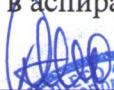


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

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 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 (ニュтоновская) 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 бесконечной 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, обусловливающие 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 Допплера. Конус Маха.
- 71) Уравнения газовой динамики. Характеристики.
- 72) Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении.
- 73) Элементарная теория сопла Лаваля.
- 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 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-Пойнинга.
- 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., Яньшин 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.