

ПРОГРАММА

вступительного экзамена по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела (группа научных специальностей 1.1. Математика и механика)

1. Организация вступительного испытания

Форма проведения вступительного испытания: устный ответ на вопросы экзаменационного билета. Билет вступительного испытания содержит 2 вопроса.

Язык проведения вступительных испытаний – русский.

2. Содержание вступительного экзамена.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание
Раздел 1. Основы механики деформируемого твердого тела (МДТТ)		
1.	Тема 1. Краткий исторический обзор развития.	Основные проблемы и практические приложения МДТТ в строительстве. Различные свойства твердых, жидких и газообразных сред. Описание структуры реальных тел на макро, мезо и микроуровнях. Феноменологическое описание модели сплошной среды. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях и их полях. Напряженное и деформированное состояние частицы тела. Способы Лагранжа и Эйлера описания движения и деформирование сплошной среды.
2.	Тема 2. Элементы тензорного и векторного анализа.	Индексные (тензорные) обозначения. Ранг тензора. Скаляры, векторы, диадики (тензоры второго ранга). Преобразование координат. Ковариантные и контравариантные векторы и тензоры. Метрический или фундаментальный тензор. Декартовы тензоры. Законы преобразования компонент декартовых тензоров. Сложение и умножение тензоров. Матрицы и действия над ними. Матричное представление вектора в трехмерном пространстве. Скалярное произведение вектора на тензор второго ранга и тензора на вектор. Симметрия матриц и тензоров. Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга. Характеристическое кубическое уравнение тензора и его инварианты. Тензорные поля и дифференцирование тензоров по скалярному аргументу. Дивергенция тензора. Теорема Остроградского для векторного и тензорного полей.
Раздел 2. Теория напряженного состояния		
3.	Тема 3. Вектор напряжений на произвольной площадке.	Вектор напряжений на произвольной площадке. Его связь с тремя векторами напряжений на трех взаимно ортогональных площадках (формула Коши). Тензор напряжений как тривектор. Закон парности касательных напряжений и симметрия тензора напряжений. Вычисление компонент тензора напряжений при ортогональном преобразовании координат, общее определение тензора напряжений и его инвариантность. Главные оси и главные

		нормальные напряжения тензора.
4.	Тема 4. Характеристическое уравнение для определения главных напряжений.	Инварианты тензора напряжений. Главные касательные напряжения. Геометрическая интерпретация тензора напряжений (эллипсоид напряжений Ламе, круги напряжений Мора, поверхность напряжений Коши).
Раздел 3. Теория деформированного состояния		
5.	Тема 5. Вектор перемещения.	Относительное удлинение материального волокна и угловая деформация сдвига между ортогональными волокнами. Матрица больших конечных деформаций частицы среды.
6.	Тема 6. Фундаментальное уравнение теории деформаций.	Тензоры Лагранжа и Эйлера для малых и нелинейных конечных деформаций. Главные оси и главные деформации. Характеристическое уравнение для определения главных деформаций. Главные сдвиги. Модули тензоров.
Раздел 4. Физические законы и постановки задач МДГТ		
7.	Тема 7. Векторное уравнение движения сплошной среды.	Дивергенция тензора напряжений в декартовых координатах. Динамические уравнения Эйлера—Коши. Законы сохранения массы и механической энергии. Уравнения движения жидкости.
8.	Тема 8. Процессы деформирования и нагружения в частице тела и их представление в шестимерном и пятимерном векторных пространствах.	Основной постулат МДГТ-постулат макроскопической определенности. Законы термодинамики. Замкнутые системы уравнений МДГТ.
9.	Тема 9. Постановка задач МДГТ при конечных и дифференциальных связях между напряжениями и деформациями.	Постановка задач для некоторых сред со сложными свойствами.
Раздел 5. Теория упругости		
10.	Тема 10. Термодинамика упругого деформирования.	Упругий потенциал и дополнительная работа. Формулы Грина. Законы Коши—Гука. Связи между напряжениями и деформациями для изотропной и анизотропной сред. Симметрия матрицы упругих постоянных.
11.	Тема 11. Основные уравнения теории упругости.	Общая постановка задачи. Постановка задачи в напряжениях. Постановка задачи теории упругости в перемещениях. Дифференциальные уравнения равновесия и движения Ламе. Принцип смягчения граничных условий Сен-Венана.
12.	Тема 12. Общие решения дифференциальных уравнений Коши, Максвелла и Морера.	Пространственные задачи теории упругости. Задача Буссинеска о действии сосредоточенной силы на полупространство. Задача Герца о сжатии упругих тел. Задача о вдавливании осесимметричного штампа. Распространение волн в неограниченной упругой среде. Кручение стержней. Полуобратный метод Сен-Венана. Гармоническое уравнение и краевое условие для функции кручения.
13.	Тема 13. Решение задачи о кручении в напряжениях.	Уравнение Пуассона и краевое условие для функции напряжений Прандтля. Мембранная аналогия Прандтля. Задачи о кручении стержней эллиптического, треугольного и прямоугольного поперечных сечений: вариационные принципы теории упругости. Функционалы. Возможные перемещения и изменения напряженного состояния. Вариационные принципы Лагранжа минимума потенциальной и дополнительной энергии, обобщенный

