

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
БИРСКИЙ ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
КАФЕДРА ВЫСШЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ



УТВЕРЖДАЮ  
Директор БФ БашГУ

(С.М. Усманов)

"31" августа 2015 г.

**ПРОГРАММА РЕАЛИЗАЦИИ БЛОКА  
«ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ»**

Направление

01.06.01 Математика и механика

Направленность

01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация (степень) выпускника

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

очная, заочная

**Составитель:**

доктор физико-математических наук, профессор  
Шагапов В.Ш.

РПД утверждена на заседании  
кафедры высшей и прикладной математики  
(Протокол № 10 от 4 июля 2015г.)

Зав.каф. к.ф.-м.н., доцент

Чудинов В.В.

**СОГЛАСОВАНО**

Председатель МС факультета

к.ф.-м.н., доцент

(Протокол №1 от 26 августа 2015г.)

Латыпов И.И.

Бирск  
2015 г.

## **ПРОГРАММА РЕАЛИЗАЦИИ БЛОКА «ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ»**

Направление подготовки 01.06.01 Математика и механика.

Форма обучения – очная. Срок обучения - 4 года.

Форма обучения – заочная. Срок обучения - 5 лет.

В блок «Государственная итоговая аттестация» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика (направленность 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы») входят: подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена (Б4.Г-Б4.Г.1) и представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата *физико-математических* наук (Б4.Д-Б4.Д.1).

Государственная итоговая аттестация относится к вариативной части Блока 4 ОПОП. Общий объем – 9 ЗЕ.

### **1. Цель и порядок проведения ГЭ.**

Цель - определение соответствия результатов освоения обучающимися основных образовательных программ подготовки научно-педагогических кадров в соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов.

Государственная итоговая аттестация начинается с кандидатского экзамена по специальной дисциплине.

Дата и время проведения кандидатского экзамена по специальной дисциплине, защиты научно-исследовательской работы устанавливаются приказом директора и доводится до всех членов экзаменационных комиссий и аспирантов не позднее, чем за 20 дней до начала приема кандидатского экзамена по специальной дисциплине.

Перед кандидатским экзаменом по специальной дисциплине проводятся консультации для аспирантов.

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине может проводиться как в устной, так и в письменной форме по усмотрению государственной экзаменационной комиссии по билетам или без билетов. Для подготовки ответа аспирант использует экзаменационные листы, которые хранятся после приема кандидатского экзамена по специальной дисциплине в личном деле аспиранта.

На каждого аспиранта заполняется протокол приема кандидатского экзамена по специальной дисциплине, в который вносятся вопросы билетов и дополнительные вопро-

сы членов государственной экзаменационной комиссии. Протокол приема кандидатского экзамена по специальной дисциплине подписывается теми членами государственной экзаменационной комиссии, которые присутствовали на экзамене.

Уровень знаний аспиранта оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Аспиранты, не прошедшие государственную итоговую аттестацию в форме кандидатского экзамена по специальной дисциплине, к защите научно-исследовательской работы не допускаются.

Научно-исследовательская работа подлежит рецензированию. Научный руководитель аспиранта представляет в государственную экзаменационную комиссию отзыв на научно-исследовательскую работу аспиранта. Аспирант должен быть ознакомлен с рецензией (рецензиями), отзывом научного руководителя в срок, устанавливаемый организацией, но не позднее, чем за 7 дней до защиты научно-исследовательской работы.

Защита научно-исследовательской работы проводится на заседании государственной экзаменационной комиссии с участием не менее двух третей ее состава в соответствии с настоящим Порядком. В процессе защиты научно-исследовательской работы члены государственной экзаменационной комиссии должны быть ознакомлены с рецензией (рецензиями) и отзывом научного руководителя аспиранта.

Решение о защите (не защите) научно-исследовательской работы принимается простым большинством голосов членов государственной экзаменационной комиссии, участвующих в заседании, при обязательном присутствии председателя комиссии или его заместителя. При равном числе голосов председатель комиссии (в случае отсутствия председателя – его заместитель) обладает правом решающего голоса.

