



**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА**

**Научно-методический совет
по теоретической механике
при Министерстве
образования и науки РФ**

**Научно-учебный комплекс
«Фундаментальные науки»
МГТУ имени Н.Э. Баумана**

**КАФЕДРА
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ
имени ПРОФЕССОРА
Н.Е. ЖУКОВСКОГО**

**Научная конференция
«ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ МЕХАНИКИ»,**
посвященная 135-летию кафедры теоретической механики
имени профессора Н.Е. Жуковского

Оргкомитет:

Председатель – д-р физ.-мат. наук, проф. В.О. Гладышев
Зам. председателя – д-р техн. наук, проф. П.М. Шкапов
Ученый секретарь – канд. физ.-мат. наук, доц. А.Ю. Карпачев

Члены:

И.Г. Благовещенский д-р техн. наук, проф.
Ю.И. Димитриенко д-р физ.-мат. наук, проф.
О.С. Еркович канд. физ.-мат. наук, доц.
В.С. Зарубин д-р техн. наук, проф.
А.П. Крищенко член-корр. РАН
Г.Н. Кувыркин д-р техн. наук, проф.
А.Н. Морозов д-р физ.-мат. наук, проф.
Б.П. Назаренко канд. техн. наук, доц.
В.А. Самсонов д-р физ.-мат. наук, проф.
Н.И. Сидняев д-р техн. наук, проф.
С.Б. Ткачев д-р физ.-мат. наук, проф.

Сайт конференции: <http://hoster.bmstu.ru/~fn3/>

Программный комитет:

Председатель – академик РАН К.С. Колесников (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
академик РАН В.Ф. Журавлев (ИПМ им. А.Ю. Ишлинского РАН)
чл.-корр. РАН А.П. Крищенко (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

д-р физ.-мат. наук, проф. В.О. Гладышев (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.И. Димитриенко (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
д-р техн. наук, проф. В.С. Зарубин (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
д-р техн. наук, проф. Г.Н. Кувыркин (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
д-р физ.-мат. наук, проф. А.Н. Морозов (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
д-р физ.-мат. наук, проф. В.А. Самсонов (МГУ им. М.В. Ломоносова)
д-р техн. наук, проф. Н.И. Сидняев (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
д-р физ.-мат. наук, проф. С.Б. Ткачев (МГТУ им. Н.Э. Баумана)
д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.Д. Чашечкин (ИПМ им. А.Ю. Ишлинского
РАН)
д-р техн. наук, проф. П.М. Шкапов (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

23–25 октября 2013 года в МГТУ им. Н.Э. Баумана состоялась научная конференция «Фундаментальные и прикладные задачи механики», приуроченная к 135-летию кафедры теоретической механики, основанной Николаем Егоровичем Жуковским. Организаторами конференции выступили МГТУ им. Н.Э. Баумана, Научно-методический совет по теоретической механике при Министерстве образования и науки РФ, Научно-учебный комплекс «Фундаментальные науки», кафедра «Теоретическая механика» имени профессора Н.Е. Жуковского. Научное руководство конференции осуществлял академик РАН К.С. Колесников. В работе конференции приняли участие преподаватели и научные сотрудники ведущих вузов России и институтов РАН, студенты и аспиранты.



Участники пленарного заседания конференции

На открытии конференции были сделаны следующие сообщения.

1. Академик РАН К.С. Колесников. Создание кафедры теоретической механики в Московском техническом училище Николаем Егоровичем Жуковским.

2. Доктор физ.-мат. наук, декан ф-та «Фундаментальные науки» МГТУ им. Н.Э. Баумана В.О. Гладышев. Фундаментальные дисциплины в подготовке бакалавров, специалистов и магистров в научно-исследовательском университете.

3. Доктор техн. наук, зав. кафедрой теоретической механики П.М. Шкапов. Основные этапы становления и развития кафедры теоретической механики имени профессора Н.Е. Жуковского.

Были заслушаны следующие научные пленарные доклады.

1. Академик РАН В.Ф. Журавлев (ИПМ им. А.Ю. Ишлинского РАН). 500 лет истории сухого трения.

2. Чл.-корр. РАН А.П. Крищенко (МГТУ им. Н.Э. Баумана). О проведении исследований в области нелинейных систем и процессов управления.

3. Доктор физ.-мат. наук, проф. В.А. Самсонов (МГУ им. М.В. Ломоносова). О развитии некоторых задач Н.Е. Жуковского.

4. Доктор физ.-мат. наук, проф. Ю.Д. Чашечкин (ИПМ им. А.Ю. Ишлинского РАН). Дифференциальная механика жидкостей.

5. Доктор техн. наук, проф. С.Н. Саяпин (ИМАШ РАН им. А.А. Благонравова). Проблемы прецизионности криогенного космического телескопа обсерватории «Миллиметр».

Работа конференции проходила по секциям:

1. *Аналитическая механика. Небесная механика* (руководители: академик РАН В.Ф. Журавлев, д-р техн. наук, проф. В.В. Андронов).

2. *Математическое моделирование, управление, оптимизация и диагностика механических и гидромеханических систем* (руководители: чл.-корр. РАН А.П. Крищенко, д-р физ.-мат. наук, проф. В.В. Лапшин).

3. *Прикладная аэро- и гидродинамика* (руководители: д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.Д. Чашечкин, д-р техн. наук, проф. П.М. Шкапов).

4. *Динамика ракетно-космических систем* (руководители: д-р техн. наук, проф. В.В. Кокушкин, д-р техн. наук, проф. С.Н. Саяпин).

