

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Новосибирский государственный технический университет»

«УТВЕРЖДАЮ»

Начальник ОПКВК

В.П. Драгунов

«16» февраля 2017 г.



ПРОГРАММА - МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела»

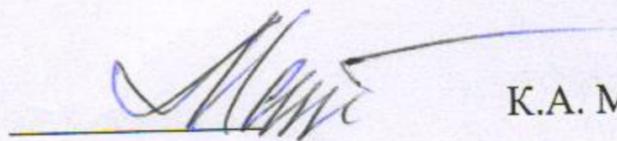
(технические науки)

Новосибирск

2017

Программа обсуждена на заседании ученого совета факультета летательных аппаратов
протокол № 1 от 14 февраля 2017 г.

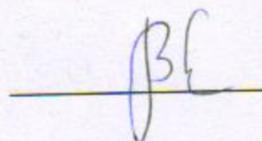
Программу разработал
д.т.н., профессор


К.А. Матвеев

Декан ФЛА,
д.т.н., профессор


С.Д. Саленко

Ответственный за основную
образовательную программу
д.т.н., профессор


В.Е. Левин

Введение

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: механика деформируемого твердого тела; механика сплошной среды; теория упругости, пластичности и ползучести. Программа разработана экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по машиностроению при участии Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого и Тверского государственного технического университета.

1. Основы механики деформируемого твердого тела (МДТТ)

Краткий исторический обзор развития. Основные проблемы и практические приложения МДТТ в машиностроении, строительстве, судо- и авиационном и других отраслях. 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. Лагранж и Эйлеровы способы описания движения и деформирования сплошной среды. Индивидуальная (полная) и местная производные по времени скалярных и векторных функций.

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

Многомерные евклидовы векторные пространства в линейной алгебре. Геометрическое представление в них тензоров второго ранга. Основы дифференциальной геометрии кривых линий и поверхностей в трехмерном декартовом пространстве. Формулы Френе и их обобщение для многомерных евклидовых пространств. Естественные уравнения кривых линий. Элементы дифференциальной геометрии поверхностей. Криволинейные координатные линии на поверхности, трехгранник Дарбу. Первая и вторая квадратичные формы поверхности, свойства ее кривизны.

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. Влияние различных факторов (температуры, скорости деформирования либо нагружения, ползучести и релаксации, радиоактивного облучения, давления, цикличности и других физических воздействий) на параметры диаграмм деформирования.

2. Теория напряженного состояния

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. 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). Параметр вида напряженного состояния Надаи—Лоде. Тензор–девиатор напряжений и шаровой тензор. Их инварианты и модули. Модуль тензора напряжений. Интенсивность напряжений. Решение характеристического уравнения для определения главных напряжений в тригонометрической форме Кардана. Направляющие тензора. Простое и сложное нагружения. Напряжения на октаэдрических площадках. Угол вида напряженного состояния и его связь с параметром Надаи—Лоде. Векторное пространство напряжений Прагера и представление в нем тензора напряжений. Векторное шестимерное и пятимерное пространства напряжений Ильюшина и представление в них процессов нагружения частицы тела. Поле напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия и движения частицы тела. Граничные и начальные условия Представления уравнений в криволинейных координатах (цилиндрических, сферических). Модель Коссера, понятие о моментных напряжениях. Тензоры напряжения Коши, Пиолы, Кирхгофа и Кессера.

3. Теория деформированного состояния

Вектор перемещения. Относительное удлинение материального волокна и угловая деформация сдвига между ортогональными волокнами. Матрица больших конечных деформаций частицы Среды. 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. Круги деформаций Мора. Параметр вида деформированного состояния Надаи—Лоде. Процессы сложного и простого деформирования, тензор–девиатор и шаровой тензор малых нелинейных конечных деформаций. Направляющий тензор деформаций. Решение характеристического уравнения для определения главных деформаций в тригонометрической форме Кардана. Октаэдрические сдвиг и удлинение. Угол вида деформированного состояния и его связь с параметром Надаи—Лоде. Тензор малых линейных конечных деформаций Коши. Уравнения совместности линейных деформаций Сен-Венана. Тензор линейного поворота. Варианты теории малых нелинейных деформаций. Тензор скоростей деформаций. Векторное пространство деформаций Прагера и представление в нем тензора деформаций. Векторные шестимерное и пятимерное евклидовы пространства Ильюшина и представления в них процессов деформирования. Представление компонент тензоров деформаций в криволинейных координатах. Тензоры деформаций Грина и Альманси. Тензор дисторсии, понятие о тензоре изгиба-кручения.

