

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук
(ИПМех РАН)

«Утверждаю»
Директор ИПМех РАН
д.ф.-м.н.
С.Е. Якуш



«28» сентября 2018 г.

Рабочая программа учебной дисциплины (РПУД)
«Механика жидкости и газа»

Направление подготовки 01.06.01 Математика и механика
Специальность 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы

Форма подготовки (очная)
Отдел аспирантуры ИПМех РАН

Всего 108 часов, всего зачетных единиц – 3
Аудиторных часов – 36, в том числе:
лекции – 36 часов
Самостоятельная работа – 72 часа

Рабочая программа составлена в соответствии с Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 30 июля 2014 г. № 866 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)".

Составитель: зам. директора, д.ф.-м.н. Якуш С.Е.

Заведующий отделом аспирантуры: Щелчкова И.Н.

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Механика жидкости и газа» предназначена для аспирантов, обучающихся по специальности 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы, и входит в вариативную часть учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, учебный план подготовки аспирантов по специальности 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы.

Цель - формирование расширенных представлений в области механики жидкости и газа.

Задачи:

1. Исследовать закономерности течения жидкостей и газов в различных режимах;
2. Изучить уравнения механики сплошных сред, описывающие движение жидкостей и газов;
3. Рассмотреть постановки и схемы решения задач механики жидкости и газа и их применение для решения теоретических и прикладных задач.

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины

Универсальные компетенции:

УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК -3 Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК - 1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

ОПК - 2 Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;

Профессиональные компетенции:

ПК – 7 Умение использовать системный подход к исследованию технических систем и выработке стратегии научной деятельности в процессе реализации научных и технологических инноваций;

ПК - 8 Способность использовать знания в области математики и механики для дальнейшего освоения дисциплин в соответствии с профилем подготовки;

ПК - 11 Способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики жидкости и газа, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, с целью установления законов движения жидкостей и газов в различных режимах, распространении волн малой и большой амплитуды в жидкостях и газах;

ПК - 12 Способность самостоятельно применять методы механики сплошных сред и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению задач механики жидкости и газа.

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

знать:

- методы реализации научно-исследовательской деятельности в области математики и механики, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий;

- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые для изучения течений жидкостей и газа в однородных и стратифицированных средах;

- научные основы и закономерности гидрогазодинамических явлений, применяемые при постановке и решении математических задач механики жидкости и газа;

- современные методы экспериментальной механики жидкости и газа для реагирующих систем, методы планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных;

уметь:

- планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

- использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых закономерностей течений жидкостей и газов и распространения волн в однородных и стратифицированных средах;

- делать качественные оценки с применением критериального подхода для определения условий движения жидкостей и газов, режимов и устойчивости течений;

- использовать свои знания для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач, включающих процессы движения жидкостей и газов;

- иметь представление о применении теоретических моделей механики жидкости и газа для анализа технических систем;

владеть:

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации; выбора методов и средств решения задач исследования, навыками работы с вычислительной техникой;

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, компьютерными технологиями, применяемыми в области механики жидкости и газа, волновой динамики, течений в стратифицированных средах;

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для прогноза поведения гидрогазодинамических систем при различных режимах течения;

- современными методами экспериментальных исследований в области механики жидкости и газа, методами обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (36 час.)

Основы механики сплошных сред (16 час.)

Тема 1. Основные понятия механики сплошных сред (2 час.)

Обзор основных положений механики сплошных сред. Понятие поля скорости. Линии и трубки тока. Понятие жидкой частицы. Идеальная жидкость. Несжимаемая жидкость.

Тема 2. Уравнения механики сплошных сред (6 час.)

Вывод уравнений механики сплошных сред. Эйлеров и лагранжев подход к формулировке законов сохранения. Интегральная и дифференциальная форма записи. Субстанциональная производная. Уравнение неразрывности как выражение закона сохранения массы. Уравнение импульса, различные формы записи. Уравнение энергии,

различные формы записи. Особенности течений идеальной жидкости. Интеграл Бернулли.

Тема 3. Основные положения модели идеальной несжимаемой жидкости (4 час.)

Число Маха и пределы применимости модели идеальной несжимаемой жидкости. Вывод основных уравнений движения идеальной несжимаемой жидкости. Начальные и краевые условия. Плоские движения идеальной несжимаемой жидкости. Применение функций комплексного переменного для описания движения идеальной несжимаемой жидкости.

Тема 4. Задачи теории идеальной несжимаемой жидкости (4 час.)

Вихри. Волновое движение идеальной жидкости. Плоские волны. Фазовая и групповая скорости. Задача Коши-Пуассона. Число Фруда. Возбуждение волн движущимися телами. Волновое сопротивление. Поверхностные волны при наличии капиллярных сил. Методы наблюдения и измерения поверхностных волн.

Гидродинамика и волновая динамика жидкостей (20 час.)

Тема 1. Особенности течения в стратифицированных средах. (2 час.)

Стратификация природных жидких технологических систем (океан, атмосфера). Необходимость учета этого фактора для жизнедеятельности человека. Двухслойная модель стратификации. Существование внутренних волн. Их свойства.

Тема 2. Волны в стратифицированных средах (4 час)

Задача Кельвина об устойчивости границы раздела двух потоков. Фазовые и групповые скорости в задаче Кельвина. Модель непрерывно-стратифицированной среды. Вывод основных уравнений теории внутренних волн. Частота Брента-Вяйсяля. Дисперсионные кривые. Фазовые и групповые скорости внутренних волн. Методы расчета собственных частот и собственных функций. Методы наблюдения и измерения внутренних волн. Некоторые сведения об океанологических наблюдениях, характеризующих

внутренние волны и их влияние на жизнедеятельность человека в океане.

Тема 3. Основные положения модели вязкой жидкости (2 час.)

Формулировка краевых и начальных условий. Влияние вязкости на формулировку краевых задач. Основные сведения из теории сингулярно возмущенных краевых задач. Числа Фруда, Рейнольдса. Приведение уравнений Навье-Стокса к безразмерным переменным.

Тема 4. Задачи о течении вязкой несжимаемой жидкости (6 час.)

Точные решения уравнений Навье-Стокса. Течение Хагена-Пуазейля. Диффузия вихря. Течение Тейлора. Течение вблизи колеблющейся стенки. Задача Хаммеля о течении вязкой жидкости в диффузоре, численно-аналитическое решение. Приближение малых чисел Рейнольдса. Течение Стокса-Озеена. Теория смазки, движение ледников. Приближение больших чисел Рейнольдса. Основные понятия теории пограничного слоя. Простейшие примеры интегрирования уравнений пограничного слоя

Тема 5. Акустическое приближение в механике идеальной сжимаемой жидкости (6 час.)

Вывод основных уравнений акустики. Акустические свойства среды. Формулировка краевых и начальных условий. Фазовая и групповая скорости в акустике. Стоячие волны. Собственные частоты и собственные функции (формы колебаний). Распространение волн в трубах постоянного сечения. Резонансный метод и его применение. Распространение звука в трубах переменного сечения. Методы решения задач Штурма-Лиувилля для уравнений с переменными коэффициентами. Излучение звука различными излучателями в однородной жидкости. Пределы применимости акустического приближения.

КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Вопросы к экзамену

1. Основные положения механики сплошных сред. Понятие поля

скорости. Линии и трубки тока.

2. Идеальная жидкость. Несжимаемая жидкость.
3. Эйлеров и лагранжев подход к формулировке законов сохранения.
4. Интегральная и дифференциальная форма записи уравнений механики сплошных сред. Субстанциональная производная.
5. Уравнения неразрывности, импульса и энергии в механике сплошных сред.
6. Особенности течений идеальной жидкости. Интеграл Бернулли.
7. Число Маха и пределы применимости модели идеальной несжимаемой жидкости.
8. Вывод основных уравнений движения идеальной несжимаемой жидкости. Начальные и краевые условия.
9. Плоские движения идеальной несжимаемой жидкости.
10. Применение функций комплексного переменного для описания движения идеальной несжимаемой жидкости.
11. Волновое движение идеальной жидкости. Плоские волны.
12. Фазовая и групповая скорости.
13. Задача Коши-Пуассона. Число Фруда.
14. Возбуждение волн движущимися телами. Волновое сопротивление.
15. Поверхностные волны при наличии капиллярных сил. Методы наблюдения и измерения поверхностных волн.
16. Двухслойная модель стратификации.
17. Существование внутренних волн. Их свойства.
18. Задача Кельвина об устойчивости границы раздела двух потоков.
19. Вывод основных уравнений теории внутренних волн.
20. Приведение уравнений Навье-Стокса к безразмерным переменным.
21. Частота Брента-Вяйсяля. Дисперсионные кривые. Фазовые и групповые скорости внутренних волн.
22. Методы расчета собственных частот и собственных функций. Методы наблюдения и измерения внутренних волн.

23. Точные решения уравнений Навье-Стокса. Течение Хагена-Пуазейля.
24. Диффузия вихря. Течение Тейлора.
25. Приближение малых чисел Рейнольдса. Течение Стокса-Озеена.
26. Основные понятия теории пограничного слоя.
27. Вывод основных уравнений акустики.
28. Акустические свойства среды. Формулировка краевых и начальных условий.
29. Фазовая и групповая скорости в акустике. Стоячие волны.
30. Собственные частоты и собственные функции (формы колебаний).
31. Распространение волн в трубах постоянного сечения.
32. Резонансный метод и его применение.
33. Распространение звука в трубах переменного сечения.
34. Методы решения задач Штурма-Лиувилля для уравнений с переменными коэффициентами.
35. Излучение звука различными излучателями в однородной жидкости.
36. Пределы применимости акустического приближения

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Кочин Н.Е. Кибель И.А. Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. 1, М.: Физматлит, 1963, 584 с.

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН

2. Кочин Н.Е. Кибель И.А. Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. 2, М.: Физматлит, 1963, 728 с.

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН

3. Милн-Томсон Теоретическая гидродинамика, М.: Мир, 1964, 656 с

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН

4. Сретенский Л. Н. Теория волновых движений жидкости. М.: Наука, 1977, 816 с

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН

5. Лэмб Г. Гидродинамика. М.: Гостехиздат, 1947. 780 с.

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН

6. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. 7 изд. М.: Дрофа, 2003.

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН

Дополнительная литература
(печатные и электронные издания)

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. М.: Наука, 1986.

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН

2. Сретенский Л.Н. Динамическая теория приливов. М.: Наука, 1987, 472 с.

3. Госсард Э., Хук У. Волны в атмосфере. М.: Мир, 1978. 516 с.

4. Эккорт К. Гидродинамика океана и атмосферы. М.: Мир, 1964. 216 с

Справочно-информационный фонд ИПМех РАН