

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ**  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ:**

Ректор

\_\_\_\_\_ А.А. Волков

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**ПРОГРАММА**

**кандидатского экзамена по научной специальности**

<u>01.02.04</u> <i>Шифр</i>	<u>Механика деформируемого твердого тела</u> <i>Название специальности</i>
<u>01.06.01</u> <i>Код</i>	<u>Математика и механика</u> <i>Направление подготовки</i>
<u>Математика и механика</u> <i>Наименование основной профессиональной образовательной программы</i>	

Программа одобрена на заседании методической комиссии ИФО-1

Протокол № 9 от «10» мая 2016 г.

Председатель экзаменационной  
комиссии

Андреев В.И.

*Фамилия И.О.*

Председатель методической  
комиссии

Леонтьев А.Н.

*Фамилия И.О.*

Разработчики программы:

Зав. кафедрой Сопротивления  
материалов

Андреев В.И.

*Фамилия И.О.*

*Должность*

Профессор кафедры  
Сопротивления материалов

Леонтьев А.Н.

*Фамилия И.О.*

*Должность*

Доцент кафедры  
Сопротивления материалов

Кошелева Е.Л.

*Фамилия И.О.*

*Должность*

Москва 2016

## Оглавление

Введение.....	3
РАЗДЕЛ 1. Основы механики деформируемого твердого тела (МДТТ)...	4
РАЗДЕЛ 2. Теория напряженного состояния ...	4
РАЗДЕЛ 3. Теория деформированного состояния ...	4
РАЗДЕЛ 4. Физические законы и постановки задач МДТТ ...	4
РАЗДЕЛ 5. Теория упругости ...	4
РАЗДЕЛ 6. Теория пластичности ...	5
РАЗДЕЛ 7. Теория вязкоупругости и ползучести ...	5
РАЗДЕЛ 8. Механика разрушения ...	5
РАЗДЕЛ 9. Теория устойчивости ...	5
РАЗДЕЛ 10. Механика композиционных материалов. Основы мезомеханики ...	5
Перечень вопросов к кандидатскому экзамену, осваиваемых по специальной дисциплине в рамках программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.....	6
Литература. ....	7

## Введение

Настоящая программа разработана для сдачи кандидатских экзаменов по направлению подготовки высшего образования - подготовки кадров высшей квалификации по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее - направление подготовки),

Программа соответствует научной специальности, предусмотренной номенклатурой научных специальностей, утверждаемой Министерством образования и науки Российской Федерации (далее соответственно - специальность).

Программа разработана на основе примерной программы (программы – минимума) кандидатского экзамена по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» экспертного совета Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России, а также сотрудниками НИУ МГСУ.

Кандидатский экзамен является формой промежуточной аттестации при освоении программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Кандидатский экзамен должен соответствовать теме диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Программа ориентирована на выявление профессионального уровня соискателей специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» по технической отрасли наук, степени их готовности к научной работе, широты диапазона аналитического и ассоциативного мышления.

Программа соответствует содержанию специальной дисциплины «Механика деформируемого твердого тела», реализуемой НИУ МГСУ по направлению 01.06.01 «Математика и механика», профиль «Математика и механика».

Данная программа охватывает следующие основные разделы:

- Раздел 1. Основы механики деформируемого твердого тела (МДТТ)
- Раздел 2. Теория напряженного состояния
- Раздел 3. Теория деформированного состояния
- Раздел 4. Физические законы и постановки задач МДТТ
- Раздел 5. Теория упругости
- Раздел 6. Теория пластичности
- Раздел 7 Теория вязкоупругости и ползучести
- Раздел 8 Механика разрушения
- Раздел 9. Теория устойчивости
- Раздел 10. Механика композиционных материалов. Основы мезомеханики

## **РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА (МДТТ)**

1. Краткий исторический обзор. Основные проблемы и практические приложения МДТТ в машиностроении, строительстве и др. отраслях.

2. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях и их полях. Напряженное и деформированное состояние частицы тела.

3. Элементы тензорного и векторного анализа. Индексные (тензорные) обозначения. Ранг тензора. Скаляры, векторы, диадики. Преобразование координат.

4. Основные физико-механические свойства реальных сред (упругость, вязкость, пластичность), их влияние на сопротивление материалов деформированию и разрушению. Диаграммы деформирования и их аппроксимация при простых нагружениях.

