

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель председателя приемной  
комиссии в аспирантуру

  
Д.А. Таюрский  
«23» 2024 г.  


**ПРОГРАММА**  
**вступительного испытания по специальности**

**Уровень высшего образования:** подготовка кадров высшей квалификации

**Тип образовательной программы:** программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

**Научная специальность:** 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы

**Форма обучения:** очная

2023 г.

## **1. Общие указания**

Вступительное испытание направлено на выявление степени готовности абитуриентов к освоению образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, реализуемых в институте по научной специальности – 1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы.

## **2. Порядок проведения вступительных испытаний**

Вступительное испытание проводится в письменной форме по экзаменационным билетам. На вступительное испытание отводится 3 часа (180 минут). Экзаменационный билет содержит 5 вопросов.

## **3. Критерии оценивания**

При оценке знаний абитуриента учитываются правильность и осознанность изложения; полнота раскрытия понятий и закономерностей; точность употребления и трактовки терминов; логическая последовательность; самостоятельность ответа; степень сформированности интеллектуальных и научных способностей.

Результаты вступительного испытания оцениваются по 100-балльной шкале. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 40 баллов.

Оценка «отлично» (100 – 80 баллов) выставляется абитуриенту, который обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание программного материала, усвоил взаимосвязь основных понятий программы, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала.

Оценка «хорошо» (79 – 60 баллов) выставляется абитуриенту, который обнаружил полное знание программного материала, показал систематический характер знаний по программе и способен к их самостоятельному обновлению в ходе предстоящей учебной работы.

Оценка «удовлетворительно» (59 – 40 баллов) выставляется абитуриенту, обнаружил знание основного программного материала в объеме, необходимом для предстоящей учебы, допустил погрешности в ответе, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «неудовлетворительно» (39 – 0 баллов) выставляется абитуриенту, который обнаружил значительные пробелы в знаниях основного программного материала, допустил принципиальные ошибки и не готов приступить к предстоящему обучению без дополнительной подготовки.

## **4. Вопросы программы вступительного испытания в аспирантуру**

- 1) Понятие сплошной среды.
- 2) Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
- 3) Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
- 4) Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.
- 5) Кинематика сплошных сред. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и Эйлеровы координаты.

6) Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.

7) Определения и свойства кинематических характеристик движения: перемещения, траектории, скорость, линии тока, критические точки, ускорение.

8) Определения и свойства кинематических характеристик движения: тензор скоростей деформации и его инварианты, вектор вихря, потенциал скорости.

9) Определения и свойства кинематических характеристик движения: циркуляция скорости, установившееся и неустановившееся движение среды.

10) Кинематические свойства вихрей. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа.

11) Условие несжимаемости.

12) Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.

13) Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.

14) Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды.

15) Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды. Работа внутренних поверхностных сил.

16) Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах.

17) Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнения состояния.

18) Уравнение притока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла.

19) Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др.

20) Обратимые и необратимые процессы. Энтропия и абсолютная температура.

21) Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации.

22) Модели жидких и газообразных сред. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера.

23) Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.

24) Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа.

25) Явление кавитации.

26) Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей.

27) Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость.

28) Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.

29) Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.

30) Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении.

31) Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы. Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности.

32) Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.

33) Гидростатика. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил.

34) Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.

35) Движение идеальной несжимаемой жидкости. Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости.

36) Свойства гармонических функций. Многозначность потенциала в многосвязных областях.

37) Кинематическая задача о произвольном движении твердого тела в неограниченном объеме идеальной несжимаемой жидкости.

38) Энергия, количество движения и момент количества движения жидкости при движении в ней твердого тела.

39) Движение сферы в идеальной жидкости.

40) Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости.

41) Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.

42) Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока.

43) Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики.

44) Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского.

45) Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой.

46) Нестационарное обтекание профилей.

47) Плоские задачи о струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы

Кирхгофа, Эфроса и др.

48) Определение поля скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара.

Прямолинейный и кольцевой вихри.

49) Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке.

50) Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха.

51) Движение вязкой жидкости. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости.

52) Течения Куэтта и Пуазейля.

53) Течение вязкой жидкости в диффузоре.

54) Диффузия вихря. Приближение Стокса. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.

55) Теория пограничного слоя. Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса.

56) Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя.

