теплопередача» и с последующими учебными курсами «Физика взрыва и удара», «Экспериментальная механика» и «Вычислительная механика».

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Ожидается, что в результате освоения дисциплины студент приобретет следующие компетенции:

Профессиональные компетенции (ПК)

в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: проектно-конструкторский			
участие в проектировании деталей и узлов с использованием программных систем компьютерного проектирования	Физико-механические процессы и явления, машины, конструкции, приборы и аппаратура и другие объекты современной техники различных подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ, которые для своего изучения и решения требуют разработки и применения экспериментальных методов исследования, математических и компьютерных моделей, основанных на законах механики.	ПК-6 Способен к разработке конструкторской документации на агрегаты, узлы, системы, комплексы в составе подсистем изделий, стенды для отработки подсистем изделий <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт «32.003. Специалист по проектированию и конструированию механических конструкций, узлов и агрегатов систем летательных аппаратов»	З-ПК-6 Знать нормативно-техническая документация: единая система конструкторской документации; руководство для конструкторов по прочности и по ресурсу; нормы прочности; перечни нормализованных элементов узлов и деталей У-ПК-6 Уметь применять методический аппарат и технологии конструирования систем и агрегатов изделий; использовать имеющиеся базы данных при конструировании деталей, узлов, агрегатов и систем, кинематических узлов; применять инструментарий: пользоваться стандартным программным обеспечением при оформлении документации; пользоваться стандартными пакетами прикладных программ при проведении расчетных, конструкторских и проектировочных работ,

			графическом оформлении проекта В-ПК-6 Владеть подготовкой и обработка исходных данных для разработки технического задания на агрегаты и системы; конструкторским сопровождением испытаний
--	--	--	--

4.1. Содержание разделов дисциплины.

Раздел 1. Введение. Основные уравнения и модели

1.1. Уравнения газо- и гидродинамики.

Приближение сплошной среды. Интегральные уравнения для Лагранжевого и Эйлера объема. Дифференциальные уравнения в Лагранжевой и Эйлеровой системах координат.

1.2. Модели жидкости и газа.

Модель идеальной несжимаемой жидкости. Модель идеального сжимаемого газа. Двухпараметрическая среда, термодинамические потенциалы. Модель вязкой несжимаемой жидкости. Модель вязкого сжимаемого газа.

1.3. Соотношения на разрывах.

Типы разрывов. Дифференциальные соотношения на разрывах. Нормальный и тангенциальный разрывы.

Раздел 2. Теория размерности и подобия

2.1. Размерные и безразмерные величины.

Основные определения теории размерности: первичные и вторичные единицы измерения, системы основных единиц измерения, формула размерности, размерно зависимые и независимые величины.

2.2. π -теорема.

π -теорема. Основные следствия из π -теоремы. Алгоритм применения π -теоремы.

2.3. Подобие и моделирование.

Определяющие параметры. Механически подобные явления. Критерии подобия.

Раздел 3. Гидростатика

3.1. Равновесие жидкости и газа в поле сил.

Основные интегральные и дифференциальные уравнения гидростатики. Равновесие в потенциальном поле сил.

3.2. Модели атмосферы. Устойчивость атмосферы.

Равновесие в равномерном поле силы тяжести. Барометрическая формула. Модели атмосферы: изобарическая, изотермическая, с линейным падением температуры с высотой, политропная. Устойчивость несжимаемой жидкости в равномерном поле силы тяжести. Устойчивость сжимаемого газа в равномерном поле силы тяжести. Турбулентность атмосферы.

3.3. Закон Архимеда. Устойчивость плавающих тел.

Обобщенный закон Архимеда. Условия выполнения и нарушения закона Архимеда. Устойчивость тел, плавающих на поверхности жидкости.

Раздел 4. Динамика идеальной жидкости

4.1. Основные теоремы.

Теорема Томсона. Теорема Лагранжа. Уравнения в форме Громеки-Лэмба. Уравнение для вихря. Теоремы Гельмгольца о вихрях.

4.2. Потенциальные течения.

Определение потенциала скорости. Однозначный и многозначный потенциал. Свойства потенциальных течений.

4.3. Идеальная баротропная жидкость в потенциальном поле сил.

Уравнения движения идеальной баротропной жидкости в потенциальном поле сил. Интеграл Коши-Лагранжа. Интеграл Бернулли.