5. *Прикладная механика* (руководитель д-р техн. наук, проф. А.А. Пожалостин).

6. *Вычислительная математика и механика* (руководитель д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.И. Димитриенко).

7. *Фундаментальные науки: математика, физика* (руководители: д-р техн. наук, проф. Н.И. Сидняев, д-р физ.-мат. наук, проф. А.Н. Морозов).

8. *Научно-методические вопросы преподавания фундаментальных дисциплин в техническом университете* (руководитель д-р физ.-мат. наук, проф. В.О. Гладышев).

На секционных заседаниях было заслушано более 80 докладов, посвященных актуальным проблемам теоретической и прикладной механики, аэро- и гидродинамики, другим направлениям научных исследований, обсуждены актуальные вопросы преподавания фундаментальных и общинженерных дисциплин в технических университетах.

В рамках методической секции конференции под председательством д-ра физ.-мат. наук, проф. В.А. Самсонова состоялось заседание Научно-методического совета по теоретической механике при Министерстве образования и науки РФ.

Выездное заседание конференции с участием сотрудников музея Университета состоялось в музее-усадьбе Н.Е. Жуковского в селе Орехово Владимирской области. С руководителями музея-усадьбы была достигнута договоренность о расширении экспозиции за счет материалов, освещающих историю и развитие кафедры теоретической механики, основанной Н.Е. Жуковским, и другие направления деятельности великого ученого.

Программа конференции, фотоотчет и другая информация представлены на сайте кафедры теоретической механики — <http://hoster.bmstu.ru/~fn3/>

Пленарное заседание

1. Создание кафедры теоретической механики в Московском техническом училище Николаем Егоровичем Жуковским (академик РАН К.С. Колесников)

2. Фундаментальные дисциплины в подготовке бакалавров, специалистов и магистров в Научно-исследовательском университете (д-р физ.-мат. наук, декан факультета «Фундаментальные науки» МГТУ им. Н.Э. Баумана В.О. Гладышев)

3. Основные этапы становления и развития кафедры теоретической механики им. профессора Н.Е. Жуковского (докл. д-р техн. наук, зав. кафедрой теоретической механики МГТУ им. Н.Э. Баумана П.М. Шкапов)

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

500 лет истории сухого трения

© В.Ф. Журавлев

ИПМех. им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, 119526, Россия

Даются обзор и анализ основных понятий и формулировок, связанных с законом сухого трения в историческом и научном аспекте. При критическом рассмотрении используемых в практических расчетах соотношений указано на ряд типовых ошибок их применения для разного случая относительного движения тел. Показано, что в классической форме закон Кулона справедлив и экспериментально подтверждается лишь при поступательном движении тела по шероховатой плоскости. В итоге делается вывод, что в наиболее общей форме сухое трение можно учитывать на основе модели многокомпонентного сухого трения.

О проведении исследований в области нелинейных систем и процессов управления

© А.П. Крищенко

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Дается обзор результатов проведенных исследований в области нелинейных систем и процессов управления за последний период, сделанных научными группами институтов РАН и кафедры «Математическое моделирование» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

О развитии некоторых задач Н.Е. Жуковского

© В.А. Самсонов

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, 119991, Россия

Приводятся решения некоторых задачи механики, начало которых восходит к классическим трудам Н.Е. Жуковского: модель материальной точки в среде с сопротивлением, продольный полет летательного аппарата, самовращение пластинки. Дополнение классических математических моделей новыми элементами позволило выявить условия реализации разного вида вращательно-поступательного движения тел, исследовать их стационарные движения, автоколебания и авторотацию.

Дифференциальная механика жидкостей

© Ю.Д. Чашечкин

ИПМех. им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, 119526, Россия

По мере развития техники наблюдений расширяется диапазон линейных масштабов, в котором наблюдается тонкая структура течений. В настоящее время он простирается от световых лет в межзвездной среде до метров в атмосфере и гидросфере Земли. В лабораторных условиях элементы тонкой структуры вихревых и волновых течений более мелкие — от сантиметров до микрон (приводятся примеры). Задача расчета структуры дополняет традиционное описание динамики процессов в жидкостях или газах. Основу математического моделирования составляет фундаментальная система, включающая уравнения неразрывности, баланса импульса и энергии, диффузии компонент и замыкающее уравнение состояния. Ранг полной системы, порядок ее линейаризованной версии и степень алгебраического характеристического (дисперсионного) уравнения определяет условие совместности. Симметрии такой системы, в отличие от многих модельных систем, отвечают основным принципам физики.

Впервые дана полная математическая классификация сопутствующих тонкоструктурных компонент, дополняющих крупномасштабные элементы периодических течений, показана вырожденность классической системы уравнений неразрывности и переноса импульса в приближении однородной жидкости. Асимптотическими методами рассчитаны инфинитезимальные внутренние волны и сопутствующие тонкоструктурные компоненты, возбуждаемые в непрерывно стратифицированных средах компактными 2D и 3D источниками, совершающими линейные или крутильные колебания.

Приведены результаты расчетов двумерных течений, индуцированных диффузией в неподвижной стратифицированной среде на наклонной полосе и клине, а также картин формирования полей внутренних волн. Расчеты задач в полной постановке, выполненные на суперкомпьютерных комплексах, позволяют одновременно проследить эволюцию динамики и тонкой структуры течений, особенности распределений различных физических величин: скорости жидкости, завихренности и темпа ее бароклинной генерации, диссипации механической энергии, возмущений плотности и давления. Проводится сравнение с опытами, в которых прослежена трансформация структуры пучка волн, формирование разрывов в поле градиента плотности

и компактных вихрей вдали от источника в областях конвергенции тонкоструктурных компонент волновых полей. В заключение проводится сравнительное обсуждение математического и физического содержания понятий «движение» и «течение жидкости», требований к измерительной технике и методике, обеспечивающим выполнение условия полноты эксперимента.

