

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный
университет имени И.Н. Ульянова»



Е.Н. Кадышев

апрель

2022 г.

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА

по научной специальности
1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

Программу составил(и):

Доктор ф.м. наук, профессор

Терентьев А.Г

Программа рассмотрена и одобрена:

На заседании кафедры высшей математики и теоретической механики. С.Ф.Сайкина
30 марта 2022 г., протокол № 3

заведующий кафедрой

А.С. Сабилов

Согласовано:

Начальник отдела подготовки и
повышения квалификации
научно-педагогических кадров

С.Б. Харитоновна

1. Содержание кандидатского экзамена.

№ п/п	Наименование раздела	Содержание
Раздел 1. Механика жидкости, газа и плазмы и области ее приложения		
1.	Тема 1. Вводные положения	Сплошные среды как непрерывные континуумы. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии
2.	Тема 2. Кинематика деформируемых континуумов	Системы координат и системы отсчета. Системы отсчета наблюдателя и система отсчета подвижная. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Понятие инерциальных систем отсчета в ньютоновской механике. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошной среды. Закон движения сплошной среды. Поле перемещений, поле скоростей, поле температур, поле внутренних напряжений, электромагнитное поле и т.п.
3.	Тема 3. Основные понятия и уравнения динамики	Масса и плотность. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Примеры сил. Уравнения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Динамические дифференциальные уравнения движения сплошной среды. Элементарная работа внутренних массовых и поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. Понятие о параметрах состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии и понятие о внутренней энергии. Понятие о потоке тепла и температуре и внутренней энергии. Уравнение притока тепла. Законы для притока тепла за счет теплопроводности. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная шкала температур.

4.	Тема 4. Общая теория движения жидких и газообразных сред	<p>Модели идеальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей и совершенного газа. Уравнений Эйлера. Баротропные процессы и различные виды интеграла Коши-Лагранжа и интеграла Бернулли. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Модель вязкой жидкости. Законы Навье-Стокса. Применение интегральных соотношений к конечным объемам материальной среды при установившемся движении. Явление кавитации.</p>
5.	Тема 5. Движение идеальной жидкости	<p>Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости. Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела. Обтекание сферы. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Парадокс Даламбера. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики. Плоские задачи о стационарном обтекании жидкостью профиля. Формулы С.А.Чаплыгина и теорема Н.Е.Жуковского. Правило Н.Е.Жуковского и С.А.Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденные движения прямолинейных вихрей в плоском потоке. Возникновение вихрей. Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность. Постановка задачи Коши-Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости. Волновое сопротивление при плоском движении жидкости.</p>

6.	Тема 6. Движения вязкой жидкости. Теория пограничного слоя. Турбулентность	Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости в цилиндрических трубах. Задача о движении сферы вязкой жидкости в постановке Стокса. Управление ламинарного пограничного слоя в несжимаемой жидкости и в газе. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного слоя. Турбулентность. Турбулентные движения жидкости в цилиндрических трубах. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Явление отрыва пограничного слоя. Полуэмпирические теории турбулентности. Определение сопротивления тел с учетом пограничного слоя. Теплообмен с газовым потоком на основе теории пограничного слоя.
7.	Тема 7. Газовая динамика	Теория распространения звука. Проблемы дифракции звука. Линейная теория сверхзвукового обтекания тонких профилей и тел вращения. Кинематика распространения волн, фазы, амплитуда. Запаздывающие потенциалы. Эффект Доплера, линии Маха. Характеристики уравнений в частных производных. Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Простая волна Римана и эффект опрокидывания волны. Качественное описание решения задачи о распаде сильного разрыва. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной.
8.	Тема 8. Механическое подобие, моделирование	Система определяющих параметров для выделенного класса явлений в теории и при постановке экспериментов. Величины с основными и производными размерностями. Формула размерностей. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.
Раздел 2. Математические методы в механике сплошной среды.		

