

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

«20»

2025 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

2025 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 устно-письменной форме по экзаменационным билетам. Письменная часть экзамена предполагает развернутые ответы на вопросы экзаменационного билета. Устная часть экзамена предполагает ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, заданные комиссией, в том числе и по направлению планируемого диссертационного исследования. На вступительное испытание отводится 3 часа (180 минут). Экзаменационный билет содержит 4 вопроса.

## **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 неустойчивое 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) Среда с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова-Пойнтинга.
- 88) Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.
- 89) Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности 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.ru/catalog/product/1136795> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: по подписке.
2. 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: 20.10.2025). — Режим доступа: по подписке.
3. Браун, А. Г. Элементы квантовой механики и физики атомного ядра : учебное пособие / А. Г. Браун, И. Г. Левитина. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 84 с. — (Высшее образование: Бакалавриат),. - ISBN 978-5-16-010384-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2058787> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: по подписке.
4. Никеров, В. А. Физика для вузов. Механика и молекулярная физика : учебник / В. А. Никеров. - Москва : Дашков и К, 2021. - 136 с. - ISBN 978-5-394-00691-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2085551> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: по подписке.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Москва: ГИ ТТЛ 2006.
6. Давидсон, В.Е. Основы гидрогазодинамики в примерах и задачах : учеб. пособие для студ. вузов по напр. "Технологические машины и оборуд." / В. Е. Давидсон. - М. : Академия, 2008. - 320 с.

7. Попов, Д.Н. Гидромеханика: учебник для студ. вузов / Д. Н. Попов, С. С. Панаиотти, М. В. Рябинин; под ред. Д.Н.Попова. - 2-е изд., стер. - М.: МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2002. - 384 с.

8. Морозов, А.И. Введение в плазмодинамику : студентам старших курсов, асп. / А. И. Морозов. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Физматлит, 2008. - 616 с. - Библиогр.: с. 603-613. - ISBN 978-5-9221-0931-4. 5 экз.

9. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Часть 1. Основы механики жидкости и газа. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГИУ, 2005. – 192 с.

10. Бутаев Д.А., Сборник задач по гидравлике для технических вузов / Бутаев Д.А., Калмыкова З.А., Подвидз Л.Г., Попов К.Н., Рождественский С.Н., Янышин Б.И. // М. Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана 2009.

11. Волков, К. Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений : учебное пособие / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 368 с. — ISBN 978-5-9221-0920-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/49083> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

12. Репик, Е. У. Турбулентный пограничный слой : учебное пособие / Е. У. Репик, Ю. П. Соседко. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 312 с. — ISBN 978-5-9221-0822-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59475> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

13. 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: 20.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

14. 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: 20.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

15. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 6 : Гидродинамика — 2001. — 736 с. — ISBN 5-9221-0121-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2232> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

16. 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: 20.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

17. Котельников, В. А. Математическое моделирование обтекания тел потоками столкновительной и бесстолкновительной плазмы / В. А. Котельников, М. В. Ко-



тельников, В. Ю. Гидаспов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 272 с. — ISBN 978-5-9221-1253-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2687> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

18. Дмитриев, Н. М. Лекции по подземной гидромеханике : учебное пособие / Н. М. Дмитриев, В. В. Кадет. - Выпуск 2. - Москва : РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2005. - 109 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/344958> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: по подписке.

19. Ухин, Б. В. Гидравлика : учебник / Б.В. Ухин, А.А. Гусев. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 432 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-005536-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1843217> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: по подписке.

20. Дмитриев, Н. М. Лекции по подземной гидромеханике : учебное пособие / Н. М. Дмитриев, В. В. Кадет. - Выпуск 2. - Москва : РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2005. - 109 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/344958> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: по подписке.

21. Филин, В. М. Гидравлика, пневматика и термодинамика : курс лекций / под общ. ред. В.М. Филина. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2021. — 318 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-8199-0780-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1149643> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: по подписке.

22. 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: 20.10.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

23. Франк-Каменецкий, Д. А. Лекции по физике плазмы : учебное пособие / Д. А. Франк-Каменецкий. - 3-е изд. - Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2008. - 280 с. - ISBN 978-5-91559-002-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/167506> (дата обращения: 20.10.2025). — Режим доступа: по подписке.