

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики  
Кафедра математического моделирования



ТВЕРЖДАЮ:

Директор по научной работе и  
инновациям

Подпись

Шарафан М.В.

«29» апреля 2022г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

### **2.3.3 КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА ПО ДИСЦИПЛИНЕ** **МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

*(наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Научная специальность: 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела  
*(цифр и наименование научной специальности)*

Форма обучения *очная*

Краснодар  
2022

Рабочая программа кандидатского экзамена по дисциплине Механика деформируемого твердого тела составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Рабочая программы дисциплины составлена

Акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой математического моделирования  
Бабешко В.А.

  
\_\_\_\_\_

подпись

Д-р физ.-мат. наук, проф. кафедры математического моделирования  
Павлова А.В.,


  
\_\_\_\_\_

подпись

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры математического моделирования  
22 апреля 2022 (протокол №8)

Заведующий кафедрой

Бабешко В.А.  
фамилия, инициалы

  
\_\_\_\_\_

подпись

Программа обсуждена и одобрена учебно-методической комиссией факультета  
компьютерных технологий и прикладной математики 29 апреля 2022 г. (протокол № 5)

Председатель УМК ФКТиПМ, д-р. техн. наук Коваленко А.В.

  
\_\_\_\_\_

подпись

## 1. Цель изучения дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и соотнесены с общими целями ООП ВО по данному направлению подготовки, профиль 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела, в рамках которого преподается дисциплина Целеполагание должно учитывать ожидаемые результаты

**Целью** освоения дисциплины является изучение основных методов математического моделирования процессов деформирования твердых тел, а также формирование у аспирантов запаса знаний, достаточного для квалифицированной переработки фундаментальных теоретических исследований и получения новых результатов в процессе научно-практической работы над теми или иными проблемами современной механики деформируемого твердого тела, умений и навыков, позволяющих строить математические модели деформирования упругих, упруго-пластических, вязко-упругих тел, разрабатывать методы аналитического и численного анализа соответствующих краевых задач, интерпретировать полученные результаты.

## 2 Задачи экзамена – проверка достижения основных целей специальной дисциплины «Механика деформируемого твердого тела»:

- формирование представления о гипотезах, результатах, методах механики деформируемого твердого тела;
- углубление знаний по ряду теоретических проблем, связанных с изучением закономерностей процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов различной природы, а также исследованием напряженно-деформированное состояния твердых тел из этих материалов при воздействиях различной природы;
- получение навыков обоснованного выбора моделей, описывающих напряженно деформированное состояние исследуемого объекта, аналитических и численных методов анализа этих моделей для конкретных взаимодействий и способов нагружения;
- выработка умений решать сложные задачи в области механики деформируемого твердого тела с единых методологических позиций на основе общесистемной проработки всего комплекса вопросов с использованием методов моделирования.

Процесс освоения данной дисциплины направлен на получения необходимого объема знаний, умений и навыков, отвечающих требованиям ФГОС ВО и обеспечивающих успешное проведение аспирантом профессиональной деятельности, владение методологией формулирования, исследования и решения теоретических и прикладных задач.

## 3. Место в структуре ООП ВО:

Кандидатский экзамен относится к разделу учебного плана Промежуточная аттестация по дисциплинам (модулям) и практике

## 4. Требования к результатам освоения дисциплины, проверяемые в ходе кандидатского экзамена

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся специальных компетенций (СК)

№ п.п.	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
1.	<b>СК-1</b> Способность к применению в ходе собственных научных исследований методологических основ,	Проводит научные исследования в области механики деформируемого твердого тела с применением методологии, понятийно-категориального и терминологического аппарата механики деформируемого твердого тела.

№ п.п.	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
	понятийно-категориального и терминологического аппарата механики деформируемого твердого тела	Учитывает в исследованиях особенности современных тенденций механики деформируемого твердого тела
2	<b>СК-3</b> Способность использовать результаты современных исследований для целей решения задач механики деформируемого твердого тела.	Использует результаты исследований для решения проблем механики деформируемого твердого тела. Применяет результаты современных исследований для решения задач механики деформируемого твердого тела
3	<b>СК-4</b> Способность использовать результаты современных исследований в области механики деформируемого твердого тела для совершенствования методов механики деформируемого твердого тела.	Использует результаты современных исследований для совершенствования методов механики деформируемого твердого тела. Демонстрирует знание особенностей методов в области механики деформируемого твердого тела.

