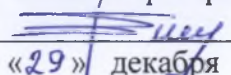


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматизации и процессов управления
Дальневосточного отделения Российской академии наук
(ИАПУ ДВО РАН)

«СОГЛАСОВАНО»

Зам. директора по научно-
образовательной деятельности,
ученый секретарь, к.т.н.

 С.Б. Змеу
«29» декабря 2021 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИАПУ ДВО РАН
член-корреспондент РАН

 Р.В. Ромашко
«29» декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (РПУД)

Механика деформируемого твердого тела

Группа научных специальностей 1.1. – «Математика и механика»,
научная специальность «Механика деформируемого твердого тела»

Основная образовательная программа «Механика деформируемого твердого тела»

Форма подготовки (очная)

Междисциплинарная кафедра подготовки кадров высшей квалификации (МК ПКВК) ИАПУ ДВО
РАН

курс 2 семестр 3, 4
лекции 60 час. / 1.67 з.е.
практические занятия – 70 час. / 1.94 з.е.
лабораторные работы – нет
всего часов аудиторной нагрузки 130 (час.) / 3.61 з.е.
самостоятельная работа 52 (час.) / 1.44 з.е.
контрольные работы – нет
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены.
зачет 3 семестр
экзамен 4 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации и срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий обучающихся, утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 № 951.

Рабочая программа обсуждена на заседании МК ПКВК ИАПУ ДВО РАН, протокол № 3 от «17» ноября 2021 г.

Заведующий кафедрой: д-р физ.- мат. наук, профессор Н.Г. Галкин

Составитель (ли): чл.-корр. РАН, д-р физ.- мат. наук Л.В. Ковтанюк, кандидат физ.- мат. наук Е.А. Герасименко, кандидат физ.- мат. наук Ю.Е.Иванова,

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Механика деформируемого твердого тела» предназначена для аспирантов, обучающихся по основной образовательной программе «Математика и механика» и входит в вариативную часть учебного плана.

При разработке рабочей программы учебной дисциплины использованы федеральные государственные требования к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по группе научных специальностей 1.1 – «Математика и механика» и научной специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твердого тела» и учебный план подготовки аспирантов по научной специальности «Механика деформируемого твердого тела».

Цель - формирование расширенных представлений в области механики деформируемого твердого тела.

Задачи:

1. Исследовать кинематику, статику и динамику сплошной среды;
2. Изучить уравнения состояния упругих и неупругих твёрдых деформируемых тел;
3. Рассмотреть постановки и схемы решения задач механики деформируемого твёрдого тела.

Компетенции выпускника, формируемые в результате изучения дисциплины

Универсальные компетенции:

УК-1 Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

УК -3 Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

Общепрофессиональные компетенции:

ОПК - 1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

ОПК - 2 Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;

Профессиональные компетенции:

ПК - 1 Способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела, используя соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии, с целью установления законов деформирования, повреждения и разрушения материалов; выявлять новые связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования;

ПК - 2 Способность самостоятельно применять методы механики и вычислительной математики, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования к постановке и решению краевых задач механики деформируемого твердого тела;

ПК - 3 Способность овладевать новыми современными методами и средствами проведения экспериментальных исследований процессов деформирования; планировать и проводить эксперименты; интерпретировать экспериментальные данные; обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов.

Требования к уровню усвоения содержания дисциплины.

Аспиранты должны приобрести следующие знания и умения:

знать:

- методы реализации научно-исследовательской деятельности в области

математики и механики, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач с использованием информационно-коммуникационных технологий;

- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые для изучения законов деформирования, повреждения и разрушения материалов, выявления новых связей между структурой материалов;

- научные основы и закономерности механических явлений, применяемые при постановке и решении краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях;

- современные методы экспериментальной механики деформируемого твердого тела, методы планирования экспериментов и обработки экспериментальных данных.

уметь:

- планировать и осуществлять научно-исследовательскую деятельность с применением современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий;

- использовать базовый физико-математический аппарат, вычислительные методы и методы компьютерного моделирования для выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения;

- использовать базовый физико-математический аппарат, расчетные и экспериментальные методы исследования для решения технологических проблем деформирования, разрушения и предупреждения недопустимых деформаций в конструкциях различного назначения;

- использовать экспериментальные методы исследований процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.