Проблемы прецизионности криогенного космического телескопа обсерватории «Миллиметрон»

© С.Н. Саяпин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В соответствии с Федеральной космической программой РФ учеными и специалистами российских и международных организаций ведутся работы по созданию космической обсерватории (КО) «Миллиметрон» (проект «Спектр-М»). Головная научная организация — АКЦ ФИАН им. П.Н. Лебедева РАН; головное предприятие — НПО им. С.А. Лавочкина. Планируемый срок запуска — 2019 г. Приводятся общие сведения о КО «Миллиметрон», предназначенной для эксплуатации в условиях глубокого вакуума и сверхнизких температур на сверхдальней рабочей орбите в районе либрационной точки Лагранжа L2 в системе Солнце — Земля, удаленной от Земли на расстояние 1,5 млн км. В состав КО входит криогенный космический телескоп (ККТ) с раскрываемым на указанной орбите главным параболическим зеркалом (ГПЗ) диаметром 10 м. ККТ устанавливается на модуль служебных систем (МСС), обеспечивающий его ориентацию и стабилизацию. Рабочие диапазоны длин волн ККТ составляют 0,02...3 мм и 0,3...16 мм и определяют требования к прецизионности ККТ и МСС: точность ориентации — 1''; точность стабилизации — 0,2''; точность рабочей поверхности ГПЗ (после его раскрытия) — 10 мкм; температура рабочей поверхности ГПЗ — 4,5К. Показано, что из-за своей протяженности и низкой частоты собственных колебаний ККТ становится гравитационно- и инерциально-чувствительной системой к воздействию внешних и внутренних микродинамических возмущений (ВВМВ). Рассмотрены проблемы обеспечения прецизионности ККТ при эксплуатации в условиях ВВМВ, глубокого вакуума и сверхнизких температур. Показано, что точность ориентации и стабилизации МСС — на порядок ниже требуемых, а упругие колебания низкочастотных крупногабаритных элементов конструкции ККТ от воздействия внешних и внутренних микродинамических возмущений способны привести к нарушению требуемой прецизионности. Также отмечено, что удаление орбиты КО на огромные расстояния от Земли не позволяет осуществлять управление ее системами и планом эксперимента в режиме реального времени. Проведен анализ известных методов и средств, применяемых для решения подобных проблем.

Представлена оригинальная концепция интеллектуальной системы активной виброзащиты и высокоточного наведения ККТ обсерватории «Миллиметрон», направленная на решение указанных проблем.

**Секция 1. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА.
НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА**

*Руководители: академик РАН В.Ф. Журавлев,
д-р техн. наук, проф. В.В. Андронов*

**Динамика тела с плоским основанием
при круговых колебаниях опорной плоскости
(к задаче Н.Е. Жуковского о плоском расसेве)**

© В.В. Андронов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Задача Н.Е. Жуковского о движении материальной точки по горизонтальной плоскости с круговыми колебаниями распространяется на случай тела с размерами. На примере прямого кругового цилиндра, поставленного на плоскость своим основанием, показано, что протяженное тело совершает сложное движение. Наряду с перемещением (вместе с центром масс) по круговой траектории, как в задаче Н.Е. Жуковского, цилиндр еще вращается вокруг своей оси симметрии. При малых угловых скоростях вращения оба движения происходят в сторону перемещения опорной плоскости.

Плоская задача об ударе тела о препятствие*

© В.В. Лапшин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрена плоская задача упругого удара тела о шероховатую поверхность (препятствие) в рамках стереомеханической модели удара (модели удара Ньютона). Предполагается, что контакт тела с поверхностью осуществляется в одной точке. Формулы для расчета параметров удара и характеристик движения тела после удара зависят от характера скольжения точки контакта в процессе удара. Скольжение может прекратиться в фазе деформации или в фазе восстановления, может продолжаться в течение всего удара в одном направлении, возможно и изменение направления скольжения в процессе удара. Показано, что тип удара или характер движения точки соприкосновения в процессе удара определяется с помощью графической картины на плоскости параметров угол трения и угол падения (который определяет направление скорости точки соприкосновения тела с поверхностью до удара). В качестве границ, разделяющих области, соответствующие различным типам удара, выступают кривые, поведение которых зависит от положения точки соударения относительно центра масс тела, радиуса инерции тела, угла трения и коэффициента восстановления при ударе.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1195.html>

Моделирование динамики стенда «GBV 1005 Ball & Beam» как управляемой механической системы с избыточными координатами

© Э.М. Красинская¹, А.Я. Красинский²

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

² Московский Энергетический Университет, Москва, 111250, Россия

Устройство GBV 1005 Ball&Beam состоит из двух взаимосвязанных частей — механической и управляемого электропривода. Для описания механической части вводятся три координаты α , θ , r (угол наклона желоба, угол поворота колеса и координата, определяющая положение шарика на желобе). На систему наложена геометрическая связь: при любых значениях углов α , θ длина рычага, соединяющего желоб с колесом, постоянна. Аналитически эта связь выражается нелинейным тригонометрическим соотношением.

В большинстве работ по исследованию динамики систем такой конструкции для описания основной, механической, части применяется одна и та же необоснованно упрощенная линейная модель: вместо полной нелинейной геометрической связи без всякого обоснования принимается линейная зависимость между углами.