- 57) Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя.
- 58) Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.
- 59) Турбулентность. Опыт Рейнольдса.
- 60) Уравнения Рейнольдса.
- 61) Турбулентный перенос тепла и вещества.
- 62) Полуэмпирические теории турбулентности.
- 63) Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон.
- 64) Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.
- 65) Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска.
- 66) Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе.
- 67) Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики.
- 68) Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.
- 69) Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение.
- 70) Скорость звука. Запаздывающие потенциалы. Эффект Доплера. Конус Маха.
- 71) Уравнения газовой динамики. Характеристики.
- 72) Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении.
- 73) Элементарная теория сопла Лавалья.
- 74) Одномерные неустановившиеся движения газов с плоскими, цилиндрическими и сферическими волнами.
- 75) Автомодельные движения и классы соответствующих задач. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.
- 76) Волны Римана. Эффект опрокидывания волн.
- 77) Адиабата Гюгонио. Эволюционные и неэволюционные разрывы.
- 78) Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование.
- 79) Задача о структуре сильного разрыва. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.
- 80) Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик.
- 81) Течение Прандтля-Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса.
- 82) Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения.
- 83) Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.
- 84) Электромагнитные явления в жидкостях. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте.
- 85) Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца.
- 86) Закон сохранения полного заряда. Закон Ома.

87) Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова-Пойнтинга.

88) Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.

89) Уравнения магнитной гидродинамики. Условия замороженности магнитного поля в среду.

90) Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.

91) Физическое подобие, моделирование. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений.

92) Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей.

93) П-теорема. Примеры приложений.

94) Определение физического подобия. Моделирование.

95) Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

## **5. Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы вступительного испытания в аспирантуру**

1. Гиргидов, А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) : учебник / А. Д. Гиргидов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 704 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-013367-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1136795> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: по подписке.

2. Чефанов, В. М. Основы технической механики жидкости и газа : учебное пособие / В. М. Чефанов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 452 с. — ISBN 978-5-8114-3975-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126917> (дата обращения: 22.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Брушлинский, К. В. Математические основы вычислительной механики жидкости, газа и плазмы: Учебное пособие / Брушлинский К.В. - Долгопрудный:Интеллект, 2017. - 272 с. ISBN 978-5-91559-224-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/858951> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: по подписке.

4. Браун, А. Г. Элементы квантовой механики и физики атомного ядра : учебное пособие / А.Г. Браун, И.Г. Левитина. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 84 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/7525. - ISBN 978-5-16-010384-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1836591> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: по подписке.

5. Никеров, В. А. Физика для вузов: механика и молекулярная физика : учебник / В. А. Никеров. - Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2019. - 136 с. - ISBN 978-5-394-00691-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1093242> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: по подписке.

6. Волков, К. Н. Турбулентные струи – статистические модели и моделирование крупных вихрей : монография / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов, В. А. Зазимко.

— Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 360 с. — ISBN 978-5-9221-1526-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59662> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Высоцкий, Л. И. Продольно-однородные осредненные турбулентные потоки : монография / Л. И. Высоцкий, И. С. Высоцкий. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 672 с. — ISBN 978-5-8114-1866-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212000> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Брушлинский, К. В. Математические и вычислительные задачи магнитной газодинамики : монография / К. В. Брушлинский. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 203 с. — ISBN 978-5-00101-708-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135546> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

9. Голант, В. Е. Основы физики плазмы : учебное пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1198-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210629> (дата обращения: 18.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

10. Штыков, В. И. Гидромеханика : учебное пособие / В. И. Штыков, А. Б. Пономарев. — Санкт-Петербург : ПГУПС, [б. г.]. — Часть 1 — 2017. — 48 с. — ISBN 978-5-7641-1027-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/101570> (дата обращения: 08.08.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

11. Теплообмен и гидравлика в каналах лопаток газовых турбин / В. Г. Полищук, Н. П. Соколов, Н. Н. Кортиков [и др.]. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-507-48411-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/352655> (дата обращения: 22.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

12. Баутин, С. П. Численное моделирование трехмерных нестационарных течений сжимаемого вязкого теплопроводного газа : монография / С. П. Баутин. — Екатеринбург : , 2020. — 289 с. — ISBN 978-5-94614-481-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170396> (дата обращения: 08.08.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

13. Попков, В. И. Гидрогазодинамика: основные понятия, формулы и уравнения : учебное пособие / В. И. Попков. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 212 с. - ISBN 978-5-9729-0922-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1902584> (дата обращения: 22.01.2024). - Режим доступа: по подписке.

14. Марон, В. И. Гидравлика двухфазных потоков в трубопроводах : учебное пособие / В. И. Марон. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1235-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. —

URL: <https://e.lanbook.com/book/210833> (дата обращения: 13.07.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

15. Голубев А. Ю. Турбулентные пульсации давления в акустике и аэрогидродинамике : учебное пособие / А. Ю. Голубев, Е. Б. Кудашев, Л. Р. Яблоник. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2019. - 424 с. - ISBN 978-5-9221-1827-9. - URL : <https://e.lanbook.com/book/143867> (дата обращения: 13.07.2022). - Текст : электронный.