владеть:

- навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации; выбора методов и средств решения задач исследования, навыками работы с вычислительной техникой;

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, компьютерными технологиями, применяемыми в области механики деформируемого твердого тела;

- современными методами и технологиями вычислительной математики и механики, теоретическими, расчетными и экспериментальными методами исследований, применяемыми для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях;

- современными методами экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, методами обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов.

I. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (60 час.)

МОДУЛЬ 1. Элементы тензорного исчисления (6 час.)

Тема 1. Основы тензорной алгебры (4 час.)

Соглашение о суммировании. Преобразование координат. Векторы базиса. Преобразование векторов базиса при переходе от одной системы координат к другой. Ковариантные и контравариантные величины. Определение вектора. Полиадные произведения векторов базиса. Определение тензора. Симметричные и антисимметричные тензоры. Сложение, умножение и свертывание тензоров. Метрический тензор. Скалярные инварианты тензора. Тензорная поверхность. Определение главных компонент и главных осей тензора.

Тема 2. Основные операции тензорного анализа (2 час.)

Ковариантное дифференцирование. Свойства ковариантных производных. Символы Кристоффеля. Дифференциальные операторы (градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа). Физические компоненты тензоров.

МОДУЛЬ 2. Общие сведения о МДГТ (14 час.)

Тема 1. Введение (2 час.)

Сплошная среда. Однородность. Изотропность. Точка и частица сплошной среды. Деформация. Начальная и текущая конфигурации твердого тела. Лагранжево и Эйлерово описание движения твердого тела. Вектор перемещения. Мера деформации. Тензоры конечной деформации Грина и Альманси.

Тема 2. Свойства деформаций (4 час.)

Тензор линейных (бесконечно малых) деформаций. Тензор линейного поворота. Вектор линейного поворота. Геометрический смысл компонент тензора линейных деформаций. Главные деформации. Девиатор тензора деформаций. Средняя (объемная) деформация. Уравнения совместности деформаций Сен-Венана. Плоское деформированное состояние.

Тема 3 Напряжения. (4 час.)

Связь тензора напряжений с вектором напряжения. Нормальные и касательные напряжения. Физический смысл компонент тензора напряжений. Симметрия компонент тензора напряжения. Свойства тензора напряжений. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений. Девиатор напряжений. Максимальные касательные напряжения. Круги Мора. Среднее (гидростатическое) напряжение. Плоское напряженное состояние.

Тема 4. Начала термодинамики (4 час.)

Закон сохранения массы. Закон сохранения количества движения. Закон сохранения момента количества движения. Закон сохранения механической энергии. Удельная внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Уравнения состояния среды. Второй закон термодинамики. Неравенство Клаузиуса – Дюгема. Замкнутая система уравнений. Обратимые и необратимые процессы. Абсолютная температура. Удельная энтропия.

МОДУЛЬ 3. Основы теории упругости (16 час.)

Тема 1. Фундаментальные уравнения (4 час.)

Обобщенный закон Гука. Плотность энергии деформации. Изотропные и анизотропные среды. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Модуль сдвига и модуль объемного сжатия. Система уравнений упругой однородной изотропной среды. Краевые условия. Уравнения Ламе. Единственность решения линейной задачи теории упругости. Уравнения совместности Бельтрами-Мичелла. Принцип Сен-Венана.

Тема 2. Плоская задача теории упругости (2 час.)

Плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Обобщенное плоское напряженное состояние. Функция напряжений Эри. Комплексное представление решения. Формулы Колосова-Мусхелишвили.

Тема 3. Стержни, пластины и оболочки (4 час.)

Уравнение равновесия пластинки. Продольные деформации пластинок. Деформации оболочек. Кручение стержней. Изгиб стержней. Уравнения равновесия стержней. Устойчивость упругих систем.

Тема 4. Упругие волны в изотропной среде (4 час.)

Система уравнений линейной теории упругости в случае адиабатических процессов. Одномерные продольные и поперечные плоские волны. Пространственные волны сдвига и расширения. Двумерные линейные задачи динамической теории упругости. Плоская и осесимметричная задачи. Поверхностные волны Рэлея. Волны Лява.

Тема 5. Линейная термоупругость (2 час.)

Соотношения Дюгамеля-Неймана. Закон теплопроводности Фурье. Метод Галёркина.

МОДУЛЬ 4. Математические модели механики сплошных сред (24 часа)

Тема 1. Модель идеальной несжимаемой жидкости (8 час.)

