

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Механико-математический факультет

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ЭКЗАМЕН  
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ»**

*Утверждено редакционно-издательским советом университета в качестве  
программы государственного экзамена по направлению  
010800.68 (01.04.03) «Механика и математическое моделирование»*

Самара  
Издательство «Самарский университет»  
2014

УДК 532  
ББК 22.2

Рецензент д-р.физ.-мат. наук, проф. В. И. Астафьев

**Междисциплинарный экзамен «Современные проблемы механики :**  
программа государственного экзамена по направлению 010800.68 (01.04.03)  
«Механика и математическое моделирование» / сост. Н. И. Ключев, Л. В. Сте-  
панова. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2014. – 24 с.

Программа государственного экзамена составлена на основании Феде-  
рального государственного образовательного стандарта высшего профессио-  
нального образования и Порядка проведения государственной итоговой атте-  
стации по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры. Она  
включает комплексные экзаменационные вопросы по образовательным дис-  
циплинам общенаучного и профессионального циклов, результаты освоения  
которых имеют определяющее значение для профессиональной деятельности  
выпускников.

Предназначена для студентов, обучающихся по направлению подготов-  
ки 010800.68 (01.04.03) «Механика и математическое моделирование» в соот-  
ветствии с магистерскими программами «Механика деформируемых тел и  
сред» и «Механика жидкости, газа и плазмы» .

УДК 532  
ББК 22.2

© Ключев Н. И., Степанова Л. В.,  
составление, 2014  
© Самарский государственный  
университет, 2014  
© Оформление. Издательство  
«Самарский университет», 2014

## Введение

Государственный экзамен является составной частью государственной итоговой аттестации. Целью государственного экзамена является установление соответствия уровня подготовленности обучающегося к решению профессиональных задач требованиям федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и разработанной на основе стандарта образовательной программы.

Программа междисциплинарного экзамена составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 010800 «Механика и математическое моделирование», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 771 от 21 декабря 2009 г. (зарегистрировано в Минюсте РФ 04 февраля 2010 г. № 16263), Порядка проведения государственной итоговой аттестации по программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры.

Государственный экзамен проводится с целью определения общекультурных и профессиональных компетенций магистра по направлению подготовки 010800.68 «Механика и математическое моделирование», определяющих его подготовленность к решению профессиональных задач, установленных ФГОС, способствующих его устойчивости на рынке труда.

Государственный экзамен призван дать возможность установить уровень образованности, полноту знаний и навыков, приобретенных выпускником в рамках образовательной программы направления; уровень интеллектуальных способностей бакалавра, его творческие возможности для дальнейшей производственной деятельности.

Государственный экзамен проводится по нескольким образовательным дисциплинам общенаучного и профессионального циклов образовательной программы, результаты освоения которых имеют определяющее значение для профессиональной деятельности выпускников. При этом проверяются как теоретические знания, так и практические навыки выпускника. Государственный экзамен включает комплексные экзаменационные вопросы и задания, соответствующие избранным дисциплинам, отражающие, прежде всего, фундаментальные составляющие этих дисциплин, в том числе задания междисциплинарного характера.

Государственный экзамен проводится Государственной аттестационной комиссией в сроки, предусмотренные рабочими учебными планами по направлению, после освоения образовательной программы в полном объеме.

Государственный экзамен проводится в устной форме.

Результаты государственного экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение государственного аттестационного испытания.

Программа государственного экзамена включает в себя блок общих вопросов, обязательных для всех обучающихся по направлению подготовки 010800.68 (01.04.03) «Механика и математическое моделирование» и блока специальных вопросов для магистерских программ «Механика деформируемых тел и сред» и «Механика жидкости, газа и плазмы».

При разработке программы междисциплинарного государственного экзамена по направлению подготовки 010800.68 (01.04.03) «Механика и математическое моделирование» использовались утверждённые рабочие программы дисциплин: «Теоретическая физика (квантовая механика)», «Теоретическая физика (статистическая физика)», «Современные проблемы механики» и «Специальные разделы математической физики», «Современные проблемы механики».

## **Перечень вопросов, выносимых на государственный экзамен**

### **Общие вопросы**

#### **Теоретическая физика (квантовая механика)**

Предпосылки революции в физике в конце XIX века. Фотоэффект, ультрафиолетовая катастрофа. Гипотеза Планка, формула излучения Планка, постоянная Планка. Фотоэффект, законы Столетова. Теория Эйнштейна фотоэффекта. Давление света проводник, импульс электромагнитной волны. Связь энергии и импульса фотонов. Комплексная запись электромагнитной волны. Гипотеза Де Бройля, волна Де Бройля. Уравнение Шредингера. Уравнение Шредингера для волны Де Бройля. Физический смысл волновой функции. Принцип суперпозиции. Плотность потока вероятности. Необратимость процессов и принцип причинности в квантовой механике. Стационарное уравнение Шредингера. Собственные функции и собственные значения в уравнении Шредингера. Энергетический спектр. Вырождение собственных значений. Частные решения уравнения Шредингера. Общие свойства одномерного движения. Невырожденность энергетических уровней. Потенциальный барьер, прохождение и отражение частиц. Тоннельный эффект. Теория  $\alpha$ -распада. Поведение частицы в потенциальной яме и потенциальном «ящике». Квантовые числа. Решение уравнения Шредингера для одномерного осциллятора. Квантование энергетических уровней. Переход к классической механике при больших квантовых числах. Неравенство Гейзенберга. Одномерная частица как волновой пакет. Соотношение неопределенности Гейзенберга для координат и импульсов. Соотношение неопределенности Гейзенберга для энергии и времени. Оценка размера атома из неравенства Гейзенберга. Квазиклассическое приближение при описании движения частицы в неоднородном поле. Движение в однородном силовом поле. Теория атома водорода. Трёхмерное уравнение Шредингера в центральном поле. Решение уравнения Шредингера для движения электрона в атоме водорода. Вырождение энергетических уровней. Спектры излучения атома водорода.

## **Теоретическая физика (статистическая физика)**

Основные принципы статистического описания. Статистическое описание систем с большим числом степеней свободы. Статистическая независимость макроскопических подсистем. Плотность распределения, теорема Лиувилля. Статистический вес системы. Энтропия, формула Больцмана. Энтропия систем с дискретными состояниями. Свойства энтропии. Энтропия как мера информации. Понятие термодинамического равновесия. Энтропия замкнутой системы в состоянии термодинамического равновесия. Второе начало термодинамики. Иллюстрация второго начала на примере диффузии примесей. Распределение Гиббса. Вывод распределения Гиббса на основе теоремы Лиувилля. Статистическое определение температуры. Распределение Максвелла в классической статистике. Физический смысл температуры. Термодинамические потенциалы. Давление. Внутренняя энергия, свободная энергия, термодинамический потенциал, энтальпия. Первое начало термодинамики. Понятие термодинамического равновесия открытых систем. Физический смысл потенциалов. Переход от статистического описания системы к термодинамическому. Свободная энергия в распределении Гиббса. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Термодинамические процессы в идеальном газе. Распределение Больцмана. Распределение Больцмана в классической статистике. Формула Больцмана. Распределение плотности идеального газа в потенциальном поле. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Пределы применимости теоремы. Флуктуации. Распределение Гаусса. Распределение Гаусса для нескольких величин. Вычисление средних квадратов и корреляции термодинамических величин.

