




**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Казанский национальный исследовательский технологический университет»**  
**(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)**

---

Утверждаю

И.о.зав. кафедрой «Плазмохимические  
технологии наноматериалов и покрытий»

  
Рахматуллина Г.Р.

**Программа вступительного испытания по программе подготовки**  
**научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**  
**по специальности «1.1.9 Механика жидкости, газа и плазмы»**

**Казань, 2025**

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

## 1. Вопросы вступительного испытания

1. Понятие сплошной среды.
2. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
3. Системы отсчета и системы координат. Лагранжевы и эйлеровы координаты. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.
4. Точки зрения Эйлера и Лагранжа при изучении движения сплошных сред.
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 неустановившееся движение среды.
6. Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости.
7. Многокомпонентные смеси. Потoki диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.
8. Массовые и поверхностные, внутренние и внешние силы.
9. Законы сохранения количества движения и моментов количества движения для конечных масс сплошной среды.
10. Дифференциальные уравнения движения и момента количества движения сплошной среды.
11. Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла.
12. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье.
13. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура.
14. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.
15. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.
16. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации.
17. Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей.
18. Модель вязкой жидкости. Линейно-вязкая (ньютоновская) жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Полные системы уравнений для вязкой несжимаемой и сжимаемой жидкостей.
19. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии в вязкой теплопроводной жидкости.
20. Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле. Тангенциальные разрывы и ударные волны.

21. Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.
22. Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства Гармонических функций. Многозначность потенциала в многосвязных областях.
23. 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.
24. Силы воздействия идеальной жидкости на тело, движущееся в безграничной массе жидкости. Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.
25. Плоские движения идеальной жидкости. Функция тока. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики.
26. Стационарное обтекание жидкостью цилиндра и профиля. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского.
27. Определение полей скоростей по заданным вихрям и источникам. Формулы Био-Савара. Прямолинейный и кольцевой вихри. Законы распределения давлений, силы, обуславливающие вынужденное движение прямолинейных вихрей в плоском потоке.
28. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря.
29. Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.
30. 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.
31. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности.
32. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.
33. Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе.
34. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.
35. Запаздывающие потенциалы. Эффект Допплера. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики.
36. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лавала.
37. 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.
38. Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Эволюционные и неэволюционные разрывы.



39. Задача о структуре сильного разрыва.
40. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа.
41. Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.
42. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома.
43. Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова-Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.
44. Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности магнитного поля в среду.
45. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.
46. Понятие о ламинарном и турбулентном движениях. Установившиеся ламинарные течения в цилиндрических трубах. Течение Пуазейля.
47. Условия динамического подобия движений вязкой жидкости. Число Рейнольдса. Число Фруда. Число Маха.
48. Уравнения Рейнольдса для осредненного турбулентного движения.
49. Полуэмпирические теории турбулентности.
50. Пограничный слой. Уравнения пограничного слоя Прандтля.

## **2. Учебно-методическое и информационное обеспечение**

### **2.1. Литература**

#### ***а) основная литература:***

1. Брушлинский К.В. Математические основы вычислительной механики жидкости, газа и плазмы – Долгопрудный: Интеллект, 2017.
2. Механика жидкости и газа: учебное пособие / В.Г. Зезин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа – М.: Дрофа, 2003.
4. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика / Р. И. Нигматулин. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014.
5. Лекции по физике плазмы / Котельников И.А., - 3-е изд., (эл.) - М.: Лаборатория знаний, 2017.

#### ***б) дополнительная литература:***

1. Брушлинский, К.В. Математические и вычислительные задачи магнитной газодинамики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
2. Липанов А.М., Кисаров Ю.Р., Ключников И.Г. Численный эксперимент в классической гидромеханике турбулентных потоков. Екатеринбург: Изд-во Ур. ОРАН, 2001.
3. Механика жидкости и газа: Учебное пособие для вузов / Под ред. В.С. Швыдкого. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003.
4. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. – Москва-Ижевск: Ин-т компьютерных исследований, 2003.

5. Вабищевич П.Н. Численные методы. Вычислительный практикум. Практическое применение численных методов при использовании алгоритмического языка Python – М.: Ленанд, 2019.

## 2.2. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Электронная библиотека механико-математического факультета Московского государственного университета - [www.lib.mexmat.ru/books/41](http://www.lib.mexmat.ru/books/41)
2. Новая электронная библиотека – [www.newlibrary.ru](http://www.newlibrary.ru)
3. Российское образование (федеральный портал) – [www.edu.ru](http://www.edu.ru)
4. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» – <http://e.lanbook.com>
5. Открытая интегрируемая платформа для численного моделирования задач механики сплошных сред OpenFoam – <https://www.openfoam.com/>
6. Высокоуровневый язык программирования общего назначения PYTHON – <https://www.python.org/>

## 3. Критерии оценки

Оценка знаний проводится в форме устного/письменного ответа на вопросы экзаменационной комиссии. Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по стобалльной системе.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – «60».

Билет вступительного испытания включает два вопроса. Каждый из вопросов билета оценивается баллами от 0 до 50 в соответствии с таблицей.

Критерии	Баллы
Ответ полный, логичный, конкретный, продемонстрированы полные знания	50-41
Ответ полный, с незначительными замечаниями и ошибками	40-31
Ответ неполный, существенные замечания, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях	30-21
Неполный ответ, наличие ошибок и пробелов в знаниях	20-11
Ответ на поставленный вопрос не дан или несодержателен	10-0