#### 5. Структура кандидатского экзамена по очной форме обучения.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 1 зач.ед. (36 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице:

Вид учебной работы	Всего (часов)	Курс (часы)
<b>Контроль: экзамен</b>		
Подготовка к экзамену	36	36
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>36</b>
	<b>зач. ед</b>	<b>1</b>

#### 6. Содержание кандидатского экзамена по очной форме обучения

Кандидатский экзамен сдаётся по итогам освоения дисциплины «Механика деформируемого твердого тела».

№ раздела	Наименование разделов	Содержание раздела
1	2	3
1	Механика и термодинамика сплошных сред	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. Тензор деформации Коши-Грина. Геометрический смысл компонент тензора деформации Грина. Тензор деформации Альманси. Геометрический смысл компонент тензора деформации Альманси. Условия

№ раздела	Наименование разделов	Содержание раздела
1	2	3
		<p>совместности деформаций. Формулировка условий совместности деформаций в цилиндрической и сферической системе координат. Вычисление тензора малых деформаций по заданному полю перемещений. Формулы Чезаро.</p> <p>Классификация сил в механике сплошных сред: внешние и внутренние силы, массовые и поверхностные силы. Тензоры напряжений Коши, Пиолы и Кирхгофа.</p> <p>Законы сохранения механики сплошных сред: уравнения баланса массы, импульса, момента импульса, кинетической, потенциальной и полной энергии.</p>
2	Теория упругости	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Действие сосредоточенной силы в неограниченной упругой среде. Тензор Грина. Граничные интегральные представления напряжений и перемещений. Формула Сомильяны. Общие представления решений уравнений теории упругости: представление Кельвина, представление Галеркина и представление Папковича-Нейбера. Нормальная нагрузка на границе полупространства (задача Буссинеска). Касательная нагрузка на границе полупространства (задача Черрути). Плоское напряженное и плоское деформированное состояние. Плоская задача теории упругости. Метод комплексных потенциалов Колосова-Мухелишвили. Комплексное представление напряжений и перемещений. Уравнения плоской задачи теории упругости в полярных координатах. Смешанная задача для полуплоскости. Задача Гриффитса.</p> <p>Антиплоская деформация. Трещина антиплоского сдвига в упругом теле. Кручение и изгиб призматического тела (задача Сен-Венана). Теоремы о циркуляции касательного напряжения при кручении и изгибе. Центр изгиба.</p> <p>Задача о действии штампа с плоским основанием на полуплоскость. Контактная задача Герца.</p> <p>Теория тонких упругих пластин и оболочек. Основные гипотезы. Полная система уравнений теории пластин и оболочек. Граничные условия. Постановка задач теории</p>

№ раздела	Наименование разделов	Содержание раздела
1	2	3
		<p>пластин и оболочек. Безмоментная теория. Краевые эффекты. Задача о круглой симметрично нагруженной пластине.</p> <p>Динамические задачи теории упругости. Уравнения движения в форме Ламе. Динамические, геометрические и кинематические условия совместности на волновом фронте. Свободные волны в неограниченной изотропной упругой среде. Общее решение в форме Ламе. Фундаментальное решение динамических уравнений теории упругости для пространства. Плоские гармонические волны. Коэффициенты отражения, прохождения и трансформации. Полное отражение. Поверхностные волны Релея. Волны Лява. Установившиеся колебания упругих тел. Частоты и формы собственных колебаний. Вариационный принцип Релея.</p> <p>Температурные задачи теории упругости. Уравнения термоупругости.</p>
3	Теория пластичности	<p>Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения. Понятие о дислокациях. Локализация пластических деформаций. Линии Людерса–Чернова.</p> <p>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.</p> <p>Упрочняющееся упругопластическое тело. Упрочняющееся жесткопластическое тело. Функция нагружения, поверхность нагружения. Параметры упрочнения.</p> <p>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.</p> <p>Теория предельного равновесия. Статическая и кинематическая теоремы теории предельного равновесия. Верхние и нижние оценки. Примеры.</p> <p>Кручение призматического тела за пределом упругости. Предельное равновесие при кручении. Характеристики. Разрывы напряжений. Песчано-мембранная аналогия Прандтля–Надаи для кручения идеально упругопластических тел.</p> <p>Пластическое плоское деформированное состояние. Уравнения для напряжений и скоростей. Статически определимые и неопределимые задачи. Характеристики. Свойства линий скольжения. Методы решения основных краевых задач теории плоской пластической деформации. Задача Прандтля о вдавливании штампа. Пластическое плоское напряженное состояние. Уравнения для напряжений и</p>