9.	Тема 9. Элементы векторного и тензорного анализа.	Векторы. Свойства векторов. Скалярное произведение. Базисные векторы и компоненты векторов. Ортонормированный базис. Символьные обозначения. Переход от одного базиса к другому. Произвольный базис и компоненты векторов. Тензоры. Действия над тензорами. Тензор второго ранга. Симметричный тензор. Главные направления и главные значения тензора. Инварианты тензора. Применение тензорного анализа при выводе основных уравнений механики сплошных сред. Евклидово пространство. Декартова и аффинная система координат. Криволинейные координаты и локальный базис. Преобразование криволинейных координат. Производные векторных и тензорных функций. Тензор Римана-Кристоффеля. Условия евклидовости пространства. Дифференциальные операторы. Ортогональные координаты.
10.	Тема 10. Математические методы теории упругости.	Деформация сплошной среды. Способы задания деформации. Тензор деформации. Геометрический смысл компонент тензора деформаций. Деформация малого объема. Инварианты тензора деформаций. Уравнения неразрывности в Лагранжевых и Эйлеровых переменных. Напряженное состояние. Классификация сил. Поверхностные силы и вектор напряжения. Тензор напряжений. Выражение вектора напряжений через тензор напряжений. Свойства тензора напряжений. Инварианты тензора напряжений. Главные значения и главные направления. Анализ напряжений. Поверхность напряжений Коши. Максимальное и минимальное касательное напряжение. Область изменения нормального и касательного напряжения. Круги Мора. Шаровой тензор напряжений и девиатор.
11.	Тема 11. Дифференциальные уравнения в частных производных.	Общие представления решений линейных дифференциальных уравнений эллиптического типа второго порядка. Интегральные уравнения типа Вольтера в комплексной области. Разложение и аппроксимация решений однородного уравнения. Граничные задачи. Общие представления решений полигармонических уравнений. Элементарные решения и функция Грина. Уравнение с постоянными коэффициентами. Граничные задачи. Интегральная запись граничных условий. Функция Грина для круговой области. Приложения в теории упругости. Плоская задача теории упругости. Изгиб тонких пластинок. Теория тонкой сферической оболочки.

12.	Тема 12. Численные методы.	Общие сведения по вычислительной математике. Математические модели гидродинамики и газовой динамики и методы их исследования. Метод конечных элементов и применение к решению гидродинамических задач. Решение краевых задач методом граничных элементов. Приложение к гидродинамике идеальной жидкости.
-----	----------------------------	--

2. Перечень вопросов к кандидатскому экзамену.

1. Сплошные среды как непрерывные континуумы.
2. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
3. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.
4. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости, газа и плазмы.
5. Системы координат и системы отсчета.
6. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошной среды.
7. Определение и свойства кинематических характеристик движения.
8. Масса и плотность. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа.
9. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.
10. Элементарная работа внутренних массовых и поверхностных сил.
11. Закон сохранения энергии и понятие о внутренней энергии.
12. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики.
13. Модели идеальной несжимаемой и сжимаемой жидкостей и совершенного газа.
14. Модель вязкой жидкости. Законы Навье-Стокса. Явление кавитации.
15. Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости.
16. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости.
17. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики
18. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач аэродинамики.
19. Плоские задачи о стационарном обтекании жидкостью профиля.
20. Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам.
21. Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха.
22. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости в цилиндрических трубах.
23. Турбулентные движения жидкости в цилиндрических трубах.
24. Уравнения Рейнольдса.
25. Теплообмен с газовым потоком на основе теории пограничного слоя.
26. Теория распространения звука. Проблемы дифракции звука.
27. Кинематика распространения волн, фазы, амплитуда. Запаздывающие потенциалы.
28. Простая волна Римана и эффект опрокидывания волны.
29. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера.
30. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений в теории и при постановке экспериментов.
31. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда,
32. Критерии подобия. Числа Рейнольдса, Струхала, Прандтля.
33. Векторы, их свойства и действия над ними. Базисные векторы.
34. Тензоры и действия над ними. Главные направления и главные значения тензора.
35. Евклидово пространство. Декартова и аффинная система координат. Криволинейные координаты и локальный базис. Преобразование криволинейных координат.

36. Производные векторных и тензорных функций. Тензор Римана-Кристоффеля.
37. Деформация сплошной среды. Тензор деформации.
38. Напряженное состояние. Вектор и тензор напряжений. Главные значения и главные направления.
39. Анализ напряжений. Поверхность напряжений Коши. Круги Мора.
40. Линейные дифференциальные уравнения эллиптического типа второго порядка.
41. Полигармонические уравнения. Элементарные решения и функция Грина. Граничные задачи.
42. Приложения полигармонического уравнения в теории упругости.
43. Методы граничных и конечных элементов при решении гидродинамических задач и задач теории упругости.
44. Постановка основной обратной краевой задачи аэрогидродинамики.
45. Граничные условия для течений сжимаемой жидкости.
46. Сопротивление тел обтекаемых вязкой жидкостью.
47. Метод дискретных вихрей.
48. Уравнение Чаплыгина. Общая задача о двумерном стационарном движении сжимаемого газа.
49. Вихревые движения идеальной жидкости.
50. Теоремы Стокса и Гельмгольца.