		принцип минимума потенциальной энергии Васидзу, принцип Рейснера. Вариационные методы решения задач теории упругости Рэля—Ритца, Лагранжа, Бубнова—Галеркина и др.
Раздел 6. Теория пластичности		
14.	Тема 14. Условия пластичности Сен-Венана и Мизеса и их экспериментальная проверка.	Опыты Бриджмена по сжимаемости тел в области высоких давлений. Идеализация диаграмм деформирования и нагружения. Установления закона упрочнения материалов при простом (пропорциональном) нагружении Рошем и Эйхингером. Гипотеза квазиизотропии пластического материала. Опыты Ходкинсона, Вертгейна, Герстнера, Баушингера, Надаи—Лоде, Шмидта, Девиса, Ленского, Зубчанинова, Дегтярева, Васина и других по установлению закономерностей пластического деформирования материалов при простом и сложном нагружении.
15.	Тема 15. Физические законы сред, обладающих свойством пластического течения.	Теории пластического течения Сен-Венана, Мизеса, Прандтля—Рейсса, Прагера, Прагера—Драккера. Ассоциированный закон пластического течения Мизеса.
16.	Тема 16. Физические законы пластически упрочняющихся сред.	Законы пластического упрочнения, теория малых упругопластических деформации Ильюшина. Теоремы теории малых упругопластических деформаций (о простом нагружении, о разгрузке, о единственности решения). Метод упругих решений и его разновидности (метод переменных параметров упругости, метод дополнительных деформации). Обобщение Ильюшиным теории пластического течения Сен-Венана—Мизеса на упрочняющиеся среды. Теория пластического упрочнения Прагера. Обобщение Хиллом теории пластического течения Прандтля—Рейсса на упрочняющиеся среды.
Раздел 7. Теория устойчивости		
17.	Тема 17. Концепция устойчивости упругих и вязкопластических систем.	Устойчивость упругих и упругопластических сжатых стержней. Решений Эйлера, Энгессера, Кармана. Концепция устойчивости Шенли. Постановка задач об устойчивости стержней за пределом упругости в догружающихся и разгружающихся конструкциях Ильюшина, Зубчанинова. Методы временных поддерживающих систем и упругопластической тренировки для повышения устойчивости конструкций. Выпучивание стержней за пределом упругости при продольном изгибе.
18.	Тема 18. Теория устойчивости оболочек и пластины в пределах и за пределом упругости.	Теория устойчивости Ильюшина. Ее обобщение на случай использования частных теорий пластичности при сложном нагружении. Теории устойчивости оболочек и пластины за пределом упругости Зубчанинова при сложном нагружении. Бифуркации оболочек и пластин в условиях ползучести. Выпучивание и устойчивость сжатых элементов конструкций в условиях ползучести.

3. Перечень вопросов к вступительному экзамену.

1. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях. Напряженное и деформированное состояния частицы тела.
2. Элементы тензорного и векторного анализа. Индексные (тензорные) обозначения. Контравариантные векторы и тензоры.
3. Законы преобразования компонент тензоров. Сложение и умножение тензоров.

4. Матрицы и действия над ними. Матричное представление вектора в трехмерном пространстве.
5. Скалярное произведение вектора на тензор второго ранга и тензора на вектор. Симметрия матриц и тензоров. Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга.
6. Основные физико-механические свойства реальных сред (упругость, вязкость, пластичность), их влияние на сопротивление материалов деформированию и разрушению.
7. Вектор напряжений на произвольной площадке. Его связь с тремя векторами напряжений на трех взаимно ортогональных площадках (формула Коши). Тензор напряжений.
8. Закон парности касательных напряжений и симметрия тензора напряжений.
9. Главные оси и главные нормальные напряжения тензора. Характеристическое уравнение для определения главных напряжений.
10. Инварианты тензора напряжений. Главные касательные напряжения. Геометрическая интерпретация тензора напряжений
11. Дифференциальные уравнения равновесия и движения частицы тела. Граничные и начальные условия
12. Вектор перемещения. Относительное удлинение и угловая деформация сдвига. Главные оси и главные деформации.
13. Уравнения совместности деформаций. Варианты теории малых нелинейных деформаций.
14. Тензор скоростей деформаций. Представление компонент тензоров деформаций в криволинейных координатах. Тензоры деформаций Грина и Альманси.
15. Упругий потенциал и дополнительная работа. Связи между напряжениями и деформациями для изотропной и анизотропной сред.
16. Симметрия матрицы упругих постоянных. Частные виды упругой анизотропии.
17. Удельная потенциальная энергия деформации и удельная дополнительная работа линейно-упругого тела.
18. Соотношение между напряжениями и деформациями при изменении температуры для изотропного тела.
19. Основные уравнения теории упругости. Общая постановка задачи. Постановка задачи в напряжениях. Постановка задачи теории упругости в перемещениях.
20. Дифференциальные уравнения равновесия и движения. Принцип Сен-Венана.
21. Пространственные задачи теории упругости. Задача Буссинеска о действии сосредоточенной силы на полупространство.
22. Задача Герца о сжатии упругих тел.
23. Задача о вдавлении осесимметричного штампа.
24. Функционалы. Возможные перемещения и изменения напряженного состояния. Вариационные принципы Лагранжа.
25. Вариационный метод Рэлея-Ритца решения задач теории упругости.
26. Метод Бубнова-Галеркина.
27. Упругие пластины. Основные гипотезы. Перемещение, деформации и напряжения в прямоугольных пластинах. Усилия и моменты.
28. Дифференциальные уравнения равновесия прямоугольных пластин. Дифференциальное уравнение изогнутой поверхности пластины при действии поперечных и продольных сил. Граничные условия.
29. Частные случаи поперечного изгиба. Осесимметричный изгиб круглых пластин. Решение задач изгиба прямоугольных пластин.
30. Применение вариационных методов к расчету задач изгиба стержней и пластины. Потенциальная энергия. Вариационные уравнения и методы их решения.
31. Упругие оболочки. Основные понятия и гипотезы. Элементы дифференциальной геометрии срединной поверхности оболочки.
32. Деформации, напряжения, усилия и моменты в оболочках. Дифференциальные уравнения равновесия
33. Безмоментная теория оболочки вращения. Краевые эффекты
34. Условия пластичности Сен-Венана и Мизеса Идеализация диаграмм деформирования и нагружения. Законы упрочнения материалов при простом (пропорциональном) нагружении.
35. Физические законы сред, обладающих свойством пластического течения. Теории пластического течения. Ассоциированный закон пластического течения.

36. Физические законы пластически упрочняющихся сред. Теория малых упругопластических деформации.
37. Метод упругих решений и его разновидности (метод переменных параметров упругости, метод дополнительных деформации).
38. Концепция устойчивости упругих систем. Устойчивость упругих и упругопластических сжатых стержней.
39. Выпучивание стержней за пределом упругости при продольном изгибе.
40. Теория устойчивости оболочек и пластины в пределах упругости.
41. Уравнения тонких цилиндрических оболочек при несимметричной нагрузке.
42. Гипотезы теории пологих оболочек и уравнения, полученные на их основе. Область использования уравнений и методы решения.
43. Решение задачи о горизонтальном цилиндре, заполненном жидкостью.
44. Уравнение срединной поверхности сжатой пластинки.
45. Потеря устойчивости кольца, нагруженного внешним радиальным давлением.
46. Устойчивость цилиндрической оболочки при осевом сжатии.
47. Решение задачи о кручении методом ввода функции напряжений Прандтля.
48. Решение задачи Ламе для длинного полого цилиндра, находящегося под действием внешнего и внутреннего давлений, равномерно распределенных по боковой поверхности.

4. Шкала оценивания, минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, максимальное количество баллов.

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по **100-балльной шкале**. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, составляет **50 (пятьдесят) баллов**. Максимальное количество баллов составляет **100 (сто) баллов**.

Шкала оценивания на вступительном испытании по специальной дисциплине:

Оценка «100 – 76» – «5» баллов (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:

- глубокие знания основных понятий в области научной специальности, умение оперировать ими;
- высокую степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы;
- отличное умение представить основные вопросы в научном контексте;
- отличное владение научным стилем речи.

Оценка «75 – 64» – «4» балла (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:

- хорошие знания основных положений в области научной специальности, умение оперировать ими, демонстрируются единичные неточности;
- достаточная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы, демонстрируются единичные неточности;
- единичные (негрубые) стилистические и речевые погрешности;
- умение защитить ответы на основные вопросы;
- хорошее владение научным стилем речи.

Оценка «63 – 50» – «3» балла (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:

- удовлетворительные знания основных понятий в области научной специальности, умение оперировать ими, неточности знаний;
- удовлетворительная степень полноты и точности рассмотрения основных вопросов, раскрытия темы;
- посредственные ответы на вопросы.

Оценка «менее 50» – «2» балла (по пятибалльной шкале) выставляется, если поступающий демонстрирует:

- грубые ошибки в знании основных положений в области научной специальности;
- отсутствие знаний основных положений в области научной специальности, умения оперировать ими;
- недостаточное владение научным стилем речи;
- не умение защитить ответы на основные вопросы.

5. Рекомендуемая литература

Рекомендуемая основная литература

№	Название
1.	Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. М.: Мир, 1987.
2.	Демидов С.П. Теория упругости. М.: Высш. шк., 1979.
3.	Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969.
4.	Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение, 1986.
5.	Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир, 1980.