Модель идеальной несжимаемой жидкости. Уравнения Эйлера. Уравнения Лэмба. Интегралы динамических уравнений движения идеальной несжимаемой жидкости – интеграл Бернулли, интеграл Коши, интеграл Бернулли – Эйлера. Обтекание шара потоком идеальной несжимаемой жидкости. Парадокс Даламбера. Плоское безвихревое течение идеальной жидкости. Гидродинамические потенциалы. Применение функций комплексного переменного. Главный вектор и главный момент сил давления потока на замкнутый контур. Формулы Чаплыгина. Теорема Жуковского.

Тема 2. Модель вязкой несжимаемой жидкости (8 час.)

Модель вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Примеры решения уравнений Навье-Стокса. Простейшие линейные задачи. Диссипация механической энергии в потоке вязкой жидкости. Вариационный принцип Гельмгольца. Методы численного решения уравнений Навье – Стокса течения вязкой несжимаемой жидкости. Ламинарный пограничный слой. Уравнения Прандтля.

Тема 3. Модель идеального баротропного газа (8 час.)

Модель идеального баротропного газа. Баротропные процессы. Уравнение Клайперона. Замкнутая система дифференциальных уравнений модели идеального баротропного газа. Интегралы уравнений движения идеального баротропного газа. Звуковые волны. Безвихревые движения идеального газа. Потенциалы скоростей простейших пространственных потоков.

II. Практические занятия (70 час.)

Занятие 1. Основы тензорного исчисления (6 часов).

1. Преобразование векторов базиса при переходе от одной системы координат к другой.
2. Вычисление главных компонент и главных осей тензоров.
3. Вычисление инвариантов тензоров.
4. Вычисление метрического тензора, символов Кристоффеля и дифференциальных операторов (градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа) в цилиндрической и сферической системах координат.
5. Вычисление ковариантных производных тензоров.

Занятие 2. Основные понятия и определения (4 часа).

1. Вычисление перемещений в материальной и пространственной форме.
2. Вычисление компонент различных тензоров деформации.
3. Определение главных деформаций и главных осей.
4. Определение вектора напряжения в точке.

Занятие 3. Решение задач теории упругости (8 часов).

Темы докладов

1. Задача о полой цилиндрической трубе.
2. Задача о сплошной сфере под влиянием собственного гравитационного поля.
3. Определение напряжений в неограниченной пластине с круглым отверстием, подвергаемой на бесконечности одноосному растяжению.

Занятие 4. Решение задачи о кручении призматических тел (4 часа).

1. Постановка задачи.
2. Решение задачи.

Занятие 5. Задачи термоупругости (6 часов).

1. Напряжения в нагретом диске.
2. Напряжения в цилиндре.
3. Напряжения в шаре.

Занятие 6. Вариационные методы в теории упругости (8 часов).

1. Принцип возможных перемещений Лагранжа.

2. Принцип возможных сил Кастильяно.
3. Вариационный метод Рэля-Ритца.
4. Метод Бубнова-Галеркина.
5. Метод Ритца-Лагранжа.

Занятие 7. Решение задач теории пластичности (10 часов).

1. Задача об упруго-пластическом равновесии полого шара.
2. Задача об упруго-пластическом растяжении длиной трубы.
3. Упруго-пластическое кручение призмы произвольного поперечного сечения.
4. Упруго-пластическое кручение овального стержня.
5. Задача о вдавливании твердого штампа с плоским основанием.

Занятие 8. Решение задач теории ползучести. (10 часов).

1. Вывод определяющих уравнений при различных моделях ползучей среды.
2. Определение ядра релаксации для различных моделей ползучих сред.
3. Определение релаксации напряжений в болтах фланцевого соединения.
4. Установившаяся ползучесть изгибаемых балок, сечение которых имеет две оси симметрии.

Занятие 9. Модель идеальной несжимаемой жидкости (6 часов)

1. Модель идеальной несжимаемой жидкости. Уравнения Эйлера. Интегралы уравнений Эйлера.
2. Движение шара в идеальной жидкости.

Занятие 10. Модель вязкой несжимаемой жидкости (4 часа)

1. Модель вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье-Стокса.
2. Движение вязкой жидкости в цилиндрической трубе.