№ раздела	Наименование разделов	Содержание раздела
1	2	3
		<p>скоростей при условии пластичности Мизеса. Характеристики.</p> <p>Плоские упругопластические задачи теории идеальной пластичности. Двухосное растяжение толстой и тонкой пластин с круговым отверстием.</p> <p>Деформационные теории пластичности. Теория Генки. Теория малых упруго пластических деформаций А.А. Ильюшина. Теорема о разгрузке. Метод упругих решений.</p> <p>Упругопластические волны в стержне. Ударное нагружение. Волна разгрузки. Остаточные деформации.</p>
4	Теория вязкоупругости и ползучести	<p>Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона. Время релаксации. Время запаздывания.</p> <p>Определяющие соотношения теории вязкоупругости. Ядра ползучести и релаксации. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью. Термодинамические ограничения на выбор ядер ползучести и релаксации.</p> <p>Формулировка краевых задач теории вязкоупругости. Методы решения краевых задач теории вязкоупругости: принцип соответствия Вольтерры, применение интегрального преобразования Лапласа, численные методы. Теорема единственности.</p> <p>Вариационные принципы в линейной вязкоупругости. Применение вариационного метода к задачам изгиба.</p> <p>Плоская задача о вдавливании жесткого штампа в вязкоупругую полуплоскость. Контакт вязкоупругих тел: аналог задачи Герца.</p> <p>Определяющие соотношения нелинейной теории вязкоупругости. Разложение Вольтерры–Фреше. Упрощенные одномерные модели.</p> <p>Теории старения, течения, упрочнения и наследственности. Ползучесть при сложном напряженном состоянии. Определяющие соотношения.</p> <p>Установившаяся ползучесть. Уравнения состояния деформируемых тел, находящихся в условиях установившейся ползучести. Постановка краевых задач. Вариационные принципы теории установившейся ползучести: принцип минимума полной мощности, принцип минимума дополнительного рассеяния. Установившаяся ползучесть и длительная прочность стержня.</p> <p>Неустановившаяся ползучесть. Определяющие уравнения теории неустановившейся ползучести. Вариационные принципы теории течения и теории упрочнения. Неустановившаяся ползучесть стержневой решетки. Устойчивость стержней и пластин из реономных материалов.</p>
5	Механика разрушения	<p>Понятие о разрушении и прочности тел. Общие закономерности и основные типы разрушения. Концентраторы напряжений. Коэффициент концентрации напряжений: растяжение упругой</p>

№ раздела	Наименование разделов	Содержание раздела
1	2	3
		<p>полуплоскости с круговым и эллиптическим отверстиями.</p> <p>Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения: деформационный, энергетический, энтропийный. Критерии длительной и усталостной прочности. Расчет прочности по допускаемым напряжениям. Коэффициент запаса прочности.</p> <p>Двумерные задачи о трещинах в упругом теле. Метод разложения по собственным функциям в задаче о построении асимптотик полей напряжений и перемещений у вершины трещины в упругом теле. Коэффициент интенсивности напряжений, методы его вычисления и оценки.</p> <p>Скорость высвобождения энергии при продвижении трещины в упругом теле. Энергетический подход Гриффитса в механике разрушения. Силовой подход в механике разрушения: модели Баренблатта и Ирвина. Эквивалентность подходов в случае хрупкого разрушения. Формула Ирвина.</p> <p>J-интеграл Эшелби – Черепанова – Райса и его инвариантность. Вычисление потока энергии в вершину трещины. JR-кривая.</p> <p>Динамическое распространение трещин. Динамический коэффициент интенсивности напряжений. Предельная скорость трещины хрупкого разрушения (теоретическая оценка и экспериментальные данные).</p> <p>Локализованное пластическое течение у вершины трещины. Оценка линейного размера пластической зоны у вершины трещины по Ирвину. Модель трещины Леонова – Панасюка – Дагдейла с узкой зоной локализации пластических деформаций.</p> <p>Кинетическая концепция прочности твердых тел. Кинетическая теория трещин. Рост трещин в условиях ползучести.</p> <p>Понятие об усталостном разрушении. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Основные законы роста усталостных трещин.</p> <p>Понятие о поврежденности. Математическое представление поврежденности. Параметр поврежденности Качанова – Работнова.</p> <p>Кинетические уравнения накопления поврежденности. Принцип линейного суммирования повреждений.</p>
6	Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела	<p>Метод конечных разностей. Типичные разностные схемы для параболических, эллиптических и гиперболических уравнений. Метод конечных разностей для дифференциальных уравнений теории упругости.</p> <p>Вариационный принцип минимума полной потенциальной энергии упругого тела. Методы Релея–Ритца, Бубнова–Галеркина и градиентного спуска в задачах минимизации функционала полной потенциальной энергии.</p> <p>Метод конечных элементов в теории упругости. Пределы применимости метода конечных элементов.</p> <p>Применение сплайн-аппроксимаций.</p> <p>Метод интегральных преобразований.</p> <p>Формула Соммильяны и метод граничных интегральных</p>