Раздел 5. Потенциальные течения идеальной несжимаемой жидкости

5.1. Уравнения потенциального течения идеальной несжимаемой жидкости.

Свойства решений уравнения Лапласа. Внутренняя и внешняя задачи. Задачи Дирихле и Неймана. Теорема о поведении решения внешней задачи на бесконечности. Теорема единственности решения.

5.2. Частные решения.

Источник-сток, диполь, мультиполь, простой слой, двойной слой.

5.3. Движение твердых тел.

Движение сферы. Парадокс Делаμβера. Коэффициенты присоединенных масс.

5.4. Плоско-параллельное установившееся течение.

Метод конформных отображений. Частные решения: источник-сток, диполь, течение в угле. Поперечное обтекание цилиндра. Гипотеза Жуковского-Чаплыгина, безотрывное поперечное обтекание профиля. Обтекание со срывом струй, метод Кирхгофа.

Раздел 6. Вихревые течения идеальной несжимаемой жидкости

6.1. Поле скоростей и поле вихрей.

Формула Био-Савара. Вихревые нити и поверхности.

6.2. Теория Чаплыгина-Прандтля для крыла конечного размаха.

Вихревая пелена. Индуктивная скорость. Индуктивные подъемная сила и сила сопротивления. Крыло минимального индуктивного сопротивления.

Раздел 7. Установившиеся течения идеального газа в трубах

7.1. Непрерывные течения.

Уравнения для непрерывных течений. Скорость звука и число Маха. Параметры торможения. Критические параметры. Сопло Лавалля.

7.2. Разрывные течения.

Уравнения Рэнкина-Гюгонио. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемпелена.

7.3. Течения с теплоподводом.

Уравнения для течений с теплоподводом. Детонация и дефлаграция. Горение. Теорема Чепмена-Жуге.

Раздел 8. Одномерные нестационарные течения идеального газа

8.1. Основные уравнения.

Основные дифференциальные уравнения в Эйлеровой и Лагранжевой системах координат. Уравнения в характеристической форме.

8.2. Волны Римана.

Инварианты Римана. Волны Римана. Автомодельность.

8.3. Метод характеристик.

Задача Коши. Граничные условия на пространственно-подобных и времени-подобных кривых. Задача Гурса. Задача с условием на траектории.

8.4. Разрывные решения.

Соотношения на разрывах в одномерных течениях. Распад произвольного разрыва.

Раздел 9. Двумерные стационарные течения идеального газа

9.1. Метод годографа.

Метод годографа. Частный случай: дозвуковой и сверхзвуковой вихреисточники. Метод Чаплыгина. Уравнение Чаплыгина. Решение Цзяна, правило подобия Прандтля-Глауэрта.

9.2. Метод характеристик.

Уравнения в характеристической форме. Конус Маха. Ударная поляра.

9.3. Волновые движения.

Волны Прандтля-Майера. Ударные волны. Взаимодействие волн.

Раздел 10. Подобие при двумерном стационарном обтекании тонких тел идеальным газом

10.1. Обтекание плоского профиля.

Дозвуковое и сверхзвуковое обтекание тонкого плоского профиля, правила подобия Прандтля-Глауэрта и Гёттерта. Трансзвуковое обтекание тонкого плоского профиля, правило подобия Кармана.

10.2. Осесимметричное обтекание.

Осесимметричное обтекание тонкого профиля, правило подобия Осватича.

10.3. Гиперзвуковое обтекание.

Особенности гиперзвукового обтекания тонких тел. Приближенные решения для течения за ударной волной и в волне Прандтля-Майера. Правило гиперзвукового подобия.

Раздел 11. Динамика вязкой жидкости

11.1. Критерии подобия.

Основные уравнения и критерии подобия.

11.2. Точные решения.

Задача о течении в цилиндрических трубах: решение Гагена-Пуазейля. Задача об обтекании сферы: решение Стокса

11.3. Турбулентность.

Опыт Рейнольдса. Осреднение. Уравнения Рейнольдса. Структура турбулентности. Закон Колмогорова-Обухова.

Раздел 12. Пограничный слой

12.1. Общий случай обтекания тел.

Понятие пограничного слоя. Критерии подобия и асимптотики в задаче об обтекании тела. Кризис сопротивления.

12.2. Ламинарный пограничный слой.

Уравнения Прандтля. Задача Блазиуса о продольном обтекании тонкой пластинки.

12.3. Влияние теплопроводности и сжимаемости.