4. Физические законы и постановки задач МДТТ

Векторное уравнение движения сплошной Среды. Дивергенция тензора напряжений в декартовых координатах. Динамические уравнения Эйлера—Коши. Законы сохранения массы и механической энергии. Уравнения движения жидкости.

Процессы деформирования и нагружения в частице тела и их представление в шестимерном и пятимерном векторных пространствах. Основной постулат МДТТ-постулат макроскопической определимости. Законы термодинамики. Замкнутые системы уравнений МДТТ.

Постановка задач МДТТ при конечных и дифференциальных связях между напряжениями и деформациями. Постановка задач для некоторых сред со сложными свойствами.

5. Теория упругости

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. Частные виды упругой анизотропии. Формула Бетти. Удельная потенциальная энергия деформации и удельная дополнительная работа линейно-упругого тела. Соотношение между напряжениями и деформациями при изменении температуры для изотропного тела. 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. 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 вдавлении осесимметричного штампа. Распространение волн в неограниченной упругой среде. Кручение стержней. Полуобратный метод Сен-Венана. Гармоническое уравнение и краевое условие для функции кручения. 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 Рэлея—Ритца, Лагранжа, Бубнова—Галеркина и др. 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. Комплексное представление функций напряжений и компонент тензоров напряжений и деформации. Граничные условия. Решение частных задач. Численные методы решения задач теории упругости: метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод граничных интегральных уравнений и других

Упругие пластины. Основные гипотезы. Перемещение, деформации и напряжения в прямоугольных пластинах. Усилия и моменты. Дифференциальные уравнения равновесия прямоугольных пластин. Дифференциальное уравнение изогнутой поверхности пластины при действии поперечных и продольных сил. Граничные условия. Частный случай поперечного изгиба. Осесимметричный изгиб круглых пластин. Решение задач изгиба прямоугольных пластин Навье, Леви, Тимошенко. Гибкие упругие пластины. Применение вариационных и численных методов к расчету задач изгиба стержней и пластины. Потенциальная энергия. Вариационные уравнения и методы их решения. Упругие оболочки. Основные понятия и гипотезы. Элементы дифференциальной геометрии срединной поверхности оболочки. Деформации, напряжения, усилия и моменты в оболочках. Дифференциальные уравнения равновесия Безмоментная теория оболочки вращения. Основы теории пологих оболочек. Гибкие оболочки. Применение вариационных и численных методов к расчету оболочек.

6. Теория пластичности

Условия пластичности Сен-Венана и Мизеса и их экспериментальная проверка в опытах Тейлора, Квини, А.М Жукова и других исследователей. 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.

Физические законы сред, обладающих свойством пластического течения. Теории пластического течения Сен-Венана, Мизеса, Прандтля—Рейсса, Прагера, Прагера—Драккера. Ассоциированный закон пластического течения Мизеса.

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.

Физические законы общей математической теории пластического течения. Изображение начальных и мгновенных предельных поверхностей деформирования и нагружения в векторных пространствах. Соотношение общей теории пластического течения Мелана—Прагера. Теория течения с трансляционно-изотропным упрочнением Ишлинского—Кадашевича—Новожилова. Постулаты пластичности Драккера и Ильюшина. Принцип градиентальности.

Физические законы математической теории процессов упругопластического деформирования и нагружения Ильюшина. Векторные пространства тензоров и девиаторов напряжений и деформаций. Образы процессов деформирования и нагружения. Постулат макроскопической определимости. Постулат изотропии и принцип запаздывания векторных свойств материалов. Теории пластических процессов для траекторий малой кривизны и двухзвенных ломаных. Гипотеза локальной определенности. Гипотеза компланарности Ильюшина. Соотношения теории пластических процессов для траекторий средней кривизны Малого—Кравчука. Гипотезы малого кручения, ортогональности и обобщенный принцип градиентальности Зубчанинова.

Физические законы общей математической теории пластичности. О физических процессах в частице тела. Общие дифференциально-нелинейные определяющие соотношения в векторном пространстве деформаций. Случай плоской задачи. Общие дифференциально-нелинейные определяющие соотношения в векторном пространстве напряжений. Случай плоской задачи. Локальная размерность образа процесса. Постулат физической определенности. Определяющие функции и закономерности процессов пластического деформирования.