№ раздела	Наименование разделов	Содержание раздела
1	2	3
		уравнений (метод граничных элементов). Метод характеристик в двумерных задачах теории пластичности. Область определенности и область зависимости решения гиперболической краевой задачи. Метод лучевых разложений для решения гиперболических задач теории пластичности и волновой динамики. Понятие о вычислительном эксперименте. Использование вычислительного эксперимента для решения задач механики деформируемого твердого тела.


## 7. Образовательные технологии

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная учебная литература

1. Иванов Н.Б. Теория деформируемого твердого тела: тексты лекций. Казань: Издательство КНИТУ, 2013. 124 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258827>.
2. Колесников Ю.В. Механика контактного разрушения. Москва: URSS: [Изд-во ЛКИ], 2012. 222 с.
3. Ломакин В.А. Теория упругости неоднородных тел. М.: URSS: ЛЕНАНД, 2014. 367 с.
4. Аналитические решения смешанных осесимметричных задач для функционально-градиентных сред / С.М. Айзикович, В.М. Александров, А.С. Васильев, Л. И. Кренев, И. С. Трубчик. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. 192 с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

### Дополнительная учебная литература

1. Александров В.М., Чебаков М.И. Аналитические методы в контактных задачах теории упругости М.: Физматлит, 2004. 299 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48233>.
2. Баженов В. Г., Игумнов Л.А. Методы граничных интегральных уравнений и граничных элементов в решении задач трехмерной динамической теории упругости с сопряженными полями. М.: Физматлит, 2008. + [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48194>.
3. Васильева А.Б., Тихонов Н.А. Интегральные уравнения. М.: Физматлит, 2009. 160 с. + [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/42>.
4. Ишлинский А.Ю. Математическая теория пластичности. М: Физматлит, 2001.

5. Капитонов, А. М. Физико-механические свойства композиционных материалов. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 532 с [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=492077>

6. Капустин С.А. Моделирование процессов деформирования и разрушения материалов с периодически повторяющейся структурой / С.А. Капустин, С.Ю. Лихачева. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2012. 97 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427467>

7. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие в 10 т. Т.7: Теория упругости. М: URSS, 2003. + [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2233>.

8. Левин В.А., Морозов Е.М., Матвиенко Ю.Г. Избранные нелинейные задачи механики разрушения. М: Физматлит, 2004.

9. Молотников В.Я., Молотникова А.А. Теория упругости и пластичности. СПб: Лань, 2017. 532 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94741>

10. Степанова Л.В. Математические методы механики разрушения. М.: Физматлит, 2009. 336 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59534>.

11. Темам Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред: М.: "Лаборатория знаний", 2014. 319 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/50538>.

12. Учайкин В.В. Механика. Основы механики сплошных сред. Санкт-Петербург: Лань, 2016. 860 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/87596>

13. Хлуднев А. М. Задачи теории упругости в негладких областях. М.: Физматлит, 2010.

14. Черепанов Г.П. Механика разрушения. Мю; Ижевск: [Ижевский институт компьютерных исследований], 2012. 872 с.