Точными методами аналитической механики систем с избыточными координатами построена более полная нелинейная модель механической компоненты системы Ball&Beam. При этом кроме известного, указано еще одно положение равновесия системы — для ненулевого значения угла поворота колеса. Рассмотрены различные варианты выбора избыточной координаты, для которых указываются практические способы определения управляющих воздействий в виде линейных функций переменных выделяемых подсистем.

В исследуемой системе при строгом ее рассмотрении имеется один нулевой корень характеристического уравнения. Для заключения об устойчивости положения равновесия замкнутой нелинейной системы проводятся необходимые преобразования теории критических случаев Ляпунова. Установлена условная асимптотическая устойчивость положения равновесия системы.

Неизвестные дифференциальные уравнения, моделирующие «эффект Джанибекова» в орбитальном полете

© Э.Р. Смольяков

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Предлагаются дифференциальные уравнения, описывающие глубинную суть наблюдаемого явления, его природу и энергетику и позволяющие понять реальные механизмы, лежащие в основе «эффекта Джанибекова». Как известно, быстро отвинчиваемая В.А. Джанибековым во время полета на Орбитальной космической станции (ОКС) 25 июня 1985 г. гайка (с лепестками-ушками), сойдя по инерции с крепежного винта, продолжила свое спокойное поступательное и вращательное движение по инерции в свободном полете в невесомости в направлении вектора своего кинетического момента, но вскоре стала периодически совершать удивительно быстрые кувырки, каждый раз переворачиваясь на 180° и снова продолжая свободное спокойное вращательное движение по прямой внутри станции. Все известные до сих пор попытки объяснить это явление, основывающиеся на том, что объект неустойчив, видимо, потому, что вращается относительно средней (а не минимальной или максимальной) оси инерции, невозможно признать состоятельными, поскольку подобные маневры требуют значительного количества энергии, которой в условиях невесомости у подобного пассивного объекта не имеется, а следовательно, в результате таких энергоемких маневров объект должен был бы после каждого кувырка замедлять или даже вовсе прекратить свое вращение. Однако гайка продолжала свое поступательное и вращательное движение без признаков замедления, продолжая выполнять кувырки. К сожалению, удовлетворительного объяснения энергетики этого эффекта в печати до сих пор так и не было представлено. Предлагаемые же в работе дифференциальные уравнения дают такое объяснение.

Исследование нелинейных колебаний микромеханического гироскопа с резонатором в виде упругих колебаний

© И.В. Меркурьев, В.В. Подалков, Е.С. Сбытова

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Создание миниатюрных датчиков инерциальной информации, применяемых в системах ориентации, навигации и управления движением транспортных средств является актуальной проблемой современного приборостроения. Для повышения точности микромеханических гироскопов требуется создание достаточно точных математических моделей, учитывающих влияние малых нелинейных и неізотропных упругих свойств резонатора, конструктивных особенностей прибора и медленно изменяющихся условий функционирования.

Рассматривается осесимметричный резонатор гироскопа в виде четырех одинаковых тонких упругих пластин, жестко закрепленных по краям в рамке, соединенной упругими торсионами с основанием гироскопа. Измерение колебаний упругой системы позволяет определить угловое движение основания гироскопа в инерциальном пространстве.

С использованием вариационного принципа Гамильтона — Остроградского получена нелинейная система интегро-дифференциальных уравнений, описывающая колебания упругой системы на подвижном основании. Для исследования системы применены процедура Бубнова — Галеркина и асимптотический метод разделения движения Крылова — Боголюбова. В результате получена нелинейная система обыкновенных дифференциальных уравнений четвертого порядка относительно медленно изменяющихся переменных. С использованием метода, предложенного академиком В.Ф. Журавлевым, получено аналитическое решение данной нелинейной системы. Показано, что нелинейные колебания упругой системы приводят к погрешностям в определении углового движения основания. Предложена методика компенсации погрешности гироскопа, вызванной конечными амплитудами колебаний резонатора.

Единая теория планетарных процессов планет, спутников и Солнца

© Ю.В. Баркин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Дается решение многовековой проблемы об источниках эндогенной активности и об основном механизме энергетического циклического возбуждения Земли и других небесных тел. Основное положение развиваемой геодинамической концепции состоит в том, что планеты, спутники и Солнце представляют собой системы оболочек (ядро, мантия и др.), которые совершают один относительно другого малые поступательно-вращательные движения, и с ними происходят деформационные и иные изменения под гравитационным влиянием всех окружающих небесных тел. Выполненные исследования фактически решают энергетический вопрос в жизни планет и спутников. В частности, мощность диссипации упругой энергии мантии для наблюдаемых движений и колебаний центра масс (и ядра), по нашим оценкам может составлять, 1000...10000 тераватт (ТВт). Это гигантское значение мощности с лихвой объясняет всю эндогенную деятельность и геодинамическую активность Земли. Энергия черпается из орбитальных движений небесных тел. Рассматриваемая геодинамическая модель относительных смещений и колебаний ядра и мантии объясняет основные свойства планетарных процессов на Земле и других планетах, спутниках и Солнце: цикличность, единство, синхронность, инверсию, полярную активность, скачкообразность, пилообразность, упорядоченность, скручивание слоев мантии, грушевидность, универсальность. Все отмеченные явления и свойства эндогенной активности небесных тел в докладе иллюстрируются на примере природных процессов на Земле, Солнце, Энцеладе, Титане, Марсе и др.