## **Специальные разделы математической физики**

Классы квазилинейных уравнений. Классификация линейных и квазилинейных дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка. Нелинейные системы и их модели. Особенности нелинейных систем. Классификация квазилинейных уравнений. Метод приведения квазилинейного уравнения второго порядка к каноническому виду. Канонический вид квазилинейного уравнения второго порядка. Нелинейное уравнение теплопроводности. Распространение тепла в нелинейной среде. Физические закономерности распространения тепла. Закон Фурье. Отклонение от линейного закона теплопроводности. Нелинейное уравнение теплопроводности. Задачи с внешней и внутренней нелинейностью. Свойства автомодельности. Автомодельные переменные и автомодельные решения нелинейных уравнений. Распространение тепла в среде с фазовым переходом. Задача Стефана о фазовом переходе. Распространение теплового возмущения в нелинейной среде. Распространение тепла от мгновенного теплового источника. Автомодельное решение нелинейного уравнения теплопроводности. Понятие о тепловой волне. Пространственная локализация теплового возмущения. Понятие о режимах с обострением. Системы типа «реакция-диффузия». Системы типа "реакция-диффузия". Распределенные системы с обратной связью. Положительная

и отрицательная обратная связь. Понятие об активаторе и ингибиторе. Диссипативные структуры и самоорганизация в активных средах. Модель двухкомпонентной системы типа "реакция - диффузия", с активатором и ингибитором. Стационарное состояние и его устойчивость. Критерии устойчивости стационарного состояния в двухкомпонентной системе. Обзор известных моделей типа "реакция - диффузия". Модель Гирера-Майнхарда. Модель "брюсселятор". Нелинейные волны. Волновые движения и их классы. Гиперболические волны. Волны в среде с дисперсией. Распространение волны в нелинейной среде. Эффект опрокидывания фронта. Волновое уравнение первого порядка. Решение уравнения методом характеристик. Понятие об ударной волне. Слабые ударные волны. Обратная задача рассеяния. Обратная задача рассеяния в квантовой механике. Задача рассеяния для одномерного уравнения Шредингера. Непрерывный спектр. Аналитические свойства матрицы переноса. Функции Иоста и их свойства. Дискретный спектр в задаче рассеяния. Понятие о данных рассеяния. Уравнения Гельфанда-Левитана-Марченко и решение обратной задачи рассеяния. Формула для потенциала. Интегрирование нелинейных уравнений методом обратной задачи. Понятие об (L-A) -паре Лакса для нелинейного уравнения. Свойства нелинейного уравнения, обладающего (L-A) -парой. Пара Лакса для уравнения Кортевега - де Фриза. Эволюция данных рассеяния. Схема метода обратной задачи рассеяния для интегрирования нелинейного уравнения Кортевега - де Фриза. Введение в теорию солитонов. Солитонные решения. Безотражательные потенциалы и солитонные решения. Общий вид N-солитонного решения уравнения Кортевега - де Фриза. Односолитонное решение и его свойства.

### **Современные проблемы механики**

Общая и прикладная механика. Аналитическая механика и устойчивость движения. Устойчивость и катастрофы в механических системах. Управление и оптимизация в механических системах. Теория управляемых систем. Теория оценивания и навигации. Прикладная теория управления движением. Задача о максимальном отклонении, абсолютная устойчивость и робастная стабилизация. Колебания механических систем. Механика космического полета. Механика машин и роботов. Мехатронные и робототехнические системы. Динамическая имитация управляемых движений. Мобильные роботы. Механика жидкости и газа. Общая и прикладная гидродинамика. Движение вязкой жидкости. Гидродинамика нефти и газа в пористых средах. Математические модели многофазной фильтрации несмешивающихся жидкостей в пористых средах. Теория пограничного слоя. Движение сред со сложной реологией. Гидрогазодинамика многофазных сред. Теория движения многофазных сред. Гидродинамическая неустойчивость и турбулентность. Общая и прикладная газодинамика. Околосзвуковые течения газа. Аэродинамика до- и сверхзвуковых потоков. Аэрогазодинамика проницаемых сред. Теория парашюта. Физико-химическая гидрогазодинамика. Механика деформируемого твердого тела. Теория упругости и вязкоупругости. Общие вопросы теории упругости.

Постановка задач и общие методы их решения. Механика неоднородных тел и композитов. Задачи прикладной теории упругости. Физические основы вязкоупругости. Теория пластичности и ползучести. Физические основы теории пластичности. Экспериментальные исследования. Теория малых упругопластических деформаций. Общая теория упругопластических процессов. Краевые задачи теории пластичности и ползучести. Прикладные задачи теории пластичности. Исследование динамических свойств материалов и моделирование высокоскоростных процессов. Механика разрушения и повреждений. Механика конструкций. Теории прочности. Неклассические модели механики деформируемого твердого тела. Общая теория определяющих соотношений механики сплошной среды. Неклассические модели сред. Обратные задачи механики деформируемого твердого тела. Коэффициентные обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. Об идентификации линейных динамических систем. Идентификация полимерных материалов на основе дифференциальной формы определяющих уравнений. Обратные коэффициентные задачи для упругого стержня. Коэффициентная обратная задача для волнового уравнения. Обратная задача сеймики. Обратная задача Лэмба. Интегральные уравнения в обратных коэффициентных задачах теории упругости. Коэффициентные обратные задачи несвязанной термоупругости (к определению коэффициента термоупругости). Коэффициентные задачи электроупругости. Обратные граничные задачи теории упругости. Постановка обратных граничных задач в теории упругости и методы их исследования. Граничные обратные задачи для конечных тел. Обратные граничные задачи для полосы. Обратная граничные задачи для пластин. Об условной корректности обратных граничных задач теории упругости. Геометрические обратные задачи в акустике и теории упругости. Геометрические обратные задачи в акустике в дифракционной постановке. Определение формы приповерхностного дефекта в акустической среде. Определение формы полости в упругой полуплоскости. Об определении конфигурации трещины в анизотропной среде. Идентификация плоских трещин в анизотропной упругой среде. Асимптотический подход при решении задач идентификации трещин. Идентификация малых дефектов в упругих телах. Коротковолновые методы в обратных геометрических задачах. Определение сферического упругого включения или сферической полости с помощью инвариантных интегралов механики разрушения. Различные области механики. Биомеханика. Проблемы механики природных процессов. Сейсמודинамика. Фундаментальная экология. Вычислительная механика. Специальные пакеты прикладных программ. Пакеты символьной математики и их использование в задачах механики: функциональные возможности, примеры. Пакеты ANSYS, ABACUS. Компьютерные технологии в прикладной механике жидкости и газа. Специальные пакеты трехмерного гидродинамического моделирования нефтяных и газовых месторождений. Расщепление вычислительных алгоритмов в задаче механики. Алгоритмы, примеры и задачи. Вычислительные методы механики разрушения. Расчет инвариантных интегралов механики разрушения.

