

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИТММ
Золотых Н.Ю.
«___»_____2022 г.

**Программа вступительного испытания в аспирантуру
по специальной дисциплине**

Научная специальность:
1.1.8 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

(шифр и наименование научной специальности)

Нижний Новгород
2022 год

1. Структура вступительного испытания

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух частей: экзамена по специальной дисциплине (оценивается по 10-балльной шкале) и собеседования по тематике предполагаемого диссертационного исследования (оценивается по 10-балльной шкале).

Программа вступительного испытания сформирована на основе ФГОС ВО магистратуры и/или специалитета по соответствующим направлениям/специальностям.

2. Процедура проведения вступительного испытания

Экзамен по специальной дисциплине принимается устно по билетам. Каждый билет содержит 2 вопроса.

Собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования проводится на основе подготовленного поступающим реферата.

3. Содержание вступительного испытания

3.1. Содержание экзамена по специальной дисциплине

Вопросы к экзамену:

1. Понятие сплошного тела. Гипотеза сплошности. Физически и геометрически малый элемент. Деформация элемента сплошной среды. Два способа описания деформации сплошного тела. Координаты Эйлера и координаты Лагранжа. Переход от Эйлера к Лагранжу и обратно.
2. Тензор деформации Коши-Грина. Геометрический смысл компонент тензора деформации Грина. Тензор деформации Альманси. Геометрический смысл компонент тензора деформации Альманси. Условия совместности деформаций. Формулировка условий совместности деформаций в цилиндрической и сферической системе координат. Вычисление тензора малых деформаций по заданному полю перемещений. Формулы Чезаро.
3. Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы. Тензоры напряжений Коши, Пиолы и Кирхгофа. Законы сохранения механики сплошных сред: уравнения баланса массы, импульса, момента импульса, кинетической, потенциальной и полной энергии.
4. Упругое деформирование твердых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела. Тензор упругих модулей. Частные случаи анизотропии: трансверсально изотропное и ортотропное упругое тело. Упругие модули изотропного тела.
5. Полная система уравнений теории упругости. Уравнения Ламе в перемещениях. Уравнения Бельтрами-Митчелла в напряжениях. Граничные условия. Постановка краевых задач математической теории упругости. Основные краевые задачи. Принцип Сен-Венана.
6. Общие теоремы теории упругости: теорема Клапейрона, тождество взаимности, теорема единственности. Основные энергетические функционалы линейной теории упругости. Вариационные принципы теории упругости: принцип минимума полной потенциальной энергии, принцип минимума дополнительной энергии, принцип Рейснера. Теоремы Кастильяно. Теорема Бетти. Примеры.
7. Уравнения движения в форме Ламе. Динамические, геометрические и кинематические условия совместности на волновом фронте. Свободные волны в

- неограниченной изотропной упругой среде. Плоские гармонические волны. Коэффициенты отражения, прохождения и трансформации. Полное отражение.
8. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения. Понятие о дислокациях. Локализация пластических деформаций. Линии ЛюдерсаЧернова.
 9. Идеальное упругопластическое тело. Идеальное жесткопластическое тело. Пространство напряжений. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения.
 10. Упрочняющееся упругопластическое тело. Упрочняющееся жесткопластическое тело. Функция нагружения, поверхность нагружения. Параметры упрочнения.
 11. Законы связи между напряженным и деформированным состояниями в теории течения. Принцип Мизеса. Постулат Друккера. Ассоциированный закон пластического течения. Теория скольжения. Краевые задачи теории течения. Теоремы единственности. Вариационные принципы теории течения.
 12. Деформационные теории пластичности. Теория Генки. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений. Задача о толстостенной трубе из упрочняющегося материала.
 13. Упругопластические волны в стержне. Ударное нагружение. Волна разгрузки. Остаточные деформации. Критическая скорость удара.
 14. Определение композитного материала. Возможные классификации. Основные типы и свойства армирующих материалов. Основные типы и свойства матричных материалов. Свойства основных типов композиционных материалов.
 15. Постановка задачи теории упругости для неоднородной среды. Условия на границе раздела фаз. Понятие эффективных свойств композиционного материала. Микро- и макромеханика. Принцип эквивалентной однородности.
 16. Эффективные свойства композитов, армированных непрерывными волокнами. Упругие константы transversально изотропного материала. Методы определения эффективных свойств композитов, армированных в нескольких направлениях. Модели периодических сред.
 17. Особенности краевых задач для композиционных материалов. Простейшие задачи анизотропной упругости: растяжение, чистый изгиб, кручение стержней. Влияние анизотропии на характер деформирования. Принцип Сен-Венана для композитов.
 18. Концепция сплошной среды с повреждениями, взаимосвязь параметров поврежденности материала, кинетики накопления повреждений и структурных уровней материала. Схемы линейного и нелинейного суммирования повреждений, равновесная и неравновесная стадии процесса накопления повреждений.
 19. Многоочаговое разрушение, волны разрушения; многоцикловая усталость, кривая Велера, кривые усталости равной вероятности разрушения, схема суммирования повреждений при сменах режимов деформирования.

20. Малоцикловая усталость, диаграммы циклического деформирования материала, переходная стадия и установившийся режим, переходная долговечность, уравнение Коффина-Мэнсона.
21. Распределение напряжений и смещений в вершине трещины отрыва, плоского и антиплоского сдвига, коэффициент интенсивности напряжений, линейная механика разрушения.
22. Энергетический и силовой подходы к формулировке критерия разрушения упругих сред с трещинами, трещиностойкость, устойчивый, неустойчивый и динамический рост трещины, ветвление трещин; разрушение упругопластических сред с трещинами, поправка Ирвина для длины трещины в упругопластической зоне, коэффициент интенсивности напряжений и K-тарировки.
23. Усталостная долговечность тел с трещинами, кинетическая диаграмма усталостного разрушения, уравнение Пэриса.
24. Понятие о вычислительном эксперименте. Использование вычислительного эксперимента для решения задач механики деформируемого твердого тела.
25. Метод конечных разностей. Типичные разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений теории упругости.
26. Вариационный принцип минимума полной потенциальной энергии упругого тела. Методы Релея-Ритца, Бубнова-Галеркина и градиентного спуска в задачах минимизации функционала полной потенциальной энергии.
27. Метод конечных элементов в теории упругости. Пределы применимости метода конечных элементов.
28. Возможности численного моделирования конструкций из композитов в ANSYS. Конечные элементы для моделирования анизотропной сплошной среды (твердого тела). Конечные элементы для моделирования анизотропных оболочек.
29. Критерии предельного состояния композиционных материалов. Феноменологический и структурный подходы к построению критерия прочности. Тензорный полиномиальный критерий предельного состояния.

3.2. Требования к реферату по специальной дисциплине

Реферат по специальной дисциплине должен показать исследовательский потенциал абитуриента, его подготовленность к выполнению научно-исследовательской программы аспирантуры.

Объем реферата не должен превышать 10 страниц машинописного текста через 1,5 интервала, шрифт Times New Roman, номер 14; размеры полей: верхнее и нижнее – 2 см, левое – 3 см, правое – 1,0 см, выравнивание по ширине.

Реферат должен содержать краткий обзор литературы (состояние вопроса) по предмету исследования, формулировку и обоснование проблемы: ее актуальность, фундаментальные и прикладные аспекты, степень разработанности.

В текст реферата могут быть включены схемы, таблицы, рисунки, приложения.

Структура реферата:

- титульный лист (см. Приложение);
- введение (актуальность, цель, задачи, методы исследования);
- проблемы исследования, ожидаемые результаты;
- заключение (выводы);
- список литературы;
- список опубликованных и направленных в печать статей, и материалов (при наличии).

В реферате автор должен показать знание текущего состояния исследований в выбранной научной области, умение анализировать литературные источники, делать выводы о перспективах предполагаемого исследования.

Реферат представляется в экзаменационную комиссию в сроки и по адресам, указанным в расписании вступительных испытаний, опубликованном на сайте <http://priem-phd.unn.ru/>.

4 Описание шкал оценивания

Экзамен по специальной дисциплине оценивается по 10-балльной шкале.

Собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования на основе подготовленного поступающим реферата оценивается по 10-балльной шкале.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение каждой части вступительного испытания, устанавливается равным 6 баллам. Результирующая оценка за вступительное испытание по специальной дисциплине складывается из оценки за экзамен по специальной дисциплине и оценки за собеседование по тематике предполагаемого диссертационного исследования на основе подготовленного поступающим реферата.

Шкала оценивания экзамена по специальной дисциплине

Оценка, баллы	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
1	Нет ответа.
2	Нет понимания предмета.
3	Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя.
4	Ответ с 3-мя и более грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос.
5	Ответ с 2-мя грубыми ошибками, много неточностей, знания несистематические. Отсутствие правильной формулировки ответа на вопрос даже с помощью преподавателя.

6	В целом положительный ответ с 3-4 незначительными ошибками. Умение с помощью преподавателя схематично, но правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос.
7	В целом хороший ответ с несколькими незначительными ошибками, умение сопоставить теоретические знания. Умение правильно сформулировать ответ на поставленный вопрос. Владение информацией как минимум из одного источника основной литературы.
8	В целом полный ответ, демонстрирующий уверенные знания, с некоторыми неточностями, умение сопоставить теоретические знания. Свободное владение информацией из нескольких источников основной литературы.
9	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы.
10	Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение сопоставить теоретические знания, свободное владение информацией из нескольких источников основной и дополнительной литературы. Иллюстрация ответа дополнительными примерами из собственных наблюдений и дополнительных источников информации.

Шкала оценивания собеседования на основе реферата

Оценка, баллы	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
1	Содержание не соответствует теме реферата, материал не систематизирован и не структурирован, основные понятия проблемы не раскрыты; в постановке проблемы нет самостоятельности; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; неправильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
2	Содержание не соответствует теме реферата, материал плохо систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы не раскрыты; в постановке проблемы нет самостоятельности; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; неправильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
3	Содержание не соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован с недочетами, основные понятия проблемы раскрыты не полностью; в постановке проблемы отсутствует самостоятельность; правильно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
4	Содержание соответствует теме реферата, но основные понятия проблемы не раскрыты; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, нет ссылок на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
5	Содержание соответствует теме реферата, но основные понятия проблемы не раскрыты; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы не продемонстрировано умение обобщать, небрежно оформлены ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
6	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; правильно оформлены

	ссылки на литературу; отсутствует культура изложения и оформления текста реферата
7	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата
8	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты; в постановке проблемы присутствует новизна; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата
9	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты полностью и глубоко; в постановке проблемы присутствует новизна; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы продемонстрировано умение обобщать, аргументировать основные положения и выводы; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата
10	Содержание соответствует теме реферата, материал систематизирован и структурирован, основные понятия проблемы раскрыты полностью и глубоко; в постановке проблемы присутствует новизна и самостоятельность; в формулировании нового аспекта выбранной для анализа проблемы продемонстрировано умение обобщать, сопоставлять различные точки зрения по рассматриваемому вопросу, аргументировать основные положения и выводы; правильно оформлены ссылки на литературу; продемонстрирована культура изложения и оформления текста реферата

3. Источники для подготовки к экзамену

а) основная литература:

1. Каневский И.Н., Сальникова Е.Н. Неразрушающие методы контроля: Учебное пособие. - Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2007. - 243 с. –
<http://window.edu.ru/resource/916/49916/files/dvgtu102.pdf>
2. Сударикова Е.В. Неразрушающий контроль в производстве: Учебное пособие. Ч.1. - СПб.: ГУАП, 2007. - 137 с. - <http://window.edu.ru/resource/024/45024/files/cudarikova.pdf>

в) интернет - ресурсы:

Электронные библиотечные системы «Лань» (<http://e.lanbook.com/>), «Юрайт» (<https://urait.ru/>), EqWorld (<http://eqworld.ipmnet.ru/index.html>)
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm> Учебники и книги по механике
<http://www.aspirantura.spb.ru/other/polez.html> Портал для аспирантов
<http://www.rsl.ru/> Российская государственная библиотека.
<http://www.gpntb.ru/> Государственная публичная научно-техническая библиотека России.
<http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека.

Составители:

_____/Игумнов Л.А./

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института информационных технологий, математики и механики (22.12.21, протокол № 3).

Председатель методической комиссии _____/ Грезина А.В./

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский
государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

Реферат по специальной дисциплине

1.1.8 Механика деформируемого твердого тела

(шифр и наименование научной специальности)

Тема:_____

Выполнил:

_____ Ф.И.О.

Нижний Новгород

202____