**Синхронные скачки в процессах и явлениях
на Земле, Луне и Солнце в 1997–1998 гг.
и их единый механизм**

© Ю.В. Баркин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Обсуждается более общее наблюдаемое явление — синхронных скачкообразных изменений природных процессов и явлений, происходящих на разных телах Солнечной системы (в данной работе — на Земле, Луне и Солнце), предсказанное автором в 2000 г., на основе геодинамической модели вынужденных относительных колебаний смещений оболочек небесных тел под влиянием гравитационного воздействия со стороны окружающих небесных тел. Обсуждаются скачкообразное изменение значения динамического коэффициента упругости Земли и скачок в относительном положении лазерных рефлекторов и центра масс Луны и Земли в 1997–1998 гг. Дается интерпретация изменений разности наблюдаемого радиуса Солнца и его эфемеридного (расчетного) значения также в 1997–1998 гг.

Новые интегрируемые случаи уравнений Эйлера, возникающих в классических задачах математической физики*

© Ю.Д. Плешаков

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассматриваются классические задачи математической физики:

- о движении многосвязного тяжелого твердого тела в идеальной жидкости — задача Кирхгофа;
- о движении заряженного тяжелого твердого тела в однородном постоянном магнитном поле и осесимметричном потенциальном силовом поле — задача Гриоли.

Найдены новые интегрируемые случаи при наличии в гамильтониане матриц параметров общего диагонального вида. Показано, что в том случае, когда матрицы параметров приводятся к диагональному виду, то на элементы приведенных к диагональному виду матриц никаких ограничений не накладываемся: все девять параметров независимы и могут принимать любые значения.

Получены новые интегрируемые случаи в классической задаче тяжелого твердого тела, несущего гириостат и совершающего движение в осесимметричном силовом поле, при произвольном тензоре инерции твердого тела и произвольном расположении центра масс. Найденные решения включают в себя в качестве частных результатов классические случаи А. Клебша, А.М. Ляпунова, В.А. Стеклова, а также обобщают случаи Ж. Лагранжа, С.В. Ковалевской и С.А. Чаплыгина.

* Полный текст статьи «Новые интегрируемые случаи в задаче о движении тяжелого твердого тела в идеальной несжимаемой жидкости» см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1188.html>

Об устойчивости периодических решений гамильтоновых систем

© А.А. Панкратов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассматривается гамильтонова система вида

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\partial F}{\partial \phi^T}, \quad \frac{d\phi}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial I^T},$$
$$\frac{dJ}{dt} = \frac{\partial F}{\partial \psi^T}, \quad \frac{d\psi}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial J^T};$$

$$I = (p_1, \dots, p_l)^T, \quad J = (p_{l+1}, \dots, p_N)^T, \quad p^T = (p_1, \dots, p_N) = (I^T, J^T),$$

$$\phi = (q_1, \dots, q_l)^T, \quad \psi = (q_{l+1}, \dots, q_N)^T, \quad q^T = (q_1, \dots, q_N) = (\phi^T, \psi^T),$$

$$F(p, q, t, \mu) = F_0(I) + \mu F_1(p, q, t) + \mu^2 F_2(p, q, t) + \dots,$$

где μ — малый параметр.

При выполнении известных (в том числе и полученных автором) достаточных условий существования данная система допускает периодические решения. Изучена структура разложения характеристических показателей рассматриваемых периодических решений в ряды по целым и дробным степеням малого параметра. Получены алгебраические формулы для нахождения основных коэффициентов в разложениях, соответствующих характеристических показателей, даны необходимые условия устойчивости, исследуемых периодических решений и их интерпретация.

Секция 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ,
ОПТИМИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА
МЕХАНИЧЕСКИХ
И ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Руководители: чл.-корр. РАН А.П. Крищенко,
д-р физ.-мат. наук, проф. В.В. Лапшин*

**Управление ориентацией двух шарнирно соединенных
тел в безопорной фазе движения***

© В.В. Лапшин¹, Г.К. Боровин²

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

² ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, 125047, Россия

Исследовано плоское движение двух тел, соединенных цилиндрическим шарниром, в безопорной фазе движения (невесомости). Решена задача минимизации и максимизации времени разворота из заданного начального в заданное конечное положение. Предполагается, что при этом кинетический момент системы относительно центра масс отличен от нуля. Данная задача является простейшей моделью управления ориентацией прыгающего аппарата в безопорной фазе прыжка.

* Полный текст статьи «Задача быстрогодействия при управлении ориентацией двухзвенника в безопорной фазе движения» см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1194.html>

Об одном способе моделирования походки человека*

© А.М. Формальский¹, Г.П. Колесникова²

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, 119991, Россия

² Финансовый университет при правительстве Российской Федерации,
Москва, 125468, Россия

Ходьба человека моделируется движением в сагиттальной плоскости антропоморфного механизма. Механизм содержит пять звеньев — однозвенный корпус и две идентичные ноги, включающие бедро и голень. Ходьба механизма представляет собой последовательность чередующихся одноопорной и двухопорной фаз. Двухопорная фаза считается мгновенной. Движение тазобедренного сустава строится как свободное (баллистическое) движение опрокинутого маятника, а движение конца переносимой ноги — как баллистическое движение обычного маятника. Движение механизма построено в виде функций времени, описывающих изменение углов, которые составляют звенья механизма с вертикалью. После построения движения путем решения прямой задачи динамики найдены силы реакции опоры, приложенные к концу опорной ноги, а также моменты сил, действующие в межзвенных шарнирах во время шага.