## Специальные вопросы

### Магистерская программа «Механика жидкости, газа и плазмы»

#### 1. Вводные положения

- 1.1. Понятие сплошной среды. Гидродинамическое описание.
- 1.2. Области приложения механики жидкости, газа и плазмы.
- 1.3. Механические модели, теоретическая схематизация и постановка задач, экспериментальные методы исследований.

#### 2. Кинематика деформируемых континуумов

- 2.1. Системы координат и системы отсчета. Неподвижная и подвижная системы координат. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета.
- 2.2. Подход Эйлера и Лагранжа при описании движения сплошной среды. Лагранжевы и Эйлеровы координаты.
- 2.3. Кинематика сплошной среды. Перемещение, траектория, скорость. Линия тока. Первая теорема Гельмгольца. Циркуляция скорости. Ускорение частицы среды. Локальная и конвективная составляющие ускорения. Полное ускорение.
- 2.4. Деформационное движение среды. Тензор напряжений. Физический смысл его компонент (объемные и сдвиговые напряжения). Инварианты тензора, давление. Тензор скоростей деформаций и кинематический смысл его компонент. Инварианты тензора скоростей деформаций.
- 2.5. Вихревое движение, вихревая линия. Вторая теорема Гельмгольца. Понятие поля: поле перемещений, поле скоростей, поле температур, силовое поле. Основные интегральные формулы поля: Теоремы Гаусса – Остроградского и Стокса. Потенциальные и вихревые поля.

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

- 3.1. Конвективный поток физических характеристик среды, плотность потока.
- 3.2. Массовые и поверхностные силы. Уравнение динамики в напряжениях. Элементарная работа массовых и поверхностных сил.
- 3.3. Уравнения Эйлера для равновесной среды. Закон Архимеда.
- 3.4. Масса и плотность. Уравнение неразрывности в переменных Эйлера. Условие несжимаемости среды.
- 3.5. Понятие о параметрах состояний, уравнение состояния.
- 3.6. Внутренняя энергия системы. Первый закон термодинамики.
- 3.7. Определение энтропии. Второй закон термодинамики.
- 3.8. Поток тепла. Уравнение тепло и массопереноса, уравнение теплопроводности.
- 3.9. Баротропное равновесие газа. Изобарный, изохорный, изотермический и адиабатический процессы.



#### **4. Движение идеальной жидкости**

4.1. Понятие идеальной жидкости и газа.

4.2. Уравнения движения Эйлера, уравнения движения в форме Громеко - Ламба.

4.3. Интеграл движения для идеальной жидкости - интеграл Бернулли. Использование интеграла Бернулли для описания движения твердых тел. Подъемная сила крыла самолета. Эффект Магнуса при поперечном обтекании цилиндра. Течение жидкости в диффузоре.

4.4. Скорость распространения малых возмущений в идеальном газе. Скорость звука.

4.5. Моделирование волновых процессов в идеальной жидкости. Гравитационные волны на поверхности несжимаемой жидкости. Большие и малые глубины водоема.

4.6. Безвихревое движение идеальной среды, потенциальное течение. Интеграл Лагранжа - Коши.

4.7. Плоское потенциальное течение идеальной несжимаемой жидкости. Уравнение Лапласа, как уравнение для определения потенциала скорости. Функция тока. Связь функции тока с потенциалом скорости (условия Коши - Римана). Комплексный потенциал плоского течения и его свойства.

4.8. Обтекание сферы. Парадокс Даламбера.

#### **5. Моделирование движения вязкой среды**

5.1. Динамика вязкой жидкости. Ньютоновская жидкость. Связь тензора напряжений и тензора скоростей деформаций. Закон Ньютона для трения для прямолинейного, сдвигового, ламинарного течения жидкости.

5.2. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнения Навье - Стокса). Граничные условия. Линеаризация уравнений Навье - Стокса. Простейшие линейные задачи. Течения Куэтта и Пуазейля в плоском слое. Течение Пуазейля в трубе круглого сечения. Формула Пуазейля.

5.3. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса (обтекание шара при малых числах Рейнольдса). Сила Стокса, действующая на сферу в потоке вязкой жидкости. Сила, действующая на сферическое тело, движущееся ускоренно в вязкой несжимаемой жидкости. Присоединенная масса. Движение твердой частицы в потоке Пуазейля. Испарение капли в воздушном потоке. Течение со вдувом массы в плоском канале испарителя тепловой трубы при малых числах Рейнольдса. Метод асимптотического сращения для задачи о течении пара в плоском конденсаторе для больших чисел Рейнольдса.

5.4. Понятие пограничного слоя. Уравнения Прандтля движения вязкой жидкости в ламинарном пограничном слое. Явление отрыва пограничного слоя. Профиль продольной скорости в точке отрыва. Постановка задачи о пограничном слое на продольно обтекаемой пластине (задача Блазиуса). Задача тепло- и массопереноса в пленке конденсата, стекающей по плоской вертикальной поверхности под действием силы тяжести и внешнего потока возду-

ха. Течение волновой пленки на плоской вертикальной поверхности. Капиллярные волны на поверхности жидкости. Течение жидкой пленки на плоской поверхности летательного аппарата под действием силы тяжести и внешнего потока.

## **6. Механическое подобие, моделирование физических процессов**

6.1. Безразмерные преобразования уравнений движения, неразрывности и теплопроводности.

6.2. Система определяющих параметров для выделенного класса явлений.

6.3. Размерность величин. Определение физического подобия. Моделирование физических процессов. Критерии подобия. Числа Рейнольдса, Маха, Прандтля.

## **Магистерская программа «Механика деформируемых тел и сред»**

### **Математическая теория пластичности**

Механические свойства твердых тел. Уравнения пластического состояния. Условия текучести. Поверхность и кривая текучести. Условие постоянства максимального касательного напряжения (условия Треска - Сен-Венана.) Условие постоянства интенсивности касательных напряжений (условие пластичности Мизеса). Условия упрочнения. Теория пластического течения. Деформационная теория пластичности. Ассоциированный закон пластического течения. Постулат Друкера. Уравнения упругопластического равновесия. Простейшие задачи. Остаточные деформации и напряжения. Полый шар под действием давления. Цилиндрическая труба под действием давления. Кручение призматических стержней. Основные уравнения. Пластическое кручение. Упругопластическое кручение. Плоская деформация. Линии скольжения и их свойства. Простые напряженные состояния. Осесимметричное поле. Растяжение полосы, ослабленной вырезами. Плоское напряженное состояние. Уравнения плоского напряженного состояния. Построение решений при условии текучести Мизеса. Упругопластическое равновесие пластины с круговым вырезом под действием равномерного давления. Растяжение полосы, ослабленной вырезами. Теория приспособляемости. Поведение упругопластических тел при переменных нагрузках. Теоремы приспособляемости упругопластических тел.