Уравнения с учетом теплопроводности и сжимаемости газа. Температура восстановления. Толщина вытеснения. Толщина потери импульса. Толщина потери энергии. Замена Крокко. Замена Дородницына.

12.4. Влияние турбулентности.

Полуэмпирическая теория Прандтля. Полуэмпирическая теория Кармана.

4.2. Лабораторный практикум 18 часов (по разделам)

Разделы 2, 4, 5 и 8. Лабораторные занятия – 10 час.

Лабораторная работа: Кумуляция при цилиндрической имплозии: моделирование схождения цилиндрической УВ на основе аналогии «мелкой воды»

Разделы 2 и 8. Лабораторные занятия – 8 час.

Лабораторная работа: Кумуляция при столкновении плоских слоев разной плотности: «слойка Забабахина»

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:

Учебным планом на изучение дисциплины отводится один семестр. В конце семестра предусмотрен экзамен.

При преподавании дисциплины методически целесообразно в каждом разделе курса выделить наиболее важные моменты и акцентировать на них внимание обучаемых.

Предлагается:

- в разделе 1 заострить внимание на выделении существенных и несущественных физических процессов в практических задачах механики жидкости и газа и

соответствующем выборе моделей для адекватного математического описания существенных физических процессов и уравнений для решения задачи;

- в разделе 2 обратить внимание на приёмы применения теории размерности и подобия для упрощения математического решения задачи и при постановке модельных экспериментов;
- в разделах 3-12 рассмотреть оценочные, аналитические и экспериментальные приемы решения классических задач механики жидкости и газа.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Лекции проводятся, как в традиционной форме, так и в форме лекций с использованием компьютерных презентаций.

Лабораторные работы проводятся на стендах в учебной лаборатории кафедры.

Самостоятельная работа включает выполнение домашних заданий (решение задач для лабораторных работ), подготовку к зачёту.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

Для текущего контроля успеваемости используются устный опрос на лекциях, решение задач на семинарах и при выполнении лабораторных работ.

Аттестация по дисциплине – зачёт.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Давыдова М.А. Лекции по гидродинамике. М.: Физматлит, 2011.
2. Мешков Е.Е. Исследование гидродинамических неустойчивостей в лабораторных экспериментах. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2006.
3. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: Физматлит, 2013.
4. Стернин Л.Е. Основы газовой динамики. М.: Вузовская книга, 2008

Дополнительная литература:

1. Волков, К.Н. [Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа](#)

[Электронный ресурс] / К.Н. Волков, В.Н. Емельянов. - Москва : Физматлит, 2012. - 468 с.

2. Механика жидкости и газа. Избранное [Электронный ресурс] . - Москва : Физматлит, 2003

1. **Аэродинамика. МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2010**
2. **Волков К.Н., Емельянов В.Н. Вычислительные технологии в задачах механики жидкости и газа. М.: Физматлит, 2013.**
3. Глушак Б.Л. Физика взрыва: Сборник задач и упражнений с решениями. Саров: ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", 2008.
4. **Давыдова М.А. Лекции по гидродинамике. М.: Физматлит, 2011.**
5. **Крайко А.Н. Теоретическая газовая динамика: классика и современность. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2010**
6. **Лобойко Б.Г., Диков О.Ю., Смирнов Е.Б. Сборник задач по газодинамике взрыва. Снежинск-М.: РФЯЦ-ВНИИТФ, 2007.**
7. **Петров А.Г. Аналитическая гидродинамика. М.: Физматлит, 2010.**
8. **Стернин Л.Е. Основы газовой динамики. М.: Вузовская книга, 2008.**
9. **Штеренлихт Д.В. Гидравлика. М.: Энергоатомиздат, 1984 (3-е изд., перераб. и доп. – М.: КОЛОСС, 2005.)**

Программное обеспечение для проведения презентаций (лекции) и обработки результатов экспериментов (лабораторные работы).

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекции и практические занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащённой компьютером и мультимедийным проектором.

Лабораторные занятия проводятся в научно-учебной гидродинамической лаборатории СарФТИ, оснащенной всем необходимым учебным лабораторным оборудованием.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению 15.03.03 Прикладная механика.

Программу составил:

доцент кафедры ТиЭМ, начальник НИ лаборатории ИТМФ РФЯЦ-ВНИИЭФ

к.ф-м.н.

А.Г. Иоилев

Рецензент: заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов