

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИТ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Директор
академик РАН

Д.М.Маркович

«21» апреля 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА дисциплины

Гидродинамика

Научная специальность 1.3.14 Термофизика и теоретическая теплотехника

Новосибирск 2022

Дисциплина «Гидродинамика» реализуется в рамках образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.3.14 Термофизика и теоретическая теплотехника по очной форме обучения на русском языке.

Дисциплина «Гидродинамика» реализуется в пятом семестре в составе модуля «Термофизика и теоретическая теплотехника» и является базовой для выполнения научно-исследовательской деятельности и подготовки к защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины

Достижение понимания концептуального единства математических моделей гидродинамики идеальной и вязкой жидкостей при всем имеющемся их разнообразии в конкретных разделах механики сплошных сред.

Задачи дисциплины

Усвоение понятий, связанных с математическими моделями гидродинамики идеальной и вязкой жидкости и развитие базовых навыков в области механики сплошных сред и теплофизики.

2. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 академических часов.

2.1. Структура дисциплины

№ п/ п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)					Вид итогового контроля	
		Всего	В контактной форме	Лекц.	Контакт- ных часов на аттеста- цию	Консуль- тации		
1	Гидродинамика	108	56	48	5	3	52	Зачёт

2.2. Содержание дисциплины

2.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)		Самостоятельная работа
		Лек.	Сам. работа	
1	Уравнения движения несжимаемой жидкости	18		18
2	Теория течения идеальной жидкости	18		17
3	Теория течения вязкой жидкости	12		17

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятий
1	Уравнения движения несжимаемой жидкости	<p>Сплошная среда. Два способа описания движений среды. Линии тока и траектории. Разложение поля скорости в окрестности точки. Вихревые линии и трубы. Циркуляция. Завихренность и тензор скоростей деформации. Субстанциональная производная. Интегралы по жидким объемам, поверхностям и линиям и производные от них по времени. Интегральные законы сохранения массы и импульса (в двух формах: жидкий и фиксированный объем). Поток массы и поток импульса. Принцип и теорема Коши. Объемные и поверхностные силы, тензор напряжений, механическое давление. Закон сохранения момента импульса и симметрия тензора напряжений. Гидростатика. Дифференциальная форма законов сохранения: уравнение неразрывности, Эйлера, переноса энтропии. Теоремы Кельвина о циркуляции и Лагранжа о завихренности в идеальной жидкости. Уравнение переноса энергии и энтропии в среде с диссипацией. Производство энтропии и второе начало термодинамики. Объемная и сдвиговая вязкость и теплопроводность среды. Уравнения Навье-Стокса и переноса энтальпии. Диссипативная функция. Уравнение переноса завихренности и тензора скоростей деформации. Восстановление поля скорости по его дивергенции и ротору. Давление как пуассоновский интеграл. Уравнение движения жидкости в форме Громеки-Лэмба. Стационарное течение, интеграл Бернуlli. Теорема импульсов в эйлеровом представлении. Нестационарное потенциальное движение, интеграл Коши-Лагранжа.</p>	Лекции, самостоятельная ра- бота
2	Теория течения идеальной жидкости	<p>Потенциальное движение несжимаемой жидкости. Источник, вихрь, вихресток. Суперпозиция особенностей. Обтекание цилиндра и сферы. Парадокс Даламбера и формула Жуковского для подъемной силы движущегося цилиндра. Методы ТФКП в гидродинамике. Функция тока, комплексные потенциал и скорость. Преобразование скорости, энергии и особенностей при конформных отображениях. Теорема об окружности и примеры ее использования. Формула комплексной силы, возникающей при обтекании произвольного контура с циркуляцией и расходом. Обтекание эллиптического цилиндра и пластинки. Момент сил, действующих на контур. Гамильтоновы уравнения движения точечных вихрей. Энергия, импульс и момент импульса системы вихрей. Случай точного интегрирования уравнений движения. Стохастические траектории вихрей. Потенциальные течения со свободными поверхностями. Вытекание плоской струи из отверстия. Гравитационные волны на поверхности воды. Предельная волна Стокса.</p>	Лекции, самостоятельная ра- бота

3	Теория течения вязкой жидкости	Движения вязкой жидкости, граничные условия, диссипация энергии. Течения в трубах. Критерий Рейнольдса и переход к турбулентности. Течения при малых числах Рейнольдса: функция тока Стокса, решение Стокса для сферы и Адамара-Рыбчинского для капли. Точные решения уравнений Навье-Стокса: течение вблизи критической точки на теле и на врашающемся диске, течения в диффузоре и конфузоре, затопленная струя Ландау. Течение при больших числах Рейнольдса - пограничный слой Прандтля. Потеря устойчивости и переход к турбулентности. Кризис сопротивления.	Лекции, самостоятельная работа
---	--------------------------------	--	--------------------------------

3. Технология обучения

В ходе реализации учебного процесса по дисциплине проводятся лекционные и практические (семинарские) занятия (в контактной форме и в on-line режиме). Материал лекционного курса увязывается с передовыми исследованиями всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки аспирантов. Специально указываются темы, активно обсуждающиеся в текущей профессиональной научной литературе. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарах, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

4. Правила аттестации аспирантов по учебной дисциплине

По дисциплине «Гидродинамика» проводятся текущая и промежуточная аттестации. Текущий контроль по дисциплине «Гидродинамика» проводится представлением доклада (в форме презентации) на семинаре по одному из разделов программы курса, по результатам которой выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено». Оценка «зачтено» по результатам является одним из условий допуска к прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Гидродинамика» проводится в рамках промежуточной аттестации по модулю «Теплофизика и теоретические основы теплообмена».

5. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных занятий
2	Компьютер на рабочем месте (с выходом в Internet)	Для организации самостоятельной работы обучающихся

6. Литература

Основная литература:

- 1.Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа.-М.:Дрофа, 2003.
- 2.Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика.-М.:Наука, 1986.
- 3.Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости.М.:, 1973.
4. Алексеенко С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л. Введение в теорию концентрированный вихрь. – Новосибирск: ИТ СО РАН, 2003.
- 5.Левич Г.В. Физико-химическая гидродинамика. Изд. физ.-мат. литературы, М. 1959.

Дополнительная литература:

1. Де Гроот С., Мазур П. Неравновесная термодинамика. М. «Мир», 1964
2. Дж.Хаппель, Г.Бреннер. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса. М.»Мир», 1976

Утверждена на заседании Ученого совета ИТ СО РАН 15 апреля 2022 г.
протокол № 05-2022

Рабочую программу разработал д.ф.-м.н.

С.И. Лежнин

Согласовано:

Зам. директора по научной работе

к.ф.-м.н.



Д.Ф. Сиковский