### **Асимптотические методы в механике**

Основы асимптотической теории. Анализ размерностей. Разложения по степеням параметра или независимой переменной. Функции сравнения (калибровочные функции). Символы порядка. Асимптотические ряды. Асимптотические разложения и последовательности. Единственность асимптотических разложений. Сравнение сходящихся и асимптотических рядов. Простейшие действия над асимптотическими разложениями. Неравномерные разложения. Прямые разложения (разложения типа Пуанкаре) и источники неравномерностей. Бесконечные области. Уравнение Дюффинга. Малый пара-

метр при старшей производной. Пример уравнения второго порядка. Изменение типа дифференциального уравнения в частных производных. Наличие особенностей. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. Уравнение Дюффинга: прямое разложение Пуанкаре, точное решение, методика Линдштедта – Пуанкаре, метод многих масштабов, метод усреднения. Колебательные системы с самовозбуждением: прямое разложение, метод перенормировки, метод многих масштабов, метод усреднения. Системы с квадратичными и кубическим нелинейностями: прямое разложение, метод многих масштабов, метод усреднения, обобщенный метод усреднения, метод Крылова-Боголюбова-Митропольского. Уравнение Дюффинга. Случай вынужденных колебаний. Метод сращивания асимптотических разложений. Задачи с пограничным слоем. Асимптотические разложения в краевых задачах. Метод сращивания асимптотических разложений и составные разложения. Метод Прандтля. Внешнее и внутреннее разложения. Высшие приближения и усовершенствованные процедуры сращивания. Метод составных разложений. Уравнения с постоянными коэффициентами. Уравнения с переменными коэффициентами. Задачи с двумя пограничными слоями. Условия разрешимости. Представление об условии разрешимости. Нелинейные колебания в системах с двумя степенями свободы. Системы с параметрическим возбуждением. Краевые задачи для дифференциальных уравнений второго порядка. Задачи на собственные значения. Краевая задача для дифференциального уравнения четвертого порядка. Задача на собственные значения для дифференциального уравнения четвертого порядка. Применение условия разрешимости. Звуковые волны в канале с волнистыми стенками. Колебания мембраны, близкой по форме к кругу. Асимптотические методы в механике. Асимптотическое моделирование в теории теплопроводности. Задачи теплопроводности. Уравнение теплопроводности. Метод разделения переменных. Регулярное возмущение границы. Метод разделения переменных в случае границы, отличной от круговой. Осреднение процесса теплопроводности в слоистых средах. Применение метода многих масштабов. Метод осреднения. Эффективный коэффициент теплопроводности. Метод Бахвалова. Осреднение процесса теплопроводности в композиционном материале. Постановка задачи. Асимптотика решения. Осредненная задача. Осреднение процесса теплопроводности в периодической пористой среде. Симметрия эффективных коэффициентов теплопроводности. Осреднение границы в теории теплопроводности. Асимптотическое моделирование теплопроводности в тонком стержне. Асимптотическое моделирование теплопроводности в тонкой пластине: квазидвумерная теплопроводность в тонкой пластине, анизотропный случай. Метод сращивания асимптотических разложений. Постановка задачи теплопроводности в области с малым включением. Определение калибровочных последовательностей. Асимптотическая модель теплопроводности в плоской области с высокотеплопроводными включениями малого диаметра.

## **Автомодельные решения уравнений математической физики и механики**

Анализ размерностей и подобие. Размерность. Анализ размерностей. Подобие. П-теорема. Применение анализа размерностей величин к построению точных частных решений задач математической физики и механики. Автомодельные решения. Сильные тепловые волны. Сильные взрывные волны. Автомодельность. Промежуточная асимптотика. Автомодельные решения второго рода. Модифицированная задача о мгновенном тепловом источнике. Автомодельное решение второго рода. Модифицированная задача о мгновенном тепловом источнике. Прямое применение анализа размерностей в модифицированной задаче о мгновенном тепловом источнике. Численный эксперимент. Автомодельная промежуточная асимптотика. Автомодельное предельное решение. Модифицированная задача о сильном взрыве. Прямое применение анализа размерностей в модифицированной задаче о точечном сильном взрыве. Численный эксперимент. Автомодельная промежуточная асимптотика. Автомодельное предельное решение. Качественное исследование нелинейной задачи на собственные значения. Задача о коротком ударе. Численный эксперимент. Автомодельная промежуточная асимптотика. Автомодельное предельное решение. Классификация автомодельных зависимостей и автомодельных решений. Полная и неполная автомодельность. Автомодельные решения первого и второго рода. Автомодельные решения и бегущие волны. Полная и неполная автомодельность упругости и разрушения. Решения типа бегущих волн. Ударная волна Бюргерса – стационарная бегущая волна первого рода. Пламя – стационарная бегущая волна второго рода. Задача о равновесии упругого клина под действием пары сил, приложенной в его вершине. Парадокс Стернберга-Койтера. Промежуточная асимптотика решения неавтомодельной задачи. Законы подобия хрупкого и квазихрупкого разрушения. Решения типа бегущей волны и автомодельные решения. Метод подобия. Общий вид решений типа бегущей волны. Инвариантность уравнений относительно преобразований сдвига. Функциональное уравнение, задающее решение типа бегущей волны. Метод подобия. Примеры автомодельных решений уравнений математической физики и механики. Уравнения, инвариантные относительно комбинаций преобразований сдвига и растяжения, и их решения. Экспоненциально-автомодельные решения. Инвариантные решения. Обобщенно-автомодельные решения. Группы преобразований. Множества и отображения. Преобразования и их свойства. Группы преобразований и их инварианты. Общее понятие группы. Определение группы. Четные и нечетные функции. Задача о кубе. Задача о восстановлении формы тела. Томограф и его устройство. Однопараметрические группы преобразований. Группы, допускаемые дифференциальными уравнениями. Интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений, допускающих группу. Обыкновенные дифференциальные уравнения, обладающие фундаментальной системой решений. Фундаментальные решения уравнений математической физики как инвариантные решения. Группа Галуа. Группы преобразований. Группа точечных преобразований. Продолжение группы и инфинитезималь-

ного оператора. Дифференциальные уравнения, допускающие группу. Интегрирование и понижение порядка с помощью однопараметрической группы. Определяющее уравнение. Алгебра Ли. Интегрирование уравнений второго порядка, допускающих двухпараметрическую группу. Разрешимые алгебры Ли. Интегрирование в квадратурах с помощью двумерной алгебры. Пример уравнения, не допускающего группу, но интегрируемого в квадратурах. Групповая классификация уравнений второго порядка. Уравнения, допускающие трехмерную алгебру Ли. Общая классификация. Инвариантные решения. Определения и решения. Оптимальная система инвариантных решений. Интегрирование уравнений второго порядка, допускающих 3-хмерную алгебру. Решение одной инвариантной краевой задачи. Сферические функции. Групповой подход в методе Римана. Классический метод исследования симметрий дифференциальных уравнений. Однопараметрические преобразования и их локальные свойства. Однопараметрические преобразования и их локальные свойства. Инфинитезимальный оператор. Инвариант оператора. Преобразования на плоскости. Формулы для вычисления производных. Координаты первого и второго продолжений. Симметрии нелинейных уравнений второго порядка. Условие инвариантности. Процедура расщепления по производным. Примеры поиска симметрий нелинейных уравнений математической физики. Двумерное стационарное уравнение теплопроводности с нелинейным источником. Нелинейное уравнение нестационарной теплопроводности. Нелинейное волновое уравнение. Допустимые инфинитезимальные операторы и инварианты движения нелинейной вязко-пластической среды. Использование симметрий уравнения для поиска точных решений. Использование симметрий уравнения для построения однопараметрических решений. Процедура построения инвариантных решений. Примеры построения инвариантных решений нелинейных уравнений. Решения, порождаемые линейными комбинациями допускаемых операторов. Уравнения старших порядков. Однопараметрические группы Ли точечных преобразований. Генератор группы. Инвариант группы. Локальные преобразования производных. Условие инвариантности. Процедура расщепления. Инвариантные решения. Допустимые инфинитезимальные операторы и инвариантные решения уравнения стационарного безградиентного гидродинамического пограничного слоя. Допустимые инфинитезимальные операторы и инвариантные решения уравнения стационарного градиентного гидродинамического пограничного слоя. Симметрии систем уравнений математической физики. Основные соотношения, используемые при анализе симметрий систем уравнений. Симметрии уравнений гидродинамического пограничного слоя. Допустимые операторы и инвариантные решения системы уравнений установившегося околосзвукового течения газа. Допустимые операторы и инвариантные решения нелинейной системы уравнений одномерных длинноволновых колебаний упругого стержня. Допустимые операторы и инвариантные решения системы уравнений одномерного изэнтропического движения идеального газа. Допустимые операторы и инвариантные решения системы уравнений двумерного установившегося

течения идеальной несжимаемой жидкости. Неклассический метод исследования симметрий дифференциальных уравнений. Описание метода. Условие инвариантной поверхности. Алгоритм построения точных решений неклассическим методом для эволюционных уравнений второго порядка. Конкретные примеры: уравнение Фитсхью-Нагумо и нелинейное волновое уравнение.

### **Теория вязкоупругости и ползучести**

Понятие упругости, пластичности и ползучести. Течение в твердых телах. Понятие о реологии материала, релаксации, диссипации механической энергии. Обзор реологических свойств и структуры различных материалов: полимеры, бетон, металлы. Вязкоупругие определяющие соотношения между напряжениями и деформациями. Простейшие модели упруговязкого тела. Модели Фойгта, Максвелла, Томпсона. Модели с жесткопластическими элементами. Диаграммы зависимостей напряжений от деформаций. Интегральная форма определяющих соотношений между напряжениями и деформациями. Свертка Стильтьеса. Гипотеза о затухающей памяти и различие между вязкоупругими телами и жидкостями. Дифференциально-операторная форма определяющих соотношений между напряжениями и деформациями. Характеристики релаксации и ползучести. Механические модели.

### **Экспериментальные методы в механике**

Фотоупругость. Оптические методы исследования - раздел экспериментальных методов исследования в механике. Классификация методов. Историческая справка. Задачи, решаемые с помощью оптических методов. Некоторые примеры решения задач науки и техники. Метод муаровых полос. Сущность метода, его возможности, достоинства и недостатки. Классификация и разновидности метода: контактный и отражательный, теневой, и высокотемпературный муар. Техника проведения эксперимента. Расшифровка картины муаровых полос. Возможные источники погрешностей измерений и их анализ. Примеры решения задач. Поляризационно-оптические методы исследования. Характеристики электромагнитных волн. Естественный, поляризованный, монохроматический свет. Способы получения поляризованного света. Экспериментальное обнаружение поляризованного света. Способы математического описания поляризованного света. Прохождение поляризованного света через оптически анизотропную среду. Двойное лучепреломление. Искусственная анизотропия. Теория пьезооптического эффекта. Закон Вертгейма. Методы расшифровки экспериментальных результатов полученных поляризационно-оптическими методами. Возможные источники погрешностей измерений и их анализ. Примеры решения задач. Когерентно-оптические методы исследования. Основы когерентной оптики - лазерное излучение. Голография, ее сущность и краткий исторический очерк развития. Работы Д. Габора, Э.Лейта, Упатниекса, Ю.Н.Денисюка. Основные свойства голограмм. Метод голографической интерферометрии. Основные способы получения и восстановления голограмм: метод реального времени и метод двух экспози-

ций, стробоскопический метод, метод усреднения во времени. Расшифровка голограмм. Причины и анализ погрешностей. Некоторые примеры. Спекл-интерферометрия. Сущность и возможности метода. Расшифровка спекл-интерферограмм. Причины и анализ погрешностей. Примеры решения.

### **Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела**

Обратные и некорректные задачи. Некоторые вопросы математического моделирования. Понятие о корректных и некорректных задачах. Степень некорректности и точность. Способы преодоления некорректности. Регуляризация. Дискретизация некорректных задач. Некоторые особенности обратных задач и методы их исследования. Классификация обратных задач механики деформируемого твердого тела. Постановки обратных задач. Обратные ретроспективные задачи. Обратная ретроспективная задача (первая постановка). Метод квазиобращения. Обратная ретроспективная задача (вторая постановка.) Коэффициентные обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. Об идентификации линейных динамических систем. Идентификация полимерных материалов на основе дифференциальной формы определяющих уравнений. Обратные коэффициентные задачи для упругого стержня. Коэффициентная обратная задача для волнового уравнения. Обратная задача сейсмологии. Обратная задача Лэмба. Интегральные уравнения в обратных коэффициентных задачах теории упругости. Коэффициентные обратные задачи несвязанной термоупругости (к определению коэффициента термоупругости). Коэффициентные задачи электроупругости. Обратные граничные задачи теории упругости. Постановка обратных граничных задач в теории упругости и методы их исследования. Граничные обратные задачи для конечных тел. Обратные граничные задачи для полосы. Обратные граничные задачи для пластин. Об условной корректности обратных граничных задач теории упругости. Определение сферического упругого включения или сферической полости с помощью инвариантных интегралов механики разрушения.

### **Механика хрупкого разрушения. Механика разрушения упругопластических тел**

Предмет механики разрушения. Возникновение механики разрушения: причины и истоки. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Первая модель тела с трещиной. Катастрофические разрушения твердых тел 40 – 50 годов прошлого века. Понятие о прочности твердых тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Виды дефектов в кристаллической решетке. Механизмы образования дислокационных микротрещин. Микромеханика. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационные, энергетические, энтропийный. Всесторонне растяжение пластины с круговым отверстием. Одноосное растяжение пластины с круговым отверстием. Растяжение плоскости с эллиптическим отверстием. Концентрация напряжений в области сферической полости в поле чистого сдвига. Концентрация напряжений в области сферической полости в поле одноосного растя-

жения. Полубесконечная трещина. Решение методом разложения по собственным функциям – решение Уильямса. Простейшие задачи о напряженном состоянии упругого тела с трещиной. Метод комплексных потенциалов. Метод конформных отображений для получения точных решений задач о трещине в линейно упругом материале. Три независимых типа трещин. Коэффициенты интенсивности напряжений. Коэффициент интенсивности напряжений и методы его расчета. Энергетический критерий разрушения. Силовой критерий разрушения. Эквивалентность силового и энергетического критериев разрушения. Поток энергии в вершину трещины. Концепция квазихрупкого разрушения. Поправка Ирвина на пластическую деформацию. Область применимости линейной механики разрушения. Пространственные задачи механики разрушения. Напряженно-деформированное состояние окрестности вершины трещины. Эллиптическая трещина в бесконечном теле, нагруженном одноосным растяжением. Эллиптическая трещина в бесконечном теле при чистом изгибе. Метод объемных сил Эшелби в трехмерных задачах. Влияние физической нелинейности (Сингулярное решение Хатчинсона-Райса-Розенгрена). Пластическая область в вершине трещины в упругопластическом материале. Инвариантный J-интеграл Эшелби-Черепанова-Райса.. Локализованная пластичность. Трещина антиплоского сдвига в идеальнопластическом теле. Напряжения в окрестности вершины трещины нормального отрыва в условиях плоского деформированного и плоского напряженного состояния в идеально пластическом материале. Узкая зона локализации пластических деформаций у вершины трещины нормального отрыва в условиях плоского напряженного состояния. Модель трещины Леонова – Панасюка – Дагдейла. Модификации модели Дагдейла. Разгрузка трещины Дагдейла. Повторное нагружение трещины Дагдейла. Особенности усталостного разрушения. Эксперименты Велера. Многоцикловая и малоцикловая усталость. Виды циклического нагружения при лабораторных испытаниях. Исследование скорости распространения усталостных трещин. Формула Париса. Усталостная долговечность. Пластические зоны у вершины трещины при перегрузке. Асимптотический анализ усталостного роста трещины в среде с поврежденностью в связанной постановке (в связке упругость – поврежденность).

### **Использование конечно-элементного пакета Simulia ABAQUS для решения задач механики деформируемого твердого тела**

Структура CAE-интерфейса. Моделирование статической линейной задачи для двумерного объекта на примере консольно закрепленной балки. Моделирование статической линейной задачи для трехмерного объекта на примере изгиба консольно-закрепленной балки. Использование различных типов элементов. Изменение параметров сетки. Моделирование различных типов материалов (изотропные, ортотропные, слоистые, гиперэластичные) на примере изгиба консольно-закрепленной балки. Задание пределов пропорциональности и прочности, переход к нелинейной статической задаче. Моделирование динамической задачи на примере свободных колебаний консольно-



закрепленной балки. Анализ частотных характеристик, запись результатов анализа в отчетные файлы. Моделирование контактной задачи на примере падения твердого шара на свободный конец консольно-закрепленной балки с различными начальными условиями. Моделирование контактной задачи на примере взаимодействия консольно-закрепленной балки и лежащего на ней упругого цилиндра, нагруженного поперечной силой. Запись результатов анализа в видеоклип. Моделирование статической линейной задачи на примере нагрева и охлаждения консольно закрепленной балки. Исследование возникающих температурных напряжений. Моделирование статической линейной задачи на примере электростатического взаимодействия консольно закрепленной балки с заряженными телами различной геометрической формы. Технология моделирования роста трещины XFEM. Импорт/экспорт геометрии и моделей. Дополнительные методы создания и анализа моделей. Создание скриптов в Abaqus/CAE. Система единиц в SIMULIA Abaqus.

### **Использование МКЭ-пакета ANSYS для решения задач механики деформируемого твердого тела**

Основы метода конечного элемента. Использование метода конечного элемента для решения задач механики деформируемого твердого тела. Критерии механики разрушения. Коэффициент интенсивности напряжений. Энергетический инвариантный интеграл. Рост трещины при циклическом нагружении. Аппроксимация диаграммы деформирования материала. Методы расчета коэффициента интенсивности напряжений. Упругая задача. Упругопластическая задача. Термоупругая задача. Использование метода конечного элемента для решения задач механики разрушения.

Модель пластины с центральной трещиной при растяжении. Модель пластины с краевыми трещинами при растяжении. Модель прямоугольного образца с краевой трещиной при трехточечном изгибе. Модель прямоугольного образца с краевой трещиной при растяжении. Модель компактного образца при внецентренном растяжении. Модель цилиндрического образца с кольцевой трещиной при растяжении. Модель С-образного образца при внецентренном растяжении. Модель пластины с боковой наклонной трещиной при растяжении. Макрос для вычисления J-интеграла в симметричных задачах. Макрос для вычисления J-интеграла в несимметричных задачах.

### **Механика композиционных материалов**

Композиционные материалы и их специфика. Введение. Композиционные материалы (композиты). Композиты в природе и технике. Определение композиционного материала. Представительный объем. Ячейка периодичности. Структурная классификация композитов. Определяющие соотношения в МДТТ. Однородные и неоднородные материалы. Изотропные и анизотропные материалы. Постановка краевых задач в МДТТ. Тензор Грина. Основные краевые задачи механики композитов. Эффективные свойства композиционных материалов. Эффективные модули упругости композитов. Эффективные

модули упругости неоднородного упругого тела. Представление эффективных модулей через тензор Грина. Вычисление эффективных модулей упругости. Эффективные модули упругости неоднородного по толщине бесконечного слоя. Эффективные податливости композитов. Взаимосвязь модулей упругости и податливостей неоднородного упругого тела. Тензор эффективных податливостей. Представление эффективных податливостей через тензор Грина. Вычисление эффективных податливостей. Эффективные податливости неоднородного по толщине бесконечного слоя. Методы расчета эффективных свойств композиционных материалов. Классические методы расчета эффективных свойств композитов. Метод и модули Фойгта. Метод и модули Рейсса. Вилка Фойгта-Рейсса. Эффективные свойства дисперсного и волокнистого композитов. Функционал Хашина-Штрикмана. Вилка Хашина-Штрикмана. Границы свойств в дисперсном и волокнистом композитах с изотропными компонентами. Другие способы сужения вилки эффективных свойств. Статистические методы расчета эффективных свойств композитов. Понятие статистического ансамбля. Основные статистические характеристики случайных функций. Статистически однородные случайные функции. Гипотеза эргодичности. Корреляционное приближение теории случайных функций. Обобщенное сингулярное приближение теории случайных функций. Методы решения краевых задач для композиционных материалов. Метод малого параметра. Метод малого параметра в задаче для неоднородного упругого стержня. Метод малого параметра в трехмерной задаче теории упругости для периодически неоднородного тела. Понятие о сопутствующей краевой задаче. Представление решения краевой задачи для неоднородного упругого тела через решение сопутствующей краевой задачи. Метод тензоров Грина. Метод тензоров Грина для осреднения трехмерных задач неоднородной теории упругости. Связь метода тензоров Грина с методом малого параметра.

### **Механика коррозионного разрушения**

Коррозионное разрушение. Введение. Специфика разрушения при коррозии под напряжением. Общая характеристика механизмов влияния коррозионных сред. Предпосылки использования подходов механики разрушения при оценке коррозионно-механических разрушений. Испытания на коррозионную трещиностойкость. Виды испытаний и образцы для испытаний. Испытательные камеры и испытательные среды. Методы оценки длины трещины и определения порога трещиностойкости. Механические и электрохимические особенности распространения коррозионных трещин. Кинетические диаграммы коррозионного растрескивания металлов и сплавов. Роль коррозионной среды на напряженное состояние в вершине трещины. Электрохимические условия в вершине трещины. Адсорбционное снижение поверхностной энергии при воздействии внешних сред. Влияние водорода на трещиностойкость сталей. Влияние структуры сталей на их коррозионную трещиностойкость. Коррозионно-циклическая трещиностойкость сталей и сплавов. Кинетика коррозионно-усталостного разрушения. Факторы ускорения коррозионно-усталостного роста трещин. Условия

формирования порогов коррозионно-усталостной трещиностойкости. Усталостный рост трещин в водороде. Состояние водорода в металле. Влияние водорода в металлах на их механические свойства. Влияние наводороживания на изменение механических характеристик материала. Замедленное разрушение металлов, обусловленное водородом. Восстановление механических свойств наводороженного металла. Влияние жесткости схемы напряженного состояния на водородное охрупчивание металла. Теории водородной хрупкости. Прогнозирование коррозионной трещиностойкости материалов. Модели механики коррозионного разрушения. Методы расчета ресурса долговечности элементов конструкций, работающих в коррозионных средах. Применение методов механики коррозионного разрушения для решения задач повышения надежности и долговечности элементов конструкций. Накопление поврежденности и коррозионное растрескивание под напряжением. Моделирование процесса накопления поврежденности в металлах при водородном охрупчивании. Феноменологические модели поведения металлов при водородном охрупчивании. Определяющие уравнения модели. Методика определения параметров материала при КРН. Испытания при постоянном напряжении. Испытания на растяжение с постоянной скоростью деформирования. Методика нахождения КРН-параметров. Сложное напряженное состояние. Поведение элементов конструкций в условиях коррозионного растрескивания под напряжением. Поведение элементов конструкций в условиях коррозионного растрескивания под напряжением. Изгиб балки в условиях КРН. Постановка задачи. Стадия скрытого разрушения. Развитие фронта разрушения. Стационарное состояние задачи. Задача о трубе под действием внутреннего давления в условиях КРН. Начальное упругое состояние. Упруго-пластическое состояние. Напряженное состояние упругопластической трубы. Вычисление деформаций в упругопластической трубе. Учет движения фронта разрушения. Стационарное состояние и условия его существования. Моделирование развития трещин в охрупчивающейся упругопластической среде. Теоретические модели для описания обусловленного водородом роста трещин. Развитие полубесконечной трещины в охрупчивающейся упругопластической среде. Моделирование развития трещин в охрупчивающейся упругопластической среде. Теоретические модели для описания обусловленного водородом роста трещин. Развитие полубесконечной трещины в охрупчивающейся упругопластической среде. Задача Дагдейла для охрупчивающейся упругопластической среды. Постановка задачи. Моделирование развития трещины. Стационарное состояние и условия его существования.

### **Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену**

При подготовке к сдаче государственного экзамена, с учетом того, что проверяются как теоретические знания, так и практические навыки выпускника, студентам рекомендуется пользоваться следующей учебной литературой. Список литературы составлен с учетом списка дисциплин учебного плана, вопросы по которым выносятся на экзамен.

## Перечень рекомендуемой литературы

### Общие вопросы

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М.: Наука. 2010. 582 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Том 1. Молекулярная физика и термодинамика. М.: Кнорус, 2010. 336 с.
3. Матвеев А.Н. Молекулярная физика. М.: Оникс, мир и образование. 2006.
4. Планк М. Введение в теоретическую физику. В 5-ти книгах. М.: КомКнига, 2006. Т.1. Статистическая физика. 232 с.
5. Тарасов В.В. Квантовая механика. Лекции по основам теории. М.: Вузовская книга, 2005. 328 с. (Рекомендовано УМО).
6. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М.: Лаборатория Базовых знаний. 2007 г. 432 с. (Рекомендовано УМО).
7. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. М.: Едиториал УРСС, 2002. 240 с.
8. Сборник задач по общему курсу физики. часть 1. Механика. Термодинамика и молекулярная физика. Под ред. Овчинкина. В.А. М.: МФТИ. 2002.
9. Белонучкин В.Е., Заикин Д.А., Ципенюк ЮМ. Курс общей физики. М.: Физматлит, 2007. 608 с. (Рекомендовано МО РФ).
10. Кондратьев А.С., Райгородский П.А. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории: учебное пособие для вузов. М.: Физматлит, 2007. 254 с. (Допущено УМО).
11. Фейнман Р. Статистическая механика (Курс лекций). Волгоград: Платон, 2000. 412 с.
12. Киттель Ч. Элементарная статистическая физика М.:ИЛ. 1960. 144 с.
13. Киттель Ч. Статистическая термодинамика М.:ИЛ. 1977. 337 с.
14. Башкиров Е.К., Петрушкин С.В. Задачи по неравновесной квантовой статистической физике: учебное пособие для вузов. Самара: Самарский университет, 2008. 92 с.
15. Владимиров В.С., Жаринов В.В. Уравнения математической физики. М.: Физматлит, 2008. 400 с. (Реком. МО РФ).
16. Никифоров А.Ф. Лекции по уравнениям и методам математической физики. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. 136 с.

### Магистерская программа «Механика жидкости, газа и плазмы»

#### Литература основная

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: учеб. пособие для вузов. М.: Физматлит, 2001- Т.VI: Гидродинамика.
2. Вебстер А.Г. Механика материальных точек, твердых упругих и жидких тел. Лекции по математической физике. Т. 2. Механика сплошной среды. ЛКИ, 2008. 286 с.
3. Пальмов В.А. Элементы тензорной алгебры и тензорного анализа. СПб.: Изд-во СПбПУ, 2008. 109 с.

#### Литература дополнительная

1. Пергамент М.И. Методы исследований в экспериментальной физике. Учебное пособие. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. 304 с.
2. Аргатов И.И. Введение в асимптотическое моделирование в механике. СПб.: Политехника, 2004. 302 с.

3. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики. Точные решения. М.: Физматлит, 2002. 432 с.
4. Кудряшов А.А. Методы нелинейной математической физики. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. 368 с.
5. Баренблатт Г.И. Автомодельные явления – анализ размерностей и скейлинг. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. 216 с.
6. Экспериментальная механика: в 2-х книгах. Под ред А. Кобаяси. М.Мир, 1990. 616 с.
7. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики. Точные решения. М.: Физматлит, 2002. 432 с.
8. Темам Р., Миранвиль А. Математическое моделирование в механике сплошных сред. Бином. Лаборатория занятий. 2013. 320 с.
9. Баушев С.В. Геометрически и физически нелинейная механика сплошных сред. Плоская задача. Либроком, 2013. 312 с.
10. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. М.: Физматлит, 2006. 272 с.
11. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1987.
12. Седов Л.И. Об основных моделях в механике. М.: МГУ, 1992.

### **Магистерская программа «Механика деформируемых тел и сред»**

#### *Литература основная*

4. Эглит М.Э. Лекции по основам механики сплошных сред. Либроком, 2012. 210 с.
5. Рыжак Е.И. Бескоординатное тензорное исчисление для механики сплошных сред. М.: МФТИ, 2011. 170 с.
6. Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред. М.: Либроком, 2010. 322 с.
7. Сокольников И.С. Тензорный анализ. Теория и применения в геометрии и в механике сплошных сред. Комкнига, 2010. 376 с.
8. Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения. Либроком, 2009. 82 с.
9. Кукуджанов В.Н. Численные методы в механике сплошных сред. М.: «МАТИ»-РГТУ, 2006. 158 с.
10. Андрианов И., Аврейцевич Я. Методы асимптотического анализа и синтеза в нелинейной динамике и механике деформируемого твердого тела. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2013. 276 с.
11. Howell P., Kozyreff G., Ockendon J. Applied Solid Mechanics. Cambridge University Press. 2008. 452 p.
12. Пестриков В.М., Морозов Е.М, Механика разрушения. Курс лекций. Санкт-Петербург: ЦОП «Профессия», 2012. 552 с.
13. Пальмов В.А. Элементы тензорной алгебры и тензорного анализа. СПб.: Изд-во СПбПГУ, 2008. 109 с.
14. Пальмов В.А. Определяющие уравнения термоупругих, термовязких и термопластических материалов. СПб.: Изд-во СПбПГУ, 2009. 138 с.
15. Кукуджанов В.Н. Компьютерное моделирование деформирования, повреждаемости и разрушения неупругих материалов и конструкций. М.: МФТИ, 2008. 215 с.
16. Экспериментальная механика. Под ред. Р.К. Вафина, О.С. Нарайкина. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 136 с.

17. Сокольников И.С. Тензорный анализ. Теория и применение в геометрии и в механике сплошных сред. Комкнига, 2010. 376 с.

### *Литература дополнительная*

1. Степанова Л.В. Математические методы механики разрушения. М.: Физматлит, 2009. 336 с.
2. Степанова Л.В., Федина М.Е. Связанные задачи теории ползучести и механики поврежденности. Самара: Изд-во «Самарский университет». 2006. 92 с.
3. Степанова Л.В. Математические методы механики разрушения. Самара: Издательство «Самарский университет», 2006. 232 с.
4. Бьюи Х.Д. Механика разрушения: обратные задачи и решения. М.: Физматлит, 2011. 412 с.
5. Barbero E.J. Finite Element Analysis of Composite Materials using ABAQUS. CRC Press, 2013. 444 p.
6. Krishan K. Chawla Composite Materials. Science and Engineering. New York: Springer, 2013. 552 p.
7. Баренблатт Г.И. Автомодельные явления – анализ размерностей и скейлинг. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2009. 216 с.
8. Пергамент М.И. Методы исследований в экспериментальной физике. Учебное пособие. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. 304 с.
9. Ватульян А.О. Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. М.: Физматлит, 2007. 224 с.
10. Албаут Г.Н. Нелинейная фотоупругость в приложении к задачам механики разрушения. Новосибирск: НГАСУ, 2002. 112 с.
11. Аргатов И.И. Введение в асимптотическое моделирование в механике. СПб.: Политехника, 2004. 302 с.
12. Кудряшов А.А. Методы нелинейной математической физики. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. 368 с.
13. Handbook of Experimental Stress Analysis. New York: Springer, 2008.
14. Razumovsky I.A. Interference-Optical Methods of Solid Mechanics. Berlin Heidelberg: Springer, 2011. 180 p.
15. Springer Handbook of Lasers and Optics. F. Träger (Ed.). Berlin, Heidelberg: Springer, 2007.
16. Searle G.F.C. Experimental Elasticity. A Manual for the laboratory. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 206 p.
17. Sciamarella C.A., Sciamarella F.M. Experimental Mechanics of Solids. Willey, 2012. 776.
18. Voyiadis G.Z., Kattan P.I. Damage Mechanics with Finite Elements: Practical Applications with Computer Tools. Springer, 2012. 113 p.
19. Bouharova T., Elboujdaini M., Pluvinage G. Damage and Fracture Mechanics: Failure Analysis of Engineering materials and Structures. Springer, 2009. 614 p.
20. Kuna M. Finite Elements in Fracture Mechanics. Theory – Numerics – Applications. Solid Mechanics and Its Applications, 2013, v.201.
21. Rao S. S. The Finite Element Method In Engineering. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier, 2011. 727p.

22. Zienkiewicz O.C., Taylor R.L. The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco, Singapore, Sydney, Tokyo: Elsevier, 2005. 648p.
23. Nushtaev D. V. Abaqus. The manual for beginners. The step by step instruction. TESIS, Moscow 2010, 78 p.
24. Paulsen W. Asymptotic Analysis and Perturbation Theory. Boca Raton, London, New York: CRC Press, 2014. 546 p.
25. Christensen R.M. Theory of Viscoelasticity. Dover Publications, 2010.
26. Andrianov, J. Awrejcewicz, L.I. Manevitch, Asymptotical Mechanics of Thin Walled Structures. A Handbook. Berlin: Springer-Verlag; 2004.
27. Marques S.P.C., Creus G.J. Computational Viscoelasticity. New York: Springer, 2012. 124 p.
28. Ibrahimbegovic A. Nonlinear Solid Mechanics. Theoretical Formulations and Finite Element Solution Methods. New York, Springer, 2009. 588 p.
29. Barbero E.J. Finite Element Analysis of Composite Materials using ABAQUS. CRC Press, 2013. 444 p.
30. Principles of Composite Material Mechanics. CRC Press, 2011. 683 p.
31. Neto F.D.M., Neto A.J.S. An Introduction to Inverse Problems with Applications. Berlin: Springer, 2013. 255 p.
32. Bal G. Introduction to Inverse Problems. New York: Columbia University, 2012. 205 p.
33. Морозов Е.М., Муйземнек А.Ю., Шадский А.С. ANSYS в руках инженера. Механика разрушения М.: Издательство ЛКИ, 2008. 456 с.
34. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство. М.: Издательство ЛКИ, 2009. 456 с.
35. Handbook of Experimental Stress Analysis. New York: Springer, 2008.
36. Разумовский И.А. Интерференционно-оптические методы механики деформируемого твердого тела. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 240 с.
37. Piero G.D. A Variational Approach to Fracture and Other Inelastic Phenomena. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer, 2014.
38. Bluman G.W., Cole J.D. Similarity Methods for Differential Equations (Applied Mathematical Sciences. Vol 13.). Springer, 2013. 333 p.

Учебное издание

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ЭКЗАМЕН  
«СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ»**

*Программа государственного экзамена по направлению  
010800.68 (01.04.03) «Механика и математическое моделирование»*

Составители: Н. И. Клюев, Л. В. Степанова

Публикуется в авторской редакции  
Титульное редактирование *Т. И. Кузнецовой*  
Компьютерная верстка, макет *Н. П. Бариновой*

Подписано в печать 21.01.2014. Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Печать оперативная.  
Усл.-печ. л. 1,4; уч.-изд. л. 1,5. Гарнитура Times. Тираж 100 экз. Заказ № 2436.  
Издательство «Самарский университет», 443011, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.  
Тел. 8 (846) 334-54-23  
Отпечатано на УОП СамГУ