7. Теория вязкоупругости и ползучести

Линейная теория вязкоупругости. Вязко упругое поведения материалов. Простейшие механические модели вязкоупругого поведения. Свойства ползучести и релаксации и их опытное изучение. Теория наследственности Больцмана—Вольтерра. Интегральная форма связи между напряжениями и деформациями. Ядра ползучести и релаксации. Определяющие соотношения в случае сложного напряженного состояния. Деформирование вязкоупругих материалов в температурных полях. Температурно-временная аналогия. Соотношения линейной теории термовязкоупругости. Методы решения квазистатических задач линейной теории вязко упругости: операторный метод, метод преобразования Лапласа, метод аппроксимации Ильюшина. Динамические задачи вязкоупругости. Методы решения задач о деформировании композитов как анизотропных тел. Соотношения нелинейной теории вязкоупругости. Теория длительной прочности Ильюшина.

Неограниченная ползучесть материалов. Определяющие соотношения одномерной ползучести. Теории старения, течения, упрочнения. Кривые ползучести и изохронные кривые деформирования. Ползучесть при сложном напряженном состоянии. Определяющие соотношения при вязкопластических деформациях для начально-изотропного тела. Использование соотношений типа деформационной теории пластичности и теории пластического течения для определения составляющих деформаций ползучести. Постановка задач теории ползучести. Плоская задача. Вариационные принципы. Численные методы решения краевых задач ползучести и вязкоупругости.

8. Механика разрушения

Вязкое и хрупкое разрушение. Феноменологическая теория прочности. Предельные поверхности разрушения изотропных и анизотропных сред. Механизмы вязкого и хрупкого разрушений. Линейная механика разрушения. Три независимых типа трещин. Поля и концентрация напряжений и деформаций в окрестности кончика трещины. Коэффициенты интенсивности напряжений. Концепция квазихрупкого разрушения Гриффитса, Ирвина, Орована. Устойчивое и неустойчивое развитие трещин. Критический коэффициент интенсивности. Область применения линейной теории.

Основы нелинейной механики разрушения. Пластическая зона в вершине трещины. Модель Леонова—Панисюка—Дагдейла. Деформационный джи-интеграл и критерий разрушения материала. Применение теории разрушения к задачам усталостного разрушения. Экспериментальные методы.

Определение характеристик трещиностойкости. Микромеханика разрушения.

9. Теория устойчивости

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.

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.

10. Механика композиционных материалов. Основы мезомеханики

Механика армированного слоя. Микромеханика монослоя. Микромеханика упругих свойств монослоя. Микромеханика ползучести моно слоя. Микромеханика кратковременной и длительной прочности. Диссипативные свойства монослоя. Термоупругие свойства слоистых композитов. Диссипативные свойства слоистых композитов. Свойства конструкционных композиционных материалов.

Мезомеханика структурно-неоднородных сред. Мезомеханика разрушения. Физическая мезомеханика материалов. Мезомеханика функциональных материалов с эффектом памяти формы. Структурно-аналитическая теория прочности Лихачева—Малинина. Структурно-аналитическая теория мезомеханики материалов.

Рекомендуемая основная литература

1. Бреббия К., Уокер С. Применение метода граничных элементов в технике. М.: Мир, 1982.
2. Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностные схемы. М.: Наука, 1977.
3. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975.
4. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969.
5. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение, 1975.
6. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966.
7. Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир, 1975.
8. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. М.: Наука, 1966.
9. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1988.
10. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2-х томах. М.: Наука, 1983, 1984.

Дополнительная программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела»

I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

1. Динамика свободной материальной точки. Динамика несвободной материальной точки. Динамика относительного движения материальной точки. Система материальных точек. Твердое тело. Работа. Теорема об изменении кинетической энергии. Потенциальное силовое поле. Принцип возможных перемещений. Уравнения Лагранжа II рода. Случай сил, имеющих потенциал. Закон сохранения энергии.

Малые колебания с одной степенью свободы. Математический маятник, колебания с затуханием, резонанс. Осциллятор с малой нелинейностью. Асимптотический метод Крылова – Боголюбова – Митропольского.

2. Колебания систем с конечным числом степеней свободы. Свободные колебания: собственные частоты и формы колебаний. Главные координаты. Свойства ортогональности собственных векторов (форм колебаний). Вынужденные колебания, матрица гармонических коэффициентов влияния.

3. Принцип Гамильтона – Остроградского для упругого тела. Продольные и крутильные колебания прямого стержня. Задача о собственных колебаниях. Изгибные колебания балки.

Вынужденные колебания систем с распределенными параметрами. Разложение по формам собственных колебаний.

Поперечные колебания пластин. Собственные колебания прямоугольной и круглой пластин. Вариационные методы Ритца и Бубнова – Галеркина в задачах о колебаниях пластин.

II. ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ И ПОЛЗУЧЕСТИ

1. Основные законы пластичности. Основные понятия и различные подходы к постановке задач теории пластичности. Упругая и пластическая деформации. Типичные кривые деформирования. Простое и сложное нагружение. Разгрузка. Эффект Баушингера. Условия возникновения пластических деформаций для изотропного тела. Критерии текучести. Условия начала пластичности для анизотропных тел. Поверхность нагружения. Условие упрочнения. Постулат Друкера. Ассоциированный закон течения. Теория течения. Основные гипотезы и соотношения. Уравнения Прандтля-Рейса и Сен-Венана-Леви-Мизеса. Теория малых упруго – пластических деформаций. Теорема А.А. Ильюшина о простом нагружении. Связь между теорией течения и теорией малых упруго – пластических деформаций. Остаточные деформации и напряжения при разгрузке. Схематизация диаграмм деформирования.

Упруго – пластическое состояние равновесия. Система уравнений и условий пластического равновесия. Методы решения задач теории пластичности: метод упругих решений и метод переменных параметров упругости. Вариационные принципы в деформационной теории пластичности.

2. Теория предельного состояния. Основные допущения. Кинематическая и статическая теоремы. Применение этих теорем для определения предельных нагрузок жестко – пластических тел.

3. Ползучесть при одноосном и сложном напряженном состоянии. Ползучесть и релаксация. Кривые ползучести. Влияние температуры, понятие предела ползучести. Длительная прочность, коэффициенты запаса по времени и напряжениям.

III. МЕХАНИКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Закон Гука в тензорной форме. Определение коэффициентов податливости при переходе к новой системе координат при плоском напряженном состоянии. Ограничения на упругие постоянные. Изгиб многослойных пластин. Способы проектирования многослойных пластин. Тензорно – полиномиальный критерий прочности.

Типы слоистых пластин. Расчетная модель многослойной пластины, состоящей из однонаправленно армированных непрерывными волокнами слоев, находящейся в плоско – напряженном состоянии. Деформация однонаправленно армированного слоя. Определение осредненных характеристик. Построение поверхностей прочности.

IV. ТЕОРИЯ СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ

1. Изгиб и устойчивость стержней. Уравнения и граничные условия поперечного изгиба стержней. Уравнения и граничные условия продольно - поперечного изгиба стержней. Потенциальная энергия при продольно – поперечном изгибе стержня. Принцип Лагранжа. Вариационный вывод уравнения изгиба и граничных условий. Вариационные методы решения задач продольно – поперечного изгиба (методы Ритца, Бубнова – Галеркина, обобщенный метод Бубнова–Галеркина). Выбор аппроксимирующей функции при решении задач приближенными методами.

Устойчивость стержней. Метод Эйлера. Решение задач устойчивости стержней вариационными методами (метод Ритца, Тимошенко, Бубнова-Галеркина).

2. Плоские и пространственные фермы. Топологические свойства. Понятие шарнира. Кинематические свойства ферм. Статически определимые фермы. Уравнения равновесия узлов. Статически неопределимые фермы. Уравнения совместности перемещений. Метод перемещений для фермы. Матрицы жесткости стержней. Формирование уравнений равновесия. Свойства матрицы жесткости конструкции. Выполнение граничных условий. Решение системы уравнений.

3. Расчет рам, состоящих из прямолинейных стержней. Структура конструкции. Шарниры. Нагрузки и их задание. Способы закрепления конструкции. Применение метода перемещений к рамам. Матрицы жесткости элементов конструкции в местной системе координат. Преобразование матриц жесткости при повороте системы координат. Формирование матрицы жесткости конструкции. Перемещение конструкции как абсолютно жесткого тела. Условия закрепления и решение систем уравнений.

Основная литература

1. Прикладная механика сплошных сред. В 3 т . Т. 2 . Механика разрушения деформируемого тела : [учебник для вузов] / науч. ред. В. В. Селиванов – М. : Изд-во МГТУ , 2006, 419 с.
2. Прикладная теория пластичности : [учебное пособие для вузов по направлению 150300 - Прикладная механика / К. М. Иванов и др.] ; под ред. К. М. Иванова – СПб. : Политехника , 2009, 374, [1] с.
3. Амосов А.А. Вычислительные методы : учебное пособие для вузов / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копчёнова – М. : Издательский дом МЭИ , 2008, 670, [1] с.
4. Андреева Е.А. Вариационное исчисление и методы оптимизации : учебное пособие для университетов / Е. А. Андреева, В. М. Цирулева – М. : Высшая школа , 2006, 583, [1] с.
5. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учебное пособие для вузов / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова – М. : Высшая школа , 2008, 544 с.
6. Черняк В. Г. Механика сплошных сред : [учебное пособие для вузов по направлению "Физика"] / В. Г. Черняк, П. Е. Суетин – М. : Физматлит , 2006, 352 с.
7. Теория упругости [Электронный ресурс] : 26 книг в PDF-формате. - Ижевск, 2005. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с контейнера.