Занятие 11. Модель идеального баротропного газа (4 часа)

1. Модель идеального баротропного газа.
2. Интегралы уравнений модели идеальной жидкости.

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Вопросы к экзамену

1. Определение скаляра, вектора и тензора. Алгебраические операции с тензорами. Симметричные, кососимметричные и ортогональные тензоры. Метрический тензор. Собственные значения и собственные векторы тензора второго ранга.
2. Ковариантное дифференцирование тензоров. Свойства ковариантных производных. Символы Кристоффеля. Дифференциальные операторы (градиент, дивергенция, ротор, оператор Лапласа). Физические компоненты тензоров.
3. Лагранжев и эйлеров способы описания движения сплошной среды. Траектория частицы. Закон движения. Перемещение, скорость, ускорение. Полная, частная и конвективная производные по времени.
4. Меры деформаций Коши и Грина. Лагранжев и эйлеров тензоры конечных деформаций. Их связь с перемещениями. Тензор малых деформаций. Тензор вращения. Дисторсия. Вектор линейного поворота. Соотношения Коши.
5. Перемещение абсолютно твёрдого тела. Условия совместности деформаций в интегральной форме. Условия совместности Сен-Венана. Условия сплошности многосвязных и неоднородных тел.
6. Физический смысл компонент тензора деформаций. Главные деформации и главные направления и их физический смысл.
7. Определение тензора скоростей деформаций.
8. Объёмные, массовые и поверхностные силы. Главный вектор и главный момент сил. Равновесие элементарного тетраэдра. Вектор напряжений. Тензор напряжений Коши.

Распределение усилий на поверхности элементарного кубика. Нормальное и касательное напряжения на площадке. Главные напряжения и главные площадки в точке.

9. Закон сохранения массы в дифференциальной и интегральной формах. Уравнение неразрывности.

10. Закон сохранения количества движения (импульса). Уравнения движения сплошной среды. Закон сохранения момента количества движения. Симметрия тензора напряжений.

11. Максимальные касательные напряжения и площадки, на которых они реализуются. Круги Мора. Октаэдрические площадки. Среднее (гидростатическое) напряжение. Интенсивность напряжений. Частные случаи напряженного состояния.

12. Поверхность напряжений.

13. Тензор Пиола-Кирхгофа. Тензор Кирхгофа.

14. Закон сохранения механической энергии. Теорема "живых сил". Массовый приток тепла. Вектор потока тепла. Удельная внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Локальное уравнение энергии.

15. Обратимые и необратимые процессы. Абсолютная температура. Удельная энтропия. Второй закон термодинамики. Неравенство Клаузиуса-Дюгамеля. Закон Фурье.

16. Зависимые и независимые термодинамические параметры состояния. Удельная свободная энергия Гельмгольца.

17. Термодинамика неравновесных процессов. Изотермический и адиабатический неравновесные процессы. Гипотеза локального равновесия. Локальное представление законов термодинамики.

18. Определяющие соотношения линейно упругого тела. Обобщённый закон Гука. Плотность энергии деформации. Изотропные и анизотропные среды. Модуль Юнга. Коэффициент Пуассона. Модуль сдвига и модуль объёмного сжатия.

19. Закон Гука для изотропного тела в прямой и обратной формах. Физический смысл упругих постоянных и область их изменения. Статические, квазистатические и динамические постановки начально-краевых задач теории упругости. Теорема единственности статической задачи.

20. Уравнения Ламе. Постановка в перемещениях. Уравнения Бельтрами – Мичелла.

21. Плоская задача теории упругости. Плоское деформированное состояние. Функция Эйри. Плоское напряжённое и обобщённое плоское напряжённое состояния.

22. Применение теории функций комплексной переменной. Формулы Лява. Комплексные потенциалы. Формула Колосова – Мусхелишвили.

23. Линейная термоупругость. Соотношения Дюгамеля-Неймана. Закон теплопроводности Фурье. Метод Галёркина.

24. Динамические задачи теории упругости. Теорема Гельмгольца. Волновые уравнения для потенциалов. Два типа волн в неограниченной упругой среде. Плоские волны. Решение Даламбера.

25. Отражение плоской волны от свободной поверхности и от жесткой стенки.

26. Поверхностные волны Рэлея. Волны Лява.

27. Поверхности разрывов. Ударные волны. Геометрические, кинематические и динамические условия совместности. Соотношение Адамара.

28. Плоская автомодельная задача.

