

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор-проректор
по научной работе

_____ А.В. Коржов

«_____» _____ 2022 г.

ПРОГРАММА

кандидатского экзамена по специальной дисциплине:

Научная специальность: 1.1.9. «Механика жидкости, газа и плазмы»

Разработчики:

1. _____ *Шестаковская Е.С., к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой ВМ*
2. _____ *Ковалев Ю.М., д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры ВМ*
3. _____ *Яловец А.П., д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры ВМ*

Челябинск 2022 г.

1. Перечень тем для подготовки к кандидатскому экзамену
 - 1.1. Вводные положения.
 - 1.2. Кинематика сплошных сред.
 - 1.3. Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики.
 - 1.4. Модели жидких и газообразных сред.
 - 1.5. Модели конденсированных сред.
 - 1.6. Движение идеальной несжимаемой жидкости.
 - 1.7. Движение вязкой жидкости. Теория пограничного слоя.
 - 1.8. Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика.
 - 1.9. Физическое подобие, моделирование.
 - 1.10. Численные методы механики сплошных сред.
2. Вопросы для подготовки к сдаче кандидатского экзамена с учетом отрасли науки
 - 2.1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
 - 2.2. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.
 - 2.3. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.
 - 2.4. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.
 - 2.5. Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение, тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости, циркуляция скорости, установившееся и неустойчивое движение среды.
 - 2.6. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.
 - 2.7. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды.
 - 2.8. Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.

- 2.9. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др.
- 2.10. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации.
- 2.11. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.
- 2.12. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.
- 2.13. Интегралы Бернулли и Коши – Лагранжа. Явление кавитации.
- 2.14. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.
- 2.15. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье – Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.
- 2.16. Понятие тензора. Тензор деформаций. Шаровый тензор и девиатор скоростей деформаций. Тензор напряжений. Главные нормальные напряжения. Девиатор напряжений.
- 2.17. Определяющие соотношения для деформации конденсированных сред. Закон Гука. Пластические деформации. Упругие деформации.
- 2.18. Уравнения механики сплошной среды в переменных Эйлера и Лагранжа для конденсированных сред.
- 2.19. Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности.
- 2.20. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах. Тангенциальные разрывы и ударные волны.
- 2.21. 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. Движение сферы в идеальной жидкости.
- 2.22. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.

- 2.23. Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля.
- 2.24. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Диффузия вихря.
- 2.25. Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.
- 2.26. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.
- 2.27. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики.
- 2.28. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лавала.
- 2.29. Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами. Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.
- 2.30. Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена.
- 2.31. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование.
- 2.32. Задача о структуре сильного разрыва. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.
- 2.33. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик. Течение Прандтля-Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной
- 2.34. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. П-теорема. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.
- 2.35. Способы получения разностных уравнений. Постановка разностных краевых задач. Погрешности аппроксимации. Устойчивость решения разностного уравнения.
- 2.36. Явные и неявные разностные схемы для модельных уравнений. Метод прогонки.
- 2.37. Разностные законы сохранения. Разностные схемы в дифференциальном представлении. Критерий диссипативности разностной схемы. Метод исследования дистракции разрывов.
- 2.38. Разностные методы расчета ударных волн. Механизмы диссипации энергии.

3. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

3.1. Основная литература

- 3.1.1. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. I, ч. II. М.: Физматгиз, 1963.
- 3.1.2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I, т. II, изд. 5, М.: Наука, 1994.
- 3.1.3. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике, изд. 10. М.: Наука, 1987.
- 3.1.4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. Изд. 3. М.: Наука, 1986.
- 3.1.5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Изд. 5. Н.: Наука, 1978.
- 3.1.6. Черный Г.Г. Газовая динамика. М.: Наука, 1988.
- 3.1.7. Куликовский А.Г., Любимов Г.А. Магнитная гидродинамика. М.: Физматгиз, 1962.
- 3.1.8. Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: Гос. изд.-во физ.-тех. лит-ры, 1955.
- 3.1.9. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. РХД, 2000.
- 3.1.10. Г. Шлихтинг. Теория пограничного слоя. М.: Наука, 1974.
- 3.1.11. Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. Части 1,2 – М.: Наука, 1987.
- 3.1.12. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. – М.: Наука, 1978.
- 3.1.13. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. Изд. 3. М.: Наука, 1987.
- 3.1.14. Куропатенко В.Ф. Модели механики сплошных сред. – Ч.: ЧелГУ, 2007.
- 3.1.15. Куропатенко В.Ф., Шестаковская Е.С. Основы численных методов механики сплошной среды. – Ч.: Издательский центр ЮУрГУ, 2017.
- 3.1.16. Орленко Л. П. Физика взрыва и удара: Учебное пособие для вузов. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.

3.2. Дополнительная литература

- 3.2.1. Седов Л.И. Плоские задачи гидродинамики и аэродинамики. Изд.2- М.: Наука, 1966.
- 3.2.2. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991.
- 3.2.3. Механика сплошных сред в задачах. Т. 1, 2 / Г.Я. Галин, А.Н. Голубятников, Я.А. Каменярж и др. – М.: Московский лицей, 1996.
- 3.2.4. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. – М.: Мир, 1977.
- 3.2.5. Годунов С.К., Рябенький В.С. Разностные схемы. М.: Наука, 1973.

3.2.6. Годунов С.К., Забродин А.В., Иванов М.Я. и др. Численное решение многомерных задач газовой динамики. М: Наука, 1976.

3.2.7. Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М., Метод крупных частиц в газовой динамике. М: Наука, 1982.

4. Условия допуска к экзамену

К сдаче кандидатских экзаменов допускаются аспиранты, а также лица, имеющие высшее образование, подтвержденное дипломом специалиста или магистра, прикрепленные для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, сдачи кандидатских экзаменов без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

5. Процедура проведения экзамена

Экзамен проводится в устной форме с обязательным составлением развернутых ответов на специально подготовленных для этого бланках. В каждом билете содержится по три вопроса. Для ответа на билеты аспиранту/соискателю предоставляется возможность подготовки в течение 1 часа. На экзамене аспиранту/соискателю предоставляется право пользоваться необходимыми справочными материалами, учебной и научной литературой. Продолжительность устного ответа на экзамене, как правило, не должна превышать 30 минут. После ответа на основные вопросы билета аспиранту/соискателю задаются дополнительные вопросы в рамках тематики программы экзамена. Результаты кандидатского экзамена объявляются аспиранту/соискателю в тот же день после оформления протоколов заседания комиссии.