Получены результаты моделирования походки человека при следующих физических параметрах: масса — 75 кг, массы бедра и голени — 8,6 и 4,6 кг соответственно; высота корпуса — 0,386 м, длины бедра и голени — 0,41 и 0,497 м соответственно, — а также функции по времени изменения углов, которые составляют звенья механизма с вертикалью.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1181.html>

Гибридные алгоритмы вычислительной диагностики гидромеханических систем

© В.Д. Сулимов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассматриваются задачи идентификации аномалий фазового состава для вычислительных моделей теплоносителя реакторной установки. Входными данными являются измеряемые частоты акустических колебаний двухфазного потока теплоносителя в циркуляционном контуре. Нормальное и аномальное состояния потока характеризуются различными спектрами, следовательно, при диагностировании необходимо одновременно минимизировать разности между сравниваемыми спектральными компонентами. Обратная спектральная задача формулируется с использованием вектора относительных скоростей звука в теплоносителе для выделенных зон контура. Значения переменных управления, минимизирующие функцию рассогласования спектральных компонент, определяют текущий фазовый состав теплоносителя. Возможная недифференцируемость, а также многоэкстремальность функций рассогласования обусловлены появлением кратных собственных частот и неполнотой экспериментальных данных. Предложены гибридные алгоритмы вычислительной диагностики фазового состава теплоносителя. Приведены численные примеры.

Додекапод как современный этап развития пространственных параллельных роботов модульного типа

© С.Н. Саяпин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрены вопросы, касающиеся расширения функциональных возможностей пространственных параллельных роботов. Представлена новая концепция адаптивного мобильного пространственного параллельного робота-манипулятора модульного типа — додекапода (от греч. *dodeka* — двенадцать и *pod* — нога) с двенадцатью степенями свободы (12 d.o.f.). Додекапод выполнен в виде октаэдрного модуля: каждое из двенадцати его ребер снабжено линейным приводом, концы которого шарнирно соединены с вершинами октаэдра. Показаны преимущества додекапода по сравнению с гексаподом и возможные области его эффективного применения. Додекаподы, наделенные элементами искусственного интеллекта, могут функционировать как автономно, так и коллективно в составе роевых робототехнических систем. При этом они способны объединяться друг с другом с образованием активных параллельных линейных и поверхностных интеллектуальных структур. Благодаря своей универсальности и широким функциональным возможностям додекапод может быть использован как на макроуровне для эксплуатации, например, в наземной, подземной, авиационно-космической и медицинской технике, так и на микроуровне.

Спирально-компрессионный метод для эффективной остановки кровотечения из варикозно-расширенных вен пищевода

© С.Н. Саяпин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Борьба с кровотечениями из варикозно-расширенных вен пищевода (ВРВП) остается трудной и до конца не решенной задачей. По данным литературы, повсеместно в медицинской практике применяются два основных метода лечения: консервативный (для временной или окончательной остановки кровотечения) и хирургический (для проведения операции на высоте кровотечения), а также их комбинации. При этом следует отметить, что оперативное вмешательство, даже в минимальном объеме, является труднопереносимым и дающим высокий процент осложнений. Приводится классификация методов и средств, применяемых в современной практической медицине для остановки и лечения кровотечений из ВРВП. В настоящее время для остановки кровотечения из ВРВП широко применяется метод баллонной тампонады, в котором компрессия вен и остановка кровотечения достигаются за счет накачивания баллона внутри пищевода. При этом перекрывается вся поврежденная область пищевода, что исключает доступ к ране для проведения диагностики и эндоскопических манипуляций. Возникающие при применении данного метода осложнения являются дополнительными причинами высокой смертности для этой категории больных.

Представлена новая концепция спирально-компрессионного метода, реализуемая с помощью трансформируемого зонда. Эффективность представленной концепции обусловлена тем, что компрессия вен пищевода и остановка кровотечения обеспечиваются витками сверхупругой спирали после ее развертывания внутри пищевода. В отличие от метода баллонной тампонады, после компрессии данная спираль оставляет просвет пищевода свободным для эндоскопических манипуляций, в частности для визуального контроля эффективности остановки кровотечения и проведения склеротерапии. Установка спирали в пищеводе и ее извлечение могут осуществляться с помощью как эндоскопа со скользящей манжетой, так и трансформируемого зонда, обеспечивающего управляемость и снижение травматизма. При этом пациент с установленной спиралью сохраняет мобильность в лечебном учреждении. Эти особенности спирально-компрессионного метода способны обеспечить ему неоспоримые преимущества в практической медицине.

Условие управляемости аффинной системы с векторным управлением

© Д.А. Фетисов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассматривается проблема существования решений терминальных задач для многомерных аффинных систем, не линеаризуемых обратной связью. Рассматриваемая система гладкой невырожденной заменой переменных преобразуется к специальной канонической форме — регулярному квазиканоническому виду. Доказывается необходимое и достаточное условие существования решений терминальных задач для регулярных систем квазиканонического вида. Устанавливаются условия, при выполнении которых терминальная задача для регулярной системы квазиканонического вида с одномерной нулевой динамикой имеет решение для любых граничных условий и любого конечного интервала времени. Тем самым доказываются условия управляемости для указанного класса систем.

**Исследование кинематикой траектории
твёрдого тела, реализуемой квазиоптимальным
алгоритмом управления**

© М.А. Велищанский

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассматривается квазиоптимальный алгоритм управления угловым положением космического аппарата (КА), переводящий его из произвольного начального положения в конечное положение покоя за заданное время. В работе КА рассматривается как твёрдое тело. Приводятся условия, при которых синтезируемое программное управление задаёт плоский поворот космического аппарата. Программное управление строится на основе концепции обратных задач динамики. Показано, что в общем случае программное управление задаёт пространственный разворот КА. Приведены частные случаи, когда полученные условия имеют простую интерпретацию. Приводятся результаты численного моделирования, подтверждающие полученные теоретические результаты.

Об альтернативном способе вывода матричного неравенства Б.С. Разумихина*

© А.В. Горбунов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Предложен альтернативный способ вывода достаточного условия асимптотической устойчивости для линейной системы с запаздыванием. Для этой цели используется оценка решений линейного скалярного дифференциального неравенства, выписанная для значений положительно определенной квадратичной функции на траекториях рассматриваемой системы. Найденное таким способом условие асимптотической устойчивости линейной системы с запаздыванием совпало с известным ранее условием, являющимся следствием теоремы Б.С. Разумихина об асимптотической устойчивости.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1179.html>

Построение автоматического управления горизонтальным движением вертолета*

© Ю.С. Белинская

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В докладе рассматриваются дифференциально-геометрические подходы к решению задачи терминального управления прямолинейным горизонтальным движением вертолета из одного положения равновесия в другое. Рассматриваемая модель движения вертолета является простой, но не плоской динамической системой. С помощью конечной симметрии начальные условия преобразуются в конечные. Таким образом, удается снизить размерность исходной задачи, уменьшив количество граничных условий на правом конце отрезка. При этом управление выбирается в виде разрывной функции времени. Для решения полученной упрощенной задачи терминального управления используется метод накрытий. При этом время окончания движения считается не фиксированным. В результате все время движения разбивается на четыре этапа: на первом система выводится из состояния равновесия, далее применяется метод накрытий, а управление на третьем и четвертом этапах является зеркальной симметрией управлений на втором и первом этапах соответственно. Полученная зависимость состояния от времени является гладкой, а управления от времени — кусочно-гладкой, так как управление за все время движения получено склейкой управлений на разных этапах. Результаты математического моделирования демонстрируют эффективность обоих используемых методов.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1175.html>

Автоматическое построение траектории движения автомобиля при смене полосы

© Т.В. Фролова, С.Б. Ткачев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассматривается задача автоматического построения траекторий для автомобиля, снабженного автономной системой навигации и контроля окружающего пространства. Излагается алгоритм построения траектории, по которой автомобиль может переместиться из правой полосы в левую с учетом маневров остальных участников движения. Приводятся результаты численного моделирования.

Оптимальные траектории систем канонического вида*

© Г.А. Нефедов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Для модели двухколесного робота с дифференциальным приводом рассматривается задача стабилизации движения вдоль заданного пути. При проектировании транспортного средства часто бывает проблематично использовать регуляторы, поддерживающие заданную скорость вращения колеса, вследствие их сложности и дороговизны, Гораздо проще выдержать заданные вращательные моменты. Поэтому для стабилизации движения вдоль заданного пути используется динамическая модель колесного робота. Исследуется приводимость модели колесного робота с дифференциальным приводом к квазиканоническому виду, определяются все возможные функции, позволяющие его получить. На основе этого вида с использованием метода виртуальных выходов решается задача стабилизации движения вдоль заданного пути. Исследуется возможность использования на практике полученного в предположении об отсутствии проскальзывания колес закона управления, оценивается качество его работы на модели, учитывающей проскальзывание.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1186.html>

Секция 3. ПРИКЛАДНАЯ
АЭРО- И ГИДРОДИНАМИКА

*Руководители: д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.Д. Чашечкин,
д-р техн. наук, проф. П.М. Шкапов*

**Динамика течений
с ограниченной искусственной газовой каверной
в потоке жидкости**

© П.М. Шкапов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Дается описание особенностей формирования и развития течений с искусственной газовой каверной в гидравлической магистрали. Отмечено, что наиболее интенсивные пульсации возникают в гидролинии в случае замыкания искусственной каверны на расположенном ниже по потоку местном гидросопротивлении типа дроссельной шайбы. Такая ограниченная газовая каверна является самовозбуждающимся источником возмущений в связанной колебательной системе «каверна — трубопровод». Проанализированы результаты экспериментальных исследований структуры каверны при колебаниях в системе. Предложена математическая модель процесса автоколебаний.

Волны Фарадея в гидродинамическом эксперименте

© В.А. Калиниченко

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Обсуждаются результаты экспериментов с волнами Фарадея при изучении влияния топографии дна на характеристики длинных стоячих гравитационных волн на свободной поверхности воды в прямоугольном сосуде и на процесс формирования пространственно упорядоченной тонкой структуры в первоначально равномерной взвеси мелких частиц в поле стоячих двумерных поверхностных гравитационных волн в прямоугольном сосуде, колеблющемся в вертикальном направлении. Рассматривается взаимодействие стоячих поверхностных гравитационных волн с имеющим горизонтальную степень свободы прямоугольным сосудом при параметрическом резонансе.

Светоизлучение и электрические процессы в кавитирующем потоке минерального масла

© В.Н. Пильгунов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В процессе исследования потока минерального масла в прозрачной модели диафрагменного дросселя обнаружено устойчивое светоизлучение в голубой части цветового спектра. Светоизлучение возникает и локализуется в зоне *зарождения* кавитационных каверн на острой кромке диафрагменного дросселя в момент появления кавитационного тора, где абсолютное давление понижено, а не в зоне *замыкания* кавитационных каверн, где абсолютное давление намного больше и возможны термодинамические процессы. Светоизлучение продолжается до начала режима суперкавитации и прекращается при развитой суперкавитации. Начало и окончание процесса светоизлучения определяются уровнями давлений в подводе и отводе дросселя, определяющими перепад давлений на нем и скорость в сжатом сечении. В процессе светоизлучения присутствует гистерезис. Яркость светоизлучения возрастает по мере увеличения скорости потока: по достижении порогового значения скорости светоизлучение становится пульсирующим и при дальнейшем ее увеличении прекращается. Эксперименты показали наличие в кавитирующем потоке минерального масла интенсивных электрических процессов. Созданная экспериментальная установка позволила осуществить количественную оценку электрических процессов и произвести видеосъемку светоизлучения в его динамике.