3. Рекомендуемая литература

Рекомендуемая основная литература

№	Название
1.	Павловский В. А. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы : учебное пособие для вузов / В. А. Павловский, Д. В. Никущенко. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 368 с. : ил. — Текст
2.	Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. - М.: [не указано], 2012. - 210 с..
3.	Карпов К. А., Олехнович Р. О. К 26 Прикладная гидрогазодинамика: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2018. — 100 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
4.	Высоцкий Л. И., Коперник Г. Р., Высоцкий И. С. В 93 Математическое и физическое моделирование потенциальных течений жидкости: Учебное пособие. — 2-е изд., испр. — СПб.: Издательство «Лань», 2014. — 64 с.: ил. (+ вклейка, 4 с.). — (Учебники для вузов. Специальная литература).
5.	Моргунов К. П. Механика жидкости и газа : учебное пособие для вузов / К. П. Моргунов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с.: ил. — Текст : непосредственный.
6.	Людвиг, Прандтль Гидроаэромеханика / Прандтль Людвиг ; перевод Г. А. Вольперт. — 2-е изд. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019 — 572 с. — ISBN 978-5-4344-0787-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. —URL: http://www.iprbookshop.ru/92037.html . — ЭБС «IPRbooks»
7.	Новикова А.М. Механика жидкости и газа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Новикова А.М., Кудрявцев А.В., Иваненко И.И.— Электрон. текстовые данные.— Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский Государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 140 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/58534.html . — ЭБС «IPRbooks»

8.	Прандтль, Людвиг. Гидроаэромеханика [Электронный ресурс] / Прандтль Людвиг. — Москва-Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2013. — 572 с. — URL: http://www.iprbookshop.ru/17617
9.	А.Г. Терентьев. Теория упругости с элементами сопротивления материалов и пластичности: учеб. пособие / А.Г. Терентьев.- Чебоксары: Изд-во Чуваш. Ун-та, 2016. — 264 с.

Рекомендуемая дополнительная литература

№	Название
1.	Кочин Н.Е., Кибель И.А. Теоретическая гидромеханика: учебник в 2 ч. Ч.1, 2. — М.: Физматлит, 1963.
2.	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. — М.: Наука, 1986.
3.	Седов Л.И. Механика сплошной среды: в 2 т. Т. 1, 2. — М.: Наука, 1983.
4.	Седов Л.И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики. — М.: Наука, 1966.
5.	Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. — М.: Физматлит, 2005.
6.	Терентьев А.Г., Афанасьев К.Е. Численные методы в гидродинамике: учеб. пособие. — Чебоксары: ЧувГУ, 1987.
7.	Терентьев А.Г. Математические вопросы кавитации. — Чебоксары: Изд-во ЧГУ, 1981.
8.	Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. — М.: Мир, 1974.
9.	Колосов Г.В. Применение комплексной переменной к теории упругости. — М.: ОНТИ, 1935.
10.	Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. — М.: Мир, 1987. 10.
11.	Галанин А.В., Терентьев А.Г. Приложения теории функций комплексного переменного в задачах механики сплошной среды: учеб. пособие. — Чебоксары: Чуваш. ун-т, 1984.
12.	Фильчаков П.Ф. Численные и графические методы прикладной математики: справочник. — Киев: Наукова думка, 1970.
13.	Механика сплошных сред в задачах / под ред. М.Э. Эглит. Т. 1 и 2, 1996.
14.	Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. М.: Наука, 1981.

Перечень рекомендуемых ресурсов сети «Интернет»

№	Название
1.	Научная библиотека ЧувГУ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://library.chuvsu.ru
2.	Электронно-библиотечная система IPRBooks [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru
3.	Образовательная платформа «Юрайт»: для вузов и ссузов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.urait.ru
4.	Электронная библиотечная система «Издательство «Лань» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/
5.	Единое окно к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://window.edu.ru
6.	Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.rsl.ru
7.	Российская национальная библиотека [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.nlr.ru

8.	Научная электронная библиотека «Киберленинка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rsl.ru
9.	Научная электронная библиотека «Elibrary» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.elibrary.ru
10.	Библиографическая и реферативная база данных «Scopus» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.scopus.com
11.	Поисковая платформа «Web of Science» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://webofknowledge.com/