Дополнительная литература

1. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. М.: Мир, 1987.
2. Демидов С.П. Теория упругости. М.: Высш. шк., 1979.
3. Зубчанинов В.Г. Механика сплошных деформируемых сред. Тверь: ТГТУ, 2000.
4. Зубчанинов В.Г. Математическая теория пластичности. Тверь: ТГТУ, 2000.

5. Ивлев Д.Д. Теория идеальной пластичности. М.: Наука, 1996.
6. Ильюшин А.А. Пластичность. М., 1998.
7. Ильюшин А.А. Пластичность. Основы общей математической теории пластичности. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
8. Ильюшин А.А. Победря Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. М.: Наука, 1970.
9. Ильюшин А.А. Ленский В.С. Сопротивление материалов. М.: Физматгиз, 1959.
10. Качанов Л.М. Основы теории пластичности. М.: Наука, 1969.
11. Основы экспериментальной механики разрушения / И.М. Керштейн, В.Д. Ключников, Е. В. Ломакин, С.А. Шестериков. М.: МГУ, 1989.
12. Ключников В.Д. Математическая теория пластичности. М.: Изд-во МГУ, 1979.
13. Лихачев В.А., Малинин В.Г. Структурно-аналитическая теория прочности. СПб.: Наука, 1993.
14. Лехницкий С.Г. Теория упругости анизотропного тела. М.: Наука, 1977
15. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: Машиностроение, 1986.
16. Морозов Е.М., Партон В.З. Механика упруго пластического разрушения. М.: Наука, 1985.
17. Мухелишвин Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М.: Наука, 1966.
18. Новожилов В.В. Вопросы механики сплошной среды. Л.: Судостроение, 1989.
19. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. Л.: Судостроение, 1962.
20. Новацкий В. Теория упругости. М.: Мир, 1980.
21. Партон В.З., Морозов Е.М. Механика упругопластического разрушения. М.: Наука, 1974.
22. Прагер В., Ходж Ф.Г. Теория идеально-пластических тел. М.: Изд-во иностр. лит., 1956.
23. Работнов Ю.Н. Сопротивление материалов. М.: Физматгиз, 1962.
24. Работнов Ю.Н. Механика деформированного твердого тела. М.: Наука, 1979.
25. Соколовский В.В. Теория пластичности. М.: Высш. шк., 1969.
26. Стренг Г., Фикс Дж. Теория конечных элементов. М.: Мир, 1977.
27. Тимошенко С.П., Гудьер Д.Ж. Теория упругости. М.: Наука, 1979.
28. Толоконников Л. А. Механика деформируемого твердого тела. М.: Высш. шк., 1979.
29. Хилл Р. Математическая теория пластичности. М.: Гостехтеориздат, 1956.
30. Болотин В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984.
31. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1988.
32. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. М.: Изд-во МГТУ, 1999.
33. Аэрогидроупругость конструкций / А.Г. Горшков, В.И. Морозов, А.Т. Пономарев, Ф.Н. Шклярчук. М., 2000.
34. Пестриков В.Н., Морозов Е.Н. Механика разрушения твердых тел. Курс лекций. СПб.: Профессия, 2001.

Правила аттестации:

Оценка знаний аспиранта осуществляется в виде кандидатского экзамена по билетам. В билеты включаются вопросы из основной и дополнительной частей программы кандидатского экзамена по специальности. По результатам ответа на вопросы по билету и при необходимости на дополнительные вопросы аспирант может получить следующие оценки: **Отлично** – на все вопросы в билете даны правильные ответы, полностью раскрывающие суть вопросов, и на дополнительные вопросы, заданные комиссией аспирант ответил правильно и полностью.

Хорошо – на вопросы даны правильные, но не полные ответы. Раскрыта суть рассматриваемого процесса, но не приведены примеры. На дополнительные вопросы, заданные комиссией аспирант ответил правильно и полностью.

Удовлетворительно – только на часть из вопросов дан правильный ответ, но на дополнительные вопросы, заданные комиссией поступающий в аспирантуру ответил правильно и полностью.

Неудовлетворительно – на вопросы по билету аспирант ответил не правильно