15. Шляхин Д.А. Нестационарная механика электроупругих полей в элементах конструкций. Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. 190 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143522>.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

## 9. Материально-техническое оснащение.

Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности,	Перечень основного оборудования	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом
Лекционная аудитория, для лекционных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, № 100С	Учебная аудитория ; посадочных мест: 26; Интеркативная доска (интерактивный проектор); сеть Wi-Fi	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Аудитория, для проведения лекционных занятий, аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, № 133	Учебная аудитория; посадочных мест: 32; Интеркативная доска (интерактивный проектор)	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Компьютерный класс для проведения лабораторных занятий, № 101	Компьютерный класс; посадочных мест: 15; Интеркативная доска (интерактивный проектор); проводной интернет; 15 персональных компьютеров (терминалов)	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Компьютерный класс для проведения лабораторных занятий, № 106	Компьютерный класс, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ); посадочных мест: 10; проводной интернет; 14 персональных компьютеров (терминалов)	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Компьютерный класс для проведения лабораторных занятий, № 106а	Компьютерный класс; посадочных мест: 16; Система видеоконференцсвязи; Интеркативная доска (интерактивный проектор); проводной интернет; 15 персональных компьютеров (терминалов)	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Компьютерный класс для проведения лабораторных занятий, № А301	Компьютерный класс; посадочных мест: 9; проводной интернет; 9 персональных компьютеров (терминалов)	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Лекционная аудитория, для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № 131	Учебная аудитория; посадочных мест: 80; Камера PTZ с микрофоном для трансляций; проектор; проводной интернет	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Лекционная аудитория, для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № А305	Учебная аудитория; посадочных мест: 64; Интеркативная доска (интерактивный проектор); сеть Wi-Fi	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Лекционная аудитория, для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, № А307	Учебная аудитория; посадочных мест: 60; Интеркативная доска (интерактивный проектор); сеть Wi-Fi	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус

Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности,	Перечень основного оборудования	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом
Аудитория, для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение ИММИ КубГУ № А508	Мебель (столы, стулья), переносной проектор (1 шт), экран (1шт), переносной ноутбук	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, корпус А
Аудитория для семинарских занятий, для текущего контроля и промежуточной аттестации, № 147	Учебная аудитория ; посадочных мест: 24; проводной интернет	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Аудитория для семинарских занятий, для текущего контроля и промежуточной аттестации, № 148	Учебная аудитория ; посадочных мест: 22	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Аудитория для семинарских занятий, для текущего контроля и промежуточной аттестации, № 100С	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации; посадочных мест: 26; Интеркативная доска (интерактивный проектор); сеть Wi-Fi	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, главный корпус
Аудитория для семинарских занятий, для текущего контроля и промежуточной аттестации, № А512	Учебная аудитория; посадочных мест: 20; сеть Wi-Fi	Российская Федерация, 350040, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, корпус А

## 12. Оценочные средства по дисциплине

Для проведения промежуточной аттестации (представляется отдельным документом в формате приложения к РПД)

## ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

### 2. Промежуточная аттестация

Кандидатский экзамен.

#### 2.1. Вопросы к кандидатскому экзамену

1. Дифференциальные уравнения движения твердого тела вокруг неподвижной точки. Динамические уравнения Эйлера. Первые интегралы.
2. Малые деформации и малые вращения. Обоснование линейаризации тензоров деформаций.
3. Закон Гука для изотропного и анизотропного тела. Тензор упругих постоянных. Частные случаи анизотропии. Полная система уравнений теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами–Митчелла.
4. Теория напряженного и деформируемого состояний. Тензоры деформаций Грина и Альманси, тензоры напряжений Коши, Пиолы и Кирхгофа.
5. Вариационные принципы теории упругости. Принцип Лагранжа. Теорема Клайперона. Теорема Бетти. Принцип Кастильяно.
6. Распространение волн в неограниченной упругой среде. Продольные и поперечные волны. Поверхностные волны Релея. Волны Лява. Сферические волны. Собственные частоты упругих тел. Формула Релея.
7. Методы решения плоских задач. Применение теории функций комплексного переменного. Формулы Колосова–Мухелишвили. Применение интегралов типа Коши.
8. Случай плоской деформации и плоского напряженного состояния. Задача о штампе и полосе с выточками.
9. Уравнения теории упругости в перемещениях. Постановка основных задач теории упругости. Теоремы о существовании и единственности.
10. Пространственные и осесимметричные задачи. Представления Галеркина, Папковича, Нейбера. Решение Кельвина, тензор Грина.
11. Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Функция напряжений. Дифференциальные уравнения и краевые условия для функций напряжений. Теорема Мориса–Леви.
12. Методы решения краевых задач для комплексных потенциалов. Действие штампа на полуплоскость, плоскость с отверстием и разрезом.
13. Температурные задачи теории упругости. Основные уравнения термоупругости. Методы решения задач термоупругости.
14. Применение преобразования Лапласа. Понятие о нелинейных моделях наследственных сред.
15. Допущения классической теории тонких упругих оболочек. Деформация срединной поверхности. Внутренние усилия и моменты. Соотношения упругости.
16. Полная система уравнений теории оболочек. Граничные условия. Постановка задач теории оболочек. Безмоментная теория. Краевые эффекты в оболочках.
17. Плоская задача теории пластичности. Уравнения плоской задачи. Характеристики и линии скольжения. Простейшие примеры полей скольжения.
18. Условия на границе упругой и пластической областей. Задача о кручении, о нагружении внутренним давлением цилиндра и полой сферы.
19. Теория линейной вязкоупругости. Использование механических моделей. Спектры времен релаксации и последействия. Дифференциальная и интегральная формы соотношений между напряжениями и деформациями.