На каждого аспиранта, защищающего научно-исследовательскую работу заполняется протокол. В протокол вносятся мнения членов государственной экзаменационной комиссии о защищаемой научно-исследовательской работе, уровне сформированности компетенций, знаниях и умениях, выявленных в процессе государственной итоговой аттестации, перечень заданных вопросов и характеристика ответов на них, а также вносится запись особых мнений. Протокол подписывается теми членами государственной экзаменационной комиссии, которые присутствовали на защите научно-исследовательской работы.

Защита научно-исследовательской работы аспиранта (адъюнкта) оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Члены государственной экзаменационной комиссии простым большинством голосов оценивают научно-исследовательскую работу и выносят решение: о выдаче диплома;

о переносе срока защиты научно-исследовательской работы аспирантом; об отчислении из аспирантуры с выдачей справки. Решение государственной экзаменационной комиссии объявляются аспиранту в тот же день после оформления протокола заседания государственной экзаменационной комиссии.

Протоколы заседаний государственных экзаменационных комиссий после проведения государственной итоговой аттестации хранятся в архиве организации.

## **2. Форма проведения ГЭ.**

К основным формам государственной итоговой аттестации для выпускников аспирантуры относятся: кандидатский экзамен по специальной дисциплине, соответствующей профилю направления подготовки (кандидатский экзамен по специальной дисциплине); защита результатов научно-исследовательской работы (ВКР).

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине проводится в соответствии с направлением подготовки в аспирантуре.

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине комплексный и служит в качестве средства проверки конкретных функциональных возможностей аспиранта, способности его к самостоятельным суждениям на основе имеющихся знаний, универсальных и профессиональных компетенций.

Защита результатов научно-исследовательской работы проводится в форме, предусмотренной федеральным государственным образовательным стандартом по соответствующему направлению подготовки. Защита результатов научно-исследовательской работы является заключительным этапом проведения государственной итоговой аттестации.

ВКР представляет собой самостоятельное законченное научное исследование, основанное, как правило, на обобщении итогов результатов научно-исследовательской работы по теме диссертации на соискание ученой степени кандидата наук. Ее цель заключается в том, чтобы аспирант продемонстрировал результаты своей работы, наличие необходимых знаний (в том числе – владение основными технологиями и методами научного исследования) и готовность к защите кандидатской диссертации и дальнейшей научно-педагогической работе.

## **3. Вопросы ГЭ**

### **1. Вводные положения**

Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.

Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований. Основные исторические этапы в развитии механики жидкости и газа.

## **2. Кинематика сплошных сред**

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.

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 неуставившееся движение среды. Кинематические свойства вихрей.

## **3. Основные понятия и уравнения динамики и термодинамики**

Закон сохранения массы. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа. Условие несжимаемости. Многокомпонентные смеси. Потоки диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.

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.

Работа внутренних поверхностных сил. Кинетическая энергия и уравнение живых сил для сплошной среды в интегральной и дифференциальной формах. 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.

Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии.

Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Понятие о принципе Онзагера. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.

## **4. Модели жидких и газообразных сред**

Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полные системы уравнений для идеальной, несжимаемой и сжимаемой жидкостей. Начальные и граничные условия.

Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа. Явление кавитации.

Теорема Томсона и динамические теоремы о вихрях. Возникновение вихрей. Теорема Бьеркнеса.

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.

Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.

## **5. Поверхности разрыва в течениях жидкости, газа и плазмы**

Поверхности слабых и сильных разрывов. Разрывы сплошности. Условия на поверхностях сильного разрыва в материальных средах и в электромагнитном поле.

Тангенциальные разрывы и ударные волны.

## **6. Гидростатика**

Равновесие жидкости и газа в поле потенциальных массовых сил. Закон Архимеда. Равновесие и устойчивость плавающих тел и атмосферы.

## **7. Движение идеальной несжимаемой жидкости**

Общая теория непрерывных потенциальных движений несжимаемой жидкости. Свойства гармонических функций. Многозначность потенциала в многосвязных областях. 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.

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

Основы теории присоединенных масс. Парадокс Даламбера.

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. Формулы Чаплыгина и теорема Жуковского. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей. Плоские задачи о

струйных течениях жидкости. Обтекание тел с отрывом струй. Схемы Кирхгофа, Эфроса и др.