### **РАЗДЕЛ 2. ТЕОРИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ**

1. Вектор напряжений на произвольной площадке. Его связь с тремя векторами напряжений на трех взаимно ортогональных площадках (формула Коши). Закон парности касательных напряжений и симметрия тензора напряжений.

2. Общее определение тензора напряжений. Главные оси и главные нормальные напряжения тензора. Характеристическое уравнение для определения главных напряжений. Инварианты тензора напряжений. Тензор-девиатор напряжений и шаровой тензор.

3. Главные касательные напряжения. Напряжения на октаэдрических площадках. Интенсивность напряжений.

4. Дифференциальные уравнения равновесия и движения частицы тела. Граничные и начальные условия. Представления уравнений в криволинейных координатах (цилиндрических, сферических).

### **РАЗДЕЛ 3. ТЕОРИЯ ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

1. Вектор перемещения. Относительное удлинение материального волокна и угловая деформация сдвига между ортогональными волокнами.

2. Главные оси и главные деформации. Характеристическое уравнение для определения главных деформаций. Главные сдвиги.

3. Уравнения совместности линейных деформаций Сен-Венана.

### **РАЗДЕЛ 4. ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ И ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧ МДТТ**

1. Дивергенция тензора напряжений в декартовых координатах.

2. . Законы сохранения массы и механической энергии.

3. . Законы термодинамики.

### **РАЗДЕЛ 5. ТЕОРИЯ УПРУГОСТИ**

1. Связь между напряжениями и деформациями для изотропной и анизотропной сред. Симметрия матрицы упругих постоянных.

2. . Удельная потенциальная энергия деформации и удельная дополнительная работа линейно-упругого тела.

3. . Основные уравнения теории упругости. Общая постановка задачи. Постановка задачи в напряжениях. Постановка задачи теории упругости в перемещениях.

4. Возможные перемещения и изменения напряженного состояния. Вариационные принципы Лагранжа, минимума потенциальной и дополнительной энергии.

Вариационные методы решения задач теории упругости Релея-Ритца, Лагранжа, Бубнова-Галеркина и др.

5. Плоская задача теории упругости. Плоское напряженное состояние и плоская деформация. Основные уравнения в декартовых и полярных координатах. Метод решения плоских задач в напряжениях. Бигармоническое уравнение и граничные условия для функции напряжений. Частные решения плоских задач в декартовых и полярных координатах.

6. Упругие пластины. Основные гипотезы. Перемещение, деформации и напряжения в прямоугольных пластинах. Усилия и моменты. Дифференциальные уравнения равновесия прямоугольных пластин. Граничные условия.

7. Осесимметричный изгиб круглых пластин.

8. Применение вариационных и численных методов к расчету задач изгиба стержней и пластины.

### **РАЗДЕЛ 6. ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ**

1. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации.

2. Теории пластического течения Сен-Венана, Треска-Мизеса.

3. Законы пластического упрочнения, теория малых упругопластических деформации Ильюшина. Теоремы теории малых упругопластических деформаций (о простом нагружении, о разгрузке, о единственности решения).

4. Геометрическая интерпретация условий текучести. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения.

### **РАЗДЕЛ 7. ТЕОРИЯ ВЯЗКОУПРУГОСТИ И ПОЛЗУЧЕСТИ**

1. Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации.

2. Линейная теория вязкоупругости. Вязкоупругое поведения материалов. Простейшие механические модели вязкоупругого поведения.

3. Интегральная форма связи между напряжениями и деформациями. Ядра ползучести и релаксации.

4. Неограниченная ползучесть материалов. Определяющие соотношения одномерной ползучести.

### **РАЗДЕЛ 8. МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ**

1. Вязкое и хрупкое разрушение. Феноменологическая теория прочности.

2. Механизмы вязкого и хрупкого разрушений. Линейная механика разрушения.

3. Поля и концентрация напряжений и деформаций.

### **РАЗДЕЛ 9. ТЕОРИЯ УСТОЙЧИВОСТИ**

1. Концепция устойчивости упругих и вязкопластических систем.

2. Устойчивость упругих и упругопластических сжатых стержней.

3. Постановка задач об устойчивости стержней за пределом упругости.

4. Теория устойчивости оболочек и пластины в пределах и за пределом упругости.

### **РАЗДЕЛ 10. МЕХАНИКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

#### **ОСНОВЫ МЕЗОМЕХАНИКИ**

1. Механика армированного слоя.

2. Микромеханика кратковременной и длительной прочности.

3. Свойства конструкционных композиционных материалов.

4. Физическая мезомеханика материалов.