29. Условие (критерий) текучести. Критерий текучести Треска (теория максимального касательного напряжения). Предел текучести на сдвиг и растяжение.

30. Теория течения. Теория упругопластической деформации. Параметр Генки. Теория пластического течения. Уравнения Прандтля – Рейса.

31. Плоская задача теории пластичности. Линии скольжения и их свойства. Уравнения Генки. Телеграфное уравнение.

32. Теория наследственности. Ползучесть при одномерном и сложном напряжённом состоянии. Диаграммы ползучести и релаксации. Наследственные модели. Линейные

модели вязкоупругого поведения материала.

33. Теория наследственности. Ядро релаксации и ядро ползучести. Модель Максвелла. Модель Кельвина – Фойхта. Обобщенные модели. Принцип соответствия Вольтера.

34. Модели вязкопластических сред. Определяющие уравнения Шведова – Бингама. Теории старения, течения и упрочнения при ползучести.

35. Ползучесть элементов конструкций.

36. Модель идеальной несжимаемой жидкости. Уравнения Эйлера.

37. Интегралы динамических уравнений движения идеальной несжимаемой жидкости – интеграл Бернулли, интеграл Коши, интеграл Бернулли – Эйлера.

38. Обтекание шара потоком идеальной несжимаемой жидкости. Парадокс Даламбера.

39. Плоское безвихревое течение идеальной жидкости. Гидродинамические потенциалы. Применение функций комплексного переменного.

40. Модель вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье-Стокса.

41. Примеры решения уравнений Навье-Стокса. Простейшие линейные задачи.

42. Модель идеального баротропного газа. Баротропные процессы. Уравнение Клайперона.

43. Замкнутая система дифференциальных уравнений модели идеального баротропного газа.

44. Интегралы уравнений движения идеального баротропного газа.

45. Звуковые волны. Безвихревые движения идеального газа. Потенциалы скоростей простейших пространственных потоков.

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(печатные и электронные издания)

1. Пикуль В. В., Синявский А.Л. Прикладная механика деформируемого твёрдого тела. / В. В. Пикуль. – Владивосток: Издательство: М. Наука 1989, 221с.

Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН

2. Кошелев А.И., Нарбут М.А. Механика деформируемого твёрдого тела: Электронный учебник, Санкт-Петербург 2012, 287с.

<http://window.edu.ru/resource/046/30046>

3. Циглер Ф. Механика твердых тел и жидкостей. Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика. 2002. – 912 с.

<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books>

4. Работнов Ю.Н., Механика деформируемого твёрдого тела, М. Наука 1979, 739с.

Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН

5. Победря Б.Е. Основы механики сплошной среды. Курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Победря Б.Е., Георгиевский Д.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.— 272 с.

<http://www.iprbookshop.ru/>

5. Алдошкин Ю.Г. Введение в механику твердого тела: Основные понятия и общий метод составления уравнений движения. Москва: Мир 2003, 304с.

Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН

6. Бауэр С.М., Смирнов А.Л., Товстик П.Е., Филиппов С.Б. Асимптотические методы в механике твердого тела [Электронный ресурс]/ С.М. Бауэр [и др.]— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2007.— 356 с.

<http://www.iprbookshop.ru/>

Дополнительная литература
(печатные и электронные издания)

1. Проблемы механики [Электронный ресурс]: сборник статей. К 90-летию со дня рождения А.Ю. Ишлинского/ Л.Д. Акуленко [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.— 830 с.

Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН, <http://www.iprbookshop.ru/>

2. Быковцев Г.И. Избранные проблемные вопросы механики деформируемых сред, Владивосток Дальнаука 2002, 565 с.

Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН

3. Нетребко В.П. Задачи механики твердого деформируемого тела, Издательство: Москва Издательство Московского университета 1985. 108с.

Справочно-информационный фонд ИАПУ ДВО РАН

4. Проблемы механики деформируемых твердых тел и горных пород [Электронный ресурс]: сборник статей к 75-летию Е.И. Шемякина/ Е.И. Шемякин [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.— 864 с.

<http://www.iprbookshop.ru/>

5. Андрианов И., Аврейцевич Я. Методы асимптотического анализа и синтеза в нелинейной динамике и механике деформируемого твердого тела [Электронный ресурс]/ Андрианов И., Аврейцевич Я.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2013.— 276 с.

<http://www.iprbookshop.ru/>