20. Принцип температурно-временного соответствия. Постановка и методы решения задач теории вязкоупругости. Принцип Вольтерры.
21. Модель жестко-пластического тела. Вариационные принципы для предельного состояния. Определение верхней и нижней границ для предельной нагрузки. Постулаты теории пластичности. Деформационная теория.
22. Модели упруго-пластического тела. Постулаты теории пластичности. Деформационная теория. Теория пластического течения.
23. Теория пластического течения. Методы решения задач теории пластичности с упрочнением и идеальная пластичность. Разгрузка. Остаточные напряжения.
24. Понятие о ползучести и релаксации. Определяющие соотношения теории ползучести. Ползучесть в случае сложного напряженного состояния изотропного тела.
25. Теория старения, теория течения и теория упрочнения. Постановка задач теории ползучести.
26. Постановка задач теории ползучести. Вариационные принципы. Установившаяся ползучесть при чистом изгибе. Ползучесть вращающихся дисков.
27. Условия разрушения тел с трещинами. Устойчивая и неустойчивая трещина. Критический коэффициент интенсивности напряжений.
28. Напряжения вблизи трещин в упругом теле. Энергетический и силовой подходы к механике разрушения.
29. Условия разрушения тел с трещинами. Устойчивая и неустойчивая трещина. Критический коэффициент интенсивности напряжений.
30. Характеристики раскрытия трещины. Применение механики разрушения к задачам усталостного разрушения. Теория накопления повреждений.
31. Квазихрупкое и вязкое разрушение. Феноменологические теории прочности. Линейная механика квазихрупкого разрушения.
32. Критический коэффициент интенсивности напряжений. Инвариантные интегралы. Учет пластических деформаций в конце трещины. Характеристики раскрытия трещины.
33. Применение механики разрушения к задачам усталостного разрушения. Теория накопления повреждений. Разрушение в условиях ползучести.
34. Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела. Разностные методы.
35. Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела. Применение сплайн-аппроксимаций.
36. Метод граничных интегральных уравнений. Первая и вторая краевые задачи для полупространства. Задача Герца. Задача Буссинеска.
37. Использование интегральных преобразований Фурье, Ханкеля и Лапласа. Метод граничных интегральных уравнений.
38. Численные методы решения задач механики деформируемого твердого тела. Метод конечных элементов.
39. Вариационные методы решения задач теории упругости. Метод Ритца. Метод Бубнова–Галеркина.
40. Численная реализация метода характеристик в двумерных задачах теории пластичности и волновой динамики.

### **3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности в процессе освоения образовательной программы**

Контроль освоения дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» на этапах текущей промежуточной аттестации проводится в соответствии с действующим Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

**Форма проведения испытания:**

Экзамен проводится в устной форме с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде.

Продолжительность испытания:

не более одного часа

**Структура кандидатского экзамена:**

Экзамен состоит из ответов на вопросы билета и дополнительные вопросы, в том числе по теме диссертационного исследования экзаменуемого.

Оценка уровня знаний (баллы):

Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале («отлично»; «хорошо»; «удовлетворительно»; «неудовлетворительно»).

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.