Рекомендуемая дополнительная литература

№	Название
1.	Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. М.: Мир, 1987.
2.	Ватульян А.О. Обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. - М.:
3.	Горшков А. Е. Теория упругости и пластичности: Учебник для вузов. — М.: Физматлит,
4.	Дарков А. В., Шапошников Н. Н. Строительная механика. Учебник. — СПб.: Лань, 2004, 656 с.
5.	Демидов С.П. Теория упругости. М.: Высш. шк., 1979.
6.	Еремеев В.А., Зубов Л.М. Механика упругих оболочек. - М.: Наука, 2008.
7.	Елисеев В.В. Механика деформируемого твердого тела. - Санкт-Петербург, 2006. – 231 с.
8.	Золочевский А.А., Склепус А.Н., Склепус С.Н. Нелинейная механика деформируемого твердого тела // Бизнес Инвестор Групп, 2011 г. – 720 с.
9.	Зубчанинов В.Г. Механика сплошных деформируемых сред. Тверь: ТГТУ, 2000.
10.	Зубчанинов В.Г. Математическая теория пластичности. Тверь: ТГТУ, 2000.
11.	Ивлев Д.Д. Теория идеальной пластичности. М.: Наука, 1996.
12.	Ильюшин А.А. Пластичность. М., 1998.
13.	Ильюшин А.А. Пластичность. Основы общей математической теории пластичности. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
14.	Ильюшин А.А. Победра Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. М.: Наука, 1970.
15.	Ильюшин А.А. Ленский В.С. Сопrotивление материалов. М.: Физматгиз, 1959.
16.	Киселев В.А. Плоская задача теории упругости. Учеб. пособие для вузов. – М., «Высш. шк.», 1976.
17.	Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969.
18.	Кац А. М. Теория упругости. 2-е изд., стер. — СПб.: Лань, 2002, 208 с.
19.	Основы экспериментальной механики разрушения / И.М. Керштейн, В.Д. Ключников, Е. В. Ломакин, С.А. Шестериков. М.: МГУ, 1989.
20.	Ключников В.Д. Математическая теория пластичности. М.: Изд-во МГУ, 1979.
21.	Лихачев В.А., Малинин В.Г. Структурно-аналитическая теория прочности. СПб.: Наука, 1993.
22.	Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977
23.	Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение, 1986
24.	Морозов Е.М., Партон В.З. Механика упруго пластического разрушения. М.: Наука, 1985.
25.	Мухелишвин Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966.
26.	Новожилов В.В. Вопросы механики сплошной среды. Л.: Судостроение, 1989.

27.	Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Л.: Судостроение, 1962
28.	Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир, 1980.
29.	Овечкин А.М. Расчет железобетонных осесимметричных конструкций (оболочек). – М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1961.
30.	Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения. М.: Наука, 1974.
31.	Погорелов В.И. Строительная механика тонкостенных конструкций. - СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
32.	Прагер В., Ходж Ф.Г. Теория идеально-пластических тел. М.: Изд-во иностр. лит., 1956.
33.	Работнов Ю.Н. Соппротивление материалов. М.: Физматгиз, 1962.
34.	Работнов Ю.Н. Механика деформированного твердого тела. М.: Наука, 1979.
35.	Рекач В.Г. Руководство по решению задач по теории упругости. М., «Высшая школа», 1977.
36.	Саргсян А. Е. Строительная механика. Механика инженерных конструкций: Учебник для вузов. — М.: Высшая школа, 2004, 462 с.
37.	Соколовский В.В. Теория пластичности. М.: Высш. шк., 1969.
38.	Стренг Г., Фикс Дж. Теория конечных элементов. М.: Мир, 1977.
39.	Тимошенко С.П., Гудьер Д.Ж. Теория упругости. М.: Наука, 1979.
40.	Толоконников Л. А. Механика деформируемого твердого тела. М.: Высш. шк., 1979.
41.	Хилл Р. Математическая теория пластичности. М.: Гостехтеориздат, 1956.
42.	Шардаков И.Н., Труфанов Н.А., Матвеев В.П. Метод геометрического погружения в теории упругости. - Екатеринбург: УрО РАН, 1999.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

№ п/п	Наименование программного обеспечения / ссылка на Интернет-ресурс	Компания-производитель, год
1.	http://www.rsl.ru/	Российская государственная библиотека
2.	http://www.gpntb.ru/	Государственная публичная научно-техническая библиотека России
3.	http://www.scopus.com/	SciVerse Scopus
4.	http://www.scimagojr.com/	SCImago Journal & Country Rank
5.	http://isiwebofknowledge.com/ http://webofknowledge.com/	Thomson Reuters / Web of Knowledge
6.	http://thomsonreuters.com/	Thomson Reuters / Web of Science
7.	http://www.highlycited.com/	Thomson Reuters / Highly Cited Research
8.	http://www.loc.gov/	Библиотека конгресса Соединенных Штатов Америки (США)
9.	http://www.eb.com/	Британская энциклопедия: электронная версия
10.	http://www.acm.org/dl/	Электронная библиотека ACM (Association for Computing Machinery)
11.	http://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека