

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО КОНКУРСНОЙ ГРУППЕ «ФАКТ МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА»
ДЛЯ ПОСТУПАЮЩИХ В АСПИРАНТУРУ**

Вступительное испытание проводится в форме собеседования.

Собеседование состоит из двух частей:

- собеседование по содержанию будущей диссертационной работы, планируемой к выполнению абитуриентом с научным руководителем – в соответствии с частью I настоящей Программы;
- собеседование по общетеоретическим вопросам выбранной специальности обучения – в соответствии с частью II одного из разделов настоящей Программы.

ЧАСТЬ I

Вопросы по планируемой диссертационной работе поступающего

1. Планируемая тема работы, информация о научном руководителе, ожидаемые результаты, научная новизна и практическая ценность (при наличии);
2. Основные результаты выпускной работы в магистратуре или специалитете, характеризующие научный задел для кандидатской диссертации;
3. Информация о имеющихся публикациях и другой апробации результатов выпускной работы в магистратуре или специалитете.

Раздел 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы

ЧАСТЬ II

1. Общие понятия механики сплошной среды

- 1.1. Понятие сплошной среды. Микроскопические, статистические и макроскопические феноменологические методы описания свойств, взаимодействий и движений материальных сред.
- 1.2. Переменные Эйлера и Лагранжа. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета в ньютоновской механике.
- 1.3. Многокомпонентные смеси. Потoki диффузии. Уравнения неразрывности в форме Эйлера для многокомпонентных смесей.
- 1.4. Скорость изменения характеристик жидкой частицы и жидкого объема. Интегральная запись законов сохранения. Сохранение массы, уравнение неразрывности в переменных Эйлера и Лагранжа.
- 1.5. Закон сохранения импульса. Массовые и поверхностные силы. Свойства поверхностных сил. Формула Коши. Уравнение движения в напряжениях. Уравнения Эйлера. Баротропность.
- 1.6. Уравнение притока тепла. Вектор потока тепла. Дифференциальные уравнения энергии и притока тепла. Законы теплопроводности Фурье. Различные частные процессы: адиабатический, изотермический и др.

- 1.7. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Некомпенсированное тепло и производство энтропии. Неравенство диссипации, тождество Гиббса. Диссипативная функция. Основные макроскопические механизмы диссипации. Понятие о принципе Онзагера. Уравнения состояния. Термодинамические потенциалы двухпараметрических сред.
- 1.8. Закон сохранения момента импульса. Симметрия тензора напряжений.
- 1.9. Вихревые теоремы. Теорема Томсона о циркуляции. Теорема Лагранжа о сохранении потенциальности. Интегралы Коши-Лагранжа, Бернулли.
- 1.10. Потенциальные движения. Свойства потенциала. Постановка задач об обтекании тел. Обтекание шара.
- 1.11. Применение методов теории аналитических функций комплексного переменного для решения плоских задач гидродинамики и аэродинамики: понятия функции тока, комплексного потенциала. Однородный поток, источник, вихревая точка. Обтекание тел. Стационарное обтекание жидкостью кругового цилиндра и профиля.
- 1.12. Метод конформных отображений. Гидродинамические реакции на движущиеся тела. Формулы Блазиуса - Чаплыгина, теорема Жуковского. Обтекание пластины. Правило Жуковского и Чаплыгина определения циркуляции вокруг крыльев с острой задней кромкой. Нестационарное обтекание профилей.

2. Механика жидкости

- 2.1. Применение интегральных соотношений к конечным объемам среды при установившемся движении. Теория реактивной тяги и теория идеального пропеллера.
- 2.2. Волны на воде. Кинематическое и динамическое условия на свободной поверхности жидкости. Линейные волны. Волны в бассейне конечной глубины. Длинные, короткие волны.
- 2.3. Фазовая и групповая скорость. Дисперсия волн. Перенос энергии прогрессивными волнами. Теория мелкой воды. Уравнения Буссинеска и Кортвега-де-Вриза. Нелинейные волны. Солитон
- 2.4. Уравнения движения в форме Лагранжа. Волны Гестнера.
- 2.5. Задача о движении тел в идеальной жидкости. Присоединенные импульс и момент импульса. Тензор присоединенных масс. Уравнение движения шара.
- 2.6. Тензор скоростей деформации. Связь тензоров напряжений и скоростей деформации. Ньютонова жидкость. Уравнения Навье-Стокса. Среды с другими реологическими соотношениями.
- 2.7. Точные решения уравнений вязкой жидкости: диффузия вихревого слоя и вихревой нити, течение Пуазейля, течение между двумя вращающимися цилиндрами. Течение в трубе эллиптического сечения. Течение вязкой жидкости в диффузоре. Диффузия вихря
- 2.8. Уравнения Навье-Стокса в безразмерном виде. Числа Струхала, Эйлера, Фруда, Рейнольдса. Подобие гидродинамических явлений.
- 2.9. Приближенные решения при малых числах Re . Приближение Стокса и Осеена. Задача о движении сферы в вязкой жидкости в постановке Стокса.
- 2.10. Приближенные решения при больших числах Re . Теряя погранслоя. Пример Фридрихса.
- 2.11. Ламинарный пограничный слой. Задача Блазиуса. Интегральные соотношения и основанные на их использовании приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Устойчивость пограничного слоя. Теплообмен с потоком на основе теории пограничного слоя.
- 2.12. Гидравлические скачки в теории мелкой воды. Связь теории мелкой воды и газовой динамики.

- 2.13. Влияние сжимаемости на форму трубок тока при установившемся движении. Элементарная теория сопла Лавалья.
- 2.14. Уравнение Орра-Зоммерфельда для плоскопараллельных вязких течений.
- 2.15. Теорема Сквайра. Невязкая неустойчивость. Теоремы Рейлея.
- 2.16. Развитая турбулентность. Осреднение. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Проблема замыкания. Простейшие способы замыкания. Энергетический подход. Диссипация и обмен энергией между средним и турбулентным движениями. Полуэмпирические теории турбулентности.

3. Газовая динамика

- 3.1. Одномерная газовая динамика. Распространение малых возмущений в сжимаемой жидкости. Волновое уравнение. Скорость звука.
- 3.2. Эффект Допплера. Конус Маха. Метод характеристик. Инварианты Римана. Задачи о поршне и о сильном взрыве в газе.
- 3.3. Возникновение скачков. Решения с разрывом. Уравнение Бюргерса как модельное уравнение. Применение интегральных законов сохранения. Ударные волны в газовой динамике. Эффект опрокидывания волн. Адиабата Гюгонио.
- 3.4. Плоские стационарные сверхзвуковые течения газа. Течение Прандтля—Майера. Косой скачок уплотнения. Обтекание сверхзвуковым потоком газа клина и конуса. Понятие об обтекании тел газом с отошедшей ударной волной. Линейная теория обтекания тонких профилей и тел вращения. Течения с гиперзвуковыми скоростями. Закон сопротивления Ньютона.

4. Детонация и горение

- 4.1. Теория волн детонации и горения. Правило Жуге и его обоснование. Задача о структуре сильного разрыва. Качественное описание решения задачи о распаде произвольного разрыва.
- 4.2. Расчет температуры горения и состава продуктов сгорания. Основы химической кинетики. Классификация химических реакций. Закон действующих масс. Константы скоростей реакций. Энергия активации, порядок реакции.
- 4.3. Скорость неизотермической адиабатической реакции. Распространение пламени в однородной топливно-воздушной смеси. Задача о нормальном фронте пламени. Концентрационные пределы распространения пламени. Распространение пламени в турбулентном потоке.
- 4.4. Диффузионное горение газов. Структура факела горения, фронтальная модель горения. Детонационное горение, детонация Чепмена-Жуге.

5. Физика плазмы

- 5.1. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла в пустоте. Взаимодействие электромагнитного поля с проводниками. Сила Лоренца. Закон сохранения полного заряда. Закон Ома. Среды с идеальной проводимостью. Вектор и уравнение Умова—Пойнтинга. Джоулево тепло. Уравнения импульса и притока тепла для проводящей среды.
- 5.2. Уравнения магнитной гидродинамики. Условия вмороженности магнитного поля в среду. Понятие о поляризации и намагничивании жидкостей.
- 5.3. Особенности измерений в аэродинамике. Приборы для измерения полного и статического давления, насадки для измерения направления скорости. Метод Теплера, теневой метод визуализации потоков. Голографическая интерферометрия. Термопары,

влияние излучения на точность измерения. Оптические и спектральные методы измерения температуры. Термокраски.

6. Приборы и методы измерения

- 6.1. Лазерный доплеровский измеритель скорости. Фазодоплеровский метод измерения размеров и скоростей частиц. Метод PIV. Метод КАРС, метод лазерной индуцированной флюоресценции. Аналоговые и цифровые методы обработки случайных процессов.
- 6.2. Аналоговые и цифровые приборы для измерения спектров, корреляций и распределения вероятностей. Ошибка измерения среднего значения и дисперсии случайного сигнала из-за конечности времени осреднения. Частота дискретизации и шаг квантования при аналого-цифровом преобразовании. Термоанемометр, измерение турбулентности.
- 6.3. Основные и производные единицы измерения. Системы единиц измерения. Класс систем единиц измерения. Размерность физической величины. Зависимые и независимые размерности. П-теорема.
- 6.4. Элементы подземной гидродинамики. Понятие пористости и проницаемости. Закон Дарси. Относительные фазовые проницаемости. Задача Баклея-Левретта.
- 6.5. Система дифференциальных уравнений подземной гидрогазодинамики. Неустановившаяся фильтрация газа. Примеры точных автомодельных решений.

Литература

1. Валландер С.В. Лекции по гидроаэромеханике: Учеб. Пособие/ Под ред. Н.Н. Полякова.-2-е изд. — СПб.: Изд-во. С-Петербур. ун – та, 2005. — 304 с.
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I. 4-е изд. — М.: Лань, 2004, т.1 536с, и т2. — 584 с.
3. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Ч. I, II. М.: Физматгиз, 1963.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. 3-е изд. М.: Наука, 1986.
5. Прандтль Л. Гидроаэромеханика. РХД, 2000.
6. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. М.: Мир, 1977.

Раздел 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

ЧАСТЬ II

1. Теория деформированного состояния. Вектор перемещений. Тензор малых деформаций и малых поворотов. Главные инварианты тензора малых деформаций. Условия совместности Сен-Венана. Тензор скоростей деформаций.
2. Теория напряженного состояния. Массовые и поверхностные силы. Формула Коши. Тензор напряжений. Симметрия тензора напряжений. Главные инварианты тензора напряжений. Круговая диаграмма Мора.
3. Уравнение неразрывности. Уравнения равновесия и движения. Закон сохранения момента импульса и симметрия тензора напряжений.
4. Термодинамика деформируемого тела. Первое начало термодинамики (аксиома баланса энергии). Неравенство Клаузиуса-Дюгема. Диссипативные процессы.
5. Упругое тело. Выражение для тензора напряжений через производную термодинамического потенциала (внутренняя энергия, свободная энергия Гельмгольца) по тензору деформации. Обобщенный закон Гука для линейного термоупругого материала. Сокращение числа упругих постоянных. Связь между упругими постоянными изотропной упругой среды. Изотермический и адиабатический модули упругости. Общие теоремы теории упругости (единственности, взаимности, о минимуме энергии деформации). Теорема Кастильяно.
6. Постановка математических задач линейной теории упругости в перемещениях и напряжениях. Полуобратный метод Сен-Венана. Вариационные постановки задач теории упругости и основы прямых методов (Ритца, Бубнова-Галеркина).
7. Простейшие задачи теории упругости: деформация толстостенной трубы под действием внутреннего и внешнего давлений, кручение бруса кругового поперечного сечения, растяжение бруса под действием собственного веса, равновесие элемента пластинки, температурные напряжения в поллой сфере.
8. Плоские задачи теории упругости. Плоское напряженное и плоское деформированное состояния. Функция напряжений. Метод теории функций комплексного переменного в плоской задаче. Действие сосредоточенной силы на границу упругой полуплоскости.
9. Понятие о функции Грина. Элементарное решение первого и второго рода. Постановка контактной задачи Герца.
10. Изгиб балок. Внутренняя поперечная сила и внутренний изгибающий момент. Построение эпюр поперечной силы и изгибающего момента. Гипотеза плоских сечений. Геометрические характеристики сечений при изгибе. Нормальные и касательные напряжения при изгибе. Формула Журавского. Дифференциальное уравнение изогнутой оси балки.
11. Стержневые системы. Статически определимые и статически неопределимые системы. Методы расчета ферм и рам.
12. Кручение стержней с эллиптическим поперечным сечением. Деформация.
13. Устойчивость стержней. Понятие устойчивости. Энергетический метод анализа устойчивости. Формула Эйлера и ее применение.
14. Теоретическая прочность. Основные теории прочности. Хрупкое и квазихрупкое разрушение. Энергетический критерий Гриффитса и силовой критерий Ирвина распространения трещины в упругом теле. Инвариантный интеграл Черепанова-Райса.
15. Идеальная пластичность. Изотропное и кинематическое упрочнение. Тензор пластических деформаций. Деформационная теория пластичности. Понятие о простом и сложном нагружении (деформации). Постановки задач в рамках малых упруго-пластических деформаций. Теорема о простом нагружении. Теорема единственности. Метод упругих решений. Метод переменных параметров упругости. Теорема о

- разгрузке. Полая сфера из идеально-пластического материала под внутренним давлением.
16. Теория пластического течения. Ассоциированный закон пластического течения. Критерии текучести Треска-Сен-Венана, Мизеса. Кулона-Мора, Друккера-Прагера.
 17. Плоская задача теории течения. Понятие о линиях скольжения и их свойствах. Интегралы Генки. Сжатие полосы между шероховатыми плитами.
 18. Линейная теория вязко-упругости. Принцип суперпозиции Больцмана. Модель Максвелла и Фойхта. Ядра релаксации и ползучести, функции релаксации и ползучести. Температурно-временная аналогия. Методы решения задач линейной теории термовязко-упругости: численные методы, методы, использующие преобразования Лапласа-Карсона; методы, основанные на следствиях из теорем о простом нагружении и простой деформации.
 19. Два типа волн в упругой среде. Стержневая скорость звука. Кинематические и динамические условия на поверхности разрыва.

Литература

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: Учеб. для вузов. 10-е изд., перераб. и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 1999. - 592 с.
2. Лейбензон Л.С. Курс теории упругости. Москва Ленинград : ОГИЗ Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1947.
3. Ильюшин А.А. Пластичность, ГТТИ, 1948 .
2. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I. 4-е изд. - М.: Лань, 2004, т.1 536с, и т2. - 584 с.
1. Ильюшин А.А., Победря Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. М.: «Наука», 1970.
2. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. - М.: Наука, 1988. - 712 с.
3. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости: Пер. с англ./Под ред. Г. С. Шапиро. - 2- изд. - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1979, 560 с.
4. Кондауров В.И., Фортов В.Е. Основы термомеханики конденсированной среды. М.: Изд-во МФТИ. 2002.
5. Москвитин В.В. Сопротивление вязкоупругих материалов (применительно к зарядам на твердом топливе). - М.: изд-во «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1972 г.
6. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. Учебник для студентов вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1975

Раздел 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин

ЧАСТЬ II

1. Аксиоматика классической механики. Кинематика точки

- 1.1. Постулаты классической механики. Законы Ньютона. Инерциальные системы отсчета.
- 1.2. Преобразования Галилея. Понятие об инвариантности и ковариантности уравнений механики.
- 1.3. Траектория, скорость, ускорение. Естественный (сопровождающий) трехгранник. Разложение скорости и ускорения в осях трехгранника. Криволинейные координаты точки. Разложение скорости и ускорения точки в локальном базисе криволинейных координат. Коэффициенты Ламе.