Определение поля 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.

Постановка задачи и основные результаты теории крыла конечного размаха. Несущая линия и несущая поверхность.

Постановка задачи Коши-Пуассона о волнах на поверхности тяжелой несжимаемой жидкости.

Гармонические волны. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн. Перенос энергии прогрессивными волнами. Теория мелкой воды. Уравнения Буссинеска и Кортевега де Вриза.

Нелинейные волны. Солитон.

#### **8. Движение вязкой жидкости.**

Теория пограничного слоя. Турбулентность. Ламинарное движение несжимаемой вязкой жидкости. Течения Куэтта и Пуазейля. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря.

Приближения Стокса и Озеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.

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.

Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое.

Логарифмический закон. Прямое численное решение уравнений гидромеханики при наличии турбулентности.

Свободная и вынужденная конвекция. Приближение Буссинеска. Линейная неустойчивость подогреваемого плоского слоя и порог возникновения конвекции. Понятие о странном аттракторе.

Движение жидкости и газа в пористой среде. Закон Дарси. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.

## **9. Движение сжимаемой жидкости. Газовая динамика**

Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.

Запаздывающие потенциалы. Эффект Допплера. Конус Маха. Уравнения газовой динамики. Характеристики.

Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лавалья.

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.

Волны Римана. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио. Теорема Цемплена.

Эволюционные и неэволюционные разрывы. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование.

Задача о структуре сильного разрыва.

Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.

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.

Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения.

Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.

## **10. Электромагнитные явления в жидкостях**

Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова-Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.

Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.

## **11. Физическое подобие, моделирование**

Система определяющих параметров для выделенного класса явлений. Основные и производные единицы измерения. Формула размерностей. Примеры приложений. Определение физического подобия. Моделирование. Критерии подобия. Числа Эйлера, Маха, Фруда, Рейнольдса, Струхала, Прандтля.

## **Критерии оценки научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы**

Итоговая оценка представления научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы выставляется государственной аттестационной комиссией (ГАК) по результатам защиты и включает в себя оценку за защиту.

Результаты защиты определяются оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### **Оценка «отлично»:**

1. Научно обоснованы и четко сформулированы: проблема, тема, предмет, цель и задачи научной квалификационной работы. Охарактеризованы актуальность и новизна исследования.
2. Достаточно полно раскрыта теоретическая и практическая значимость работы, выполненной автором.
3. Осуществлен научный эксперимент, доказывающий результативность выполненной работы.
4. Выводы по результатам исследования четкие, соответствуют поставленной цели и задачам работы.

### **Оценка «хорошо»:**

1. Научно обоснованы и четко сформулированы: проблема, тема, предмет, цель и задачи выпускной квалификационной работы. Охарактеризованы актуальность и новизна исследования.
2. Достаточно полно раскрыта теоретическая и практическая значимость работы, выполненной автором.
3. Осуществлен научный эксперимент, доказывающий результативность выполненной работы.
4. Выводы по результатам исследования четкие, соответствуют поставленной цели и задачам работы.
5. Список литературы в недостаточной степени отражает информацию, имеющуюся в литературе и сети интернет по теме исследования. В тексте работы недостаточное количество ссылок на использованные источники.
6. Содержание работы доложено недостаточно четко.
7. Аспирантом даны ответы на все вопросы, поставленные членами Государственной аттестационной комиссии.

### **Оценка «удовлетворительно»:**

1. Работа в целом удовлетворяет вышеуказанным требованиям, но к работе имеются замечания, касающиеся проработки научного аппарата, содержания и глубины проведенного исследования.

2. Иллюстративный материал почти отсутствует или слабо отражает содержание работы.

3. Доклад о содержании и основных результатах работы неубедителен.

4. Удовлетворительные ответы даны не на все вопросы, поставленные членами Государственной аттестационной комиссии.

#### **Оценка «неудовлетворительно»:**

1. Работа имеет много замечаний в отзывах руководителя, рецензента, отличается слабой проработкой научного аппарата, содержания и недостаточной глубиной.