**Перечень вопросов к кандидатскому экзамену, осваиваемых на специальной дисциплине в рамках программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре**

1. Напряженное состояние в окрестности точки тела. Граничные условия. Тензор напряжений. Инварианты тензора напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия.
2. Перемещения и деформации. Виды деформации. Однородная деформация. Составляющие малой деформации. Соотношения Коши. Тензор деформации. Линейная деформация элемента произвольного направления.
3. Обобщенный закон Гука. Различные формы записи обобщенного закона Гука. Закон Гука в форме Ляме. Закон Гука для шаровых тензоров и девиаторов.
4. Работа внешних сил и потенциальная энергия деформаций. Энергия изменения объема и энергия изменения формы.
5. Постановка задач теории упругости. Полная система уравнений теории упругости в декартовых координатах.
6. Граничные условия в напряжениях, перемещениях, смешанные и интегральные граничные условия.
7. Постановка задач теории упругости в перемещениях. Уравнения Ляме.
8. Постановка задач теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами–Митчелла.
9. Плоская задача теории упругости в декартовых координатах.
10. Плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Функция напряжений Эри. Теорема М.Леви-Митчелла.
11. Уравнения теории упругости в цилиндрических и сферических координатах.
12. Задача для бесконечного клина, нагруженного в вершине сосредоточенной силой.
13. Действие сосредоточенной силы на полуплоскость.
14. Изгиб тонких пластин. Основные гипотезы технической теории изгиба пластин. Перемещения, деформации, напряжения и внутренние усилия в пластинах при изгибе.
15. Дифференциальное уравнение изгиба пластины.
16. Расчет прямоугольных пластин с помощью двойных тригонометрических рядов.
17. Расчет прямоугольных пластин с помощью одинарных тригонометрических рядов.
18. Расчет балок и прямоугольных пластин с помощью метода Ритца.
19. Расчет балок и пластин с помощью метода Бубнова-Галеркина.
20. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения.
21. Идеальное упруго пластическое тело. Идеальное жестко пластическое тело. Пространство напряжений. Критерий текучести и поверхности текучести.
22. Критерий текучести Треска –Мизеса. Пространство главных напряжений. Геометрическая интерпретация условий текучести.
23. Условие полной пластичности. Влияние среднего напряжения.
24. Упрочняющееся упругопластическое тело. Упрочняющееся жесткопластическое тело.
25. Теория предельного равновесия.

26. Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации. Простейшие модели линейно вязкоупругих: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона.
27. Определяющие соотношения теории вязко упругости. Ядра ползучести и релаксации. Непрерывные ядра и ядра со слабой особенностью.
28. Формулировка краевых задач теории вязко упругости.
29. Методы решения краевых задач теории вязко упругости: применение интегральных преобразований Лапласа, численные методы. Теорема единственности.
30. Понятие о разрушении и прочности. Общие закономерности и основные типы разрушения.
31. Концентраторы напряжений. Коэффициент концентрации напряжений. Феноменологические теории прочности. Критерии разрушения.
32. Растяжение упругой полуплоскости с круговым отверстием.

### Литература

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы, количество страниц	Количество экземпляров печатных изданий	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину (модуль)
1	2	3	4	5
<i>Основная литература:</i>				
НТБ НИУ МГСУ				
1	Механика деформируемого твердого тела	Варданян Г.С., Андреев В.И, Атаров Н.М., Горшков А.А. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности Учебник для вузов. – М.: Инфра-М, 2013. – 637 с.	205	5
2	Механика деформируемого твердого тела	Бахвалов, Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях [Текст] : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 240 с.	30	5
<i>Дополнительная литература:</i>				
НТБ НИУ МГСУ				
1	Механика деформируемого твердого тела	Мейз, Дж. Теория и задачи механики сплошных сред [Текст] / Джордж Мейз ; пер. с англ. Е. И. Свешниковой ; под ред. и с предисл. М. Э. Эглит – Theory and Problems of Continuum Mechanics / George E. Mase. – Изд. 3-е. – Москва : Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2010. – 318 с.	5	5
2	Механика деформируемого твердого тела	Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Учебное пособие для вузов. М.:Физматлит, 2006. – 272 с.	15	15

3	Механика деформируемого твердого тела	Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела М.: Наука, 1988. – 712 с.	2	5
4	Механика деформируемого твердого тела	Работнов Ю.Н. Введение в механику разрушения М.: Наука, 1987. – 80 с.	2	5