2. Кинематика твердого тела (кинематика систем отсчета)

- 2.1. Твердое тело. Разложение движения тела на поступательное движение и вращение (движение с неподвижной точкой).
- 2.2. Способы задания ориентации твердого тела: углы Эйлера, матрицы направляющих косинусов. Алгебра кватернионов. Кватернионный способ задания ориентации твердого тела (присоединенное отображение). Параметры Родрига-Гамильтона. Кватернионные формулы сложения поворотов.
- 2.3. Кинематические уравнения вращательного движения твердого тела в кватернионах (уравнения Пуассона). Теорема Эйлера о конечном повороте твердого тела с неподвижной точкой. Угловая скорость и угловое ускорение твердого тела. Распределение скоростей и ускорений в твердом теле (формулы Эйлера и Ривальса). Движение свободного твердого тела. Кинематический винт.

3. Кинематика сложного движения

- 3.1. Сложение скоростей и ускорений точек в сложном движении. Вычисление угловой скорости и углового ускорения тела в сложном движении.

4. Основные теоремы динамики

- 4.1. Определения: внешние и внутренние силы, импульс (количество движения), момент импульса (кинетический момент, момент количества движения), кинетическая энергия, центр масс, момент силы, элементарная работа и мощность силы.
- 4.2. Теоремы Кенига для кинетической энергии и момента импульса. Теоремы об изменении импульса, момента импульса и кинетической энергии в инерциальных системах отсчета. Консервативные системы, закон сохранения энергии.
- 4.3. Неинерциальные системы отсчета, силы инерции. Основные теоремы динамики в неинерциальных системах отсчета.

5. Движение материальной точки в центральном поле

- 5.1. Законы сохранения (первые интегралы движения). Уравнение Бине. Поле всемирного тяготения. Уравнение конических сечений. Задача двух тел. Законы Кеплера.

6. Динамика систем переменного состава

- 6.1. Понятие о системе переменного состава и ее математической модели.
- 6.2. Теоремы об изменении количества движения и кинетического момента для систем переменного состава. Уравнение Мещерского. Реактивное движение. Формула Циолковского.

7. Динамика твердого тела

- 7.1. Геометрия масс. Тензор инерции и эллипсоид инерции твердого тела. Главные оси инерции. Преобразование тензора инерции при повороте и параллельном переносе осей. Теорема Гюйгенса–Штейнера для тензора инерции.
- 7.2. Кинетический момент и кинетическая энергия твердого тела. Динамические уравнения Эйлера. Случай Эйлера; первые интегралы движения; геометрические интерпретации Пуансо и Мак-Куллага.
- 7.3. Движение динамически симметричного тела в случае Эйлера; параметры свободной регулярной прецессии. Случай Лагранжа; первые интегралы движения.
- 7.4. Формула для момента, поддерживающего вынужденную регулярную прецессию динамически симметричного твердого тела.

8. Лагранжева механика

- 8.1. Понятие механической связи. Классификация связей. Виртуальные перемещения. Общее уравнение динамики для системы материальных точек с идеальными связями.
- 8.2. Конфигурационное многообразие голономной системы с конечным числом степеней свободы. Обобщенные координаты. Уравнения Лагранжа. Обобщенные силы. Потенциальные, гироскопические, диссипативные силы. Критерий потенциальности сил.
- 8.3. Уравнения Лагранжа в случае потенциальных сил; функция Лагранжа (лагранжиан системы).
- 8.4. Уравнения Лагранжа в неинерциальных системах отсчета. Свойства уравнений Лагранжа: ковариантность, невырожденность (приведение к нормальному виду Коши).
- 8.5. Структура кинетической энергии. Первые интегралы лагранжевых систем: циклические интегралы, обобщенный интеграл энергии (интеграл Пенлеве-Якоби).

9. Равновесие, устойчивость, движение вблизи устойчивого положения равновесия

- 9.1. Определение положения равновесия. Условия равновесия системы с идеальными связями (принцип виртуальных перемещений). Условия равновесия голономных систем (в терминах обобщенных сил).
- 9.2. Определение устойчивости, асимптотической устойчивости и неустойчивости положения равновесия. Теоремы прямого метода Ляпунова для автономных систем: теоремы Ляпунова об устойчивости и асимптотической устойчивости, теорема Четаева о неустойчивости, теорема Барбашина-Красовского об условиях асимптотической устойчивости и неустойчивости.
- 9.3. Теорема Лагранжа–Дирихле об устойчивости равновесия консервативных механических систем. Условия неустойчивости консервативных систем по квадратичной части потенциальной энергии. Понятие о бифуркации. Случаи потери устойчивости для систем с потенциалом, зависящим от параметра. Влияние гироскопических и диссипативных сил на устойчивость равновесия. Теорема об асимптотической устойчивости строго диссипативных систем.

- 9.4. Первый метод Ляпунова исследования устойчивости. Теорема Ляпунова об устойчивости по линейному приближению. Критерий Рауса-Гурвица (без доказательства). Два сценария потери устойчивости: дивергенция и флаттер.
- 9.5. Малые колебания консервативных систем вблизи устойчивого положения равновесия. Уравнение частот. Главные (нормальные) координаты. Общее решение. Случай кратных корней.
- 9.6. Вынужденные колебания линейной стационарной системы под действием гармонических сил. Частотные характеристики. Явление резонанса. Реакция линейной стационарной системы на негармоническое воздействие.

10. Уравнения Гамильтона, вариационные принципы, интегральные инварианты

- 10.1. Переменные Гамильтона. Функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Преобразование Лежандра уравнений Лагранжа в уравнения Гамильтона. Функция Гамильтона для консервативной системы.
- 10.2. Первые интегралы гамильтоновых систем. Скобки Пуассона. Теорема Якоби–Пуассона. Понижение порядка уравнений Гамильтона в случае циклических координат и для обобщенно консервативных систем. Уравнения Уиттекера.
- 10.3. Действие по Гамильтону. Вариация действия по Гамильтону. Вариационный принцип Гамильтона.
- 10.4. Преобразование лагранжиана при замене координат и времени. Теорема Эмми Нетер.
- 10.5. Интегральные инварианты Пуанкаре–Картана и Пуанкаре. Обратные теоремы теории интегральных инвариантов. Теорема Лиувилля об инвариантности фазового объема гамильтоновой системы. Теорема Ли Хуа-чжуна об интегральных инвариантах первого порядка гамильтоновых систем.

11. Канонические преобразования. Уравнение Гамильтона–Якоби

- 11.1. Канонические преобразования. Локальный критерий каноничности. Критерий каноничности в терминах производящих функций.
- 11.2. Преобразования, допускающие (q, \tilde{q}) – описание (свободные преобразования). Правила преобразования гамильтонианов при канонических преобразованиях. Фазовый поток гамильтоновых систем как однопараметрическое семейство канонических преобразований.
- 11.3. Уравнение Гамильтона–Якоби. Полный интеграл уравнения Гамильтона–Якоби и его использование в задаче интегрирования уравнений движения гамильтоновой системы. Случаи разделения переменных.

Литература

1. Айзерман М.А. Классическая механика: учебное пособие. – 3-е изд. – М.: Физматлит, 2005. – 380 с.
2. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. – 3-е изд. – М.: Физматлит, 2001.
3. Журавлёв В.Ф. Основы теоретической механики. – 2-е изд. – М.: Физматлит, 2001; 3-е изд. – М.: Физматлит, 2008.
4. Маркеев А.П. Теоретическая механика. Учебник для университетов. Изд. 3-е, исправленное – М.: Издательство «Регулярная и хаотическая динамика». 2001. – 592 с.
5. Яковенко Г.Н. Краткий курс теоретической механики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
6. Яковенко Г.Н. Краткий курс аналитической динамики. – М.: БИНОМ, 2004. – 238 с.