2. Иллюстративный материал отсутствует или не отражает содержание работы.

3. Работа доложена неубедительно, непоследовательно, нелогично, ответы на поставленные вопросы практически отсутствуют.

#### **4. Литература.**

##### **Основная литература**

1. Бабкин А.В., Селиванов В.В. Основы механики сплошных сред. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.

2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Дрофа, 2003. - 840 с. - ISBN 5-7107-6327-6.

3. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Статистическая динамика. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. — 640 с. — ISBN 978-5-9704-2898-6.

4. Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. — М.: Наука, 1978. — 336 с. Валуева В.П., Свиридов В.Г. Введение в механику жидкости: Учебное пособие. - М.: Издательство МЭИ, 2001. - 212 с. - ISBN 5-70446-0666-0.

5. Самарский А.А., Попов Ю.П. Разностные методы решения задач газовой динамики. Изд. 4-е М. Едиториал УРСС, 2004.

6. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 1, 2. СПб.: Лань, 2004.

7. Швыдский В.С., Ярошенко Ю.Г., Гордон Я.М., Шаврин В.С., Носков А.С. Механика жидкости и газа. - М.: ИКЦ "Академкнига", 2003. - 464 с.

##### **Дополнительная литература**

1. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. - М.: "МИР", 1974.

2. Механика жидкости и газа. Избранное /Под общей ред. А.Н. Крайко. Ред.-сост. А.Н. Крайко, А.Б. Ватажин, Г.А. Любимов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 752 с. – ISBN 5-9221-0444-6.

3. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 272 с. – ISBN 5-9221-0649-X.

4. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. - М.: Наука, 1987.

#### **5. Требования к научному докладу.**

Научный доклад должен отражать основные результаты подготовленной научно-квалификационной работы. В докладе должна раскрыться научная концепция, которая

разработана автором. Структура научного доклада должна иметь классическую иерархию: введение, основную часть, заключение. Во введении должна быть обоснована актуальность, обозначена цель и определены задачи, приведен краткий обзор научной литературы, охарактеризованы методы и приемы исследования, обозначены положения, выносимые на защиту, обоснована научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертации. В основной части доклада должны быть отражены основные положения диссертации. В заключительной части доклада должны быть определены общие выводы диссертации. Доклад должен быть оформлен на бумажном и электронном носителе в соответствии с требованиями, предъявляемыми к подобного рода документам.

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации) является заключительным этапом государственной итоговой аттестации. Она проводится в соответствии с ФГОС ВО по соответствующему направлению подготовки. В ходе представления научного доклада проверяется сформированность компетенций, необходимых для присвоения выпускнику аспирантуры квалификации «Исследователь».

Представление научного доклада проводится на заседании государственной экзаменационной комиссии с участием не менее двух третей ее состава. В процессе представления научного доклада члены государственной экзаменационной комиссии должны быть ознакомлены с рецензией (рецензиями) и отзывом научного руководителя аспиранта.

Решение о представлении (не представлении) научного доклада принимается простым большинством голосов членов государственной экзаменационной комиссии, участвующих в заседании, при обязательном присутствии председателя комиссии или его заместителя. При равном числе голосов председатель комиссии (в случае отсутствия председателя – его заместитель) обладает правом решающего голоса.

На каждого аспиранта, предоставляющего научный доклад об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации), заполняется протокол. В протокол вносятся мнения членов государственной экзаменационной комиссии о представляемом научном докладе, уровне сформированности компетенций, знаниях и умениях, выявленных в процессе ГИА, перечень заданных вопросов и характеристика ответов на них, а также вносится запись особых мнений.

Протокол подписывается теми членами государственной экзаменационной комиссии, которые присутствовали на представлении научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

Представление научного доклада аспиранта оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Члены государственной экзаменационной комиссии простым большинством голосов оценивают научно-квалификационную работу (диссертацию) и выносят решение:

- о выдаче диплома;
- о переносе срока представления научного доклада аспирантом;
- об отчислении из аспирантуры с выдачей справки.

Решение государственной экзаменационной комиссии объявляются аспиранту в тот же день после оформления протокола заседания государственной экзаменационной комиссии.