В целях выявления причин появления электрических процессов и роли материала стенок канала в этих процессах был изготовлен *комбинированный дроссель*, в котором подвод и сам диафрагменный дроссель были выполнены из *металла* и *заземлены*, а отвод — из прозрачного оргстекла. Электрические процессы сохранились с прежней интенсивностью. Предложена версия, согласно которой, условия совместного существования в потоке минерального масла электрических зарядов и больших растягивающих напряжений могут стать причиной возникновения светоизлучения достаточной интенсивности. Высказаны предположения о возможных последствиях воздействия электрических процессов на рабочую жидкость и на материалы стенок узких каналов элементов и устройств гидроавтоматики. Электрокинетические свойства потока минерального масла в узких каналах, рабочая версия природы наблюдаемых электрических процессов и причин светоизлучения изложены в тексте доклада и в ранее опубликованных автором работах.

Гравитационная конвекция суспензий со всплывающими частицами

© Ю.А. Невский

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассматривается процесс гравитационной конвекции суспензий с плотностью частиц, много меньшей плотности несущей фазы. На основе общей модели гравитационной конвекции суспензий получена математическая модель, описывающая движение смеси со всплывающими частицами, определен набор параметров подобия, определяющий особенности возникающего течения. Рассмотрены и проанализированы различные предельные случаи значений параметров подобия.

Произведено численное моделирование процесса гравитационной конвекции суспензий со всплывающими частицами в двумерном случае. Рассмотрены две модели обмена импульсом между фазами: при бесконечно малых и конечных числах Рейнольдса обтекания частиц.

Приведены примеры параметрических численных расчетов. Произведено сравнение и проанализированы качественные изменения результатов компьютерного моделирования процессов гравитационной конвекции суспензии со всплывающей примесью при вариации параметров подобия.

О физическом смысле числа Рейнольдса и других критериев гидродинамического подобия*

© К.А. Макаров

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Для описания явлений природы на научном уровне используемые понятия и термины должны удовлетворять определенным требованиям, среди которых важнейшую роль играет однозначность, логическая непротиворечивость и удобство использования как в научно-познавательной, так и в прикладной деятельности. Одним из средств достижения этого является установление четкого физического смысла используемых величин — интерпретация формальных соотношений применительно к свойствам реальных объектов. Задача выяснения четкого физического смысла является актуальной даже для таких, базовых, широко используемых величин, как число Рейнольдса, число Фруда и др.

На сегодняшний день в технической гидравлике широко распространена интерпретация числа Рейнольдса как отношения сил инерции к силам вязкого трения. Такая интерпретация не может считаться удовлетворительной, поскольку число Рейнольдса широко используется для описания стационарных течений жидкости в инерциальных системах отсчета. А сила инерции в инерциальных системах отсчета не существует по определению. Парадокс установившейся интерпретации числа Рейнольдса особенно ясно проявляется при рассмотрении стационарного течения несжимаемой вязкой жидкости в прямолинейном канале постоянного поперечного сечения.

В теоретической гидродинамике число Рейнольдса вводится чисто математически как параметр, получаемый при обезразмеривании уравнений Навье — Стокса. При этом вопросу о физическом смысле этого параметра должного внимания не уделяется.

В настоящей работе предлагается логически строгая интерпретация числа Рейнольдса как отношение потока импульса жидкости, заключенной в объеме единичной длины вдоль по потоку, к силе вязкого трения на единице длины вдоль по потоку. При такой интерпретации также снимается противоречие между «энергетической» и «силовой» трактовкой физического смысла числа Рейнольдса. В работе рассмотрен физический смысл других параметров гидродинамического подобия.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1185.html>

Динамика упругих фазоразделяющих элементов, взаимодействующих с жидкостью

© А.А. Пожалостин, Д.А. Гончаров

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Практически на всех этапах полета летательного аппарата фазоразделители работают в динамических режимах, под которыми обычно понимают всю совокупность случаев, когда разность давлений газа и жидкости на фазоразделителе (или жидкости с обеих его сторон) содержит как статическую, так и динамическую составляющие. Результаты отработки ряда конструкций фазоразделителей или их моделей показывают, что для характерных условий их работы динамическая разность давлений на фазоразделителе достаточно значительна. Отсутствие ее учета может обусловить неработоспособность конструкции.

Рассматриваются различные математические модели взаимодействия упругих фазоразделяющих элементов с жидкостью. Формулируются граничные условия для краевой задачи, исследуются малые колебания.

Особенности определения изменения давления в трубопроводе при его закрытии*

© Н.И. Бондаренко, Ю.И. Терентьев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассматривается неустановившееся движение идеальной сжимаемой жидкости в однородной упругой прямой трубе, вызванное срабатыванием отсечного устройства.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1176.html>

Секция 4. ДИНАМИКА РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*Руководители: д-р техн. наук, проф. В.В. Кокушкин,
д-р техн. наук, проф. С.Н. Саяпин*

Подход к расчету процесса мягкой посадки спускаемого аппарата при контакте с грунтом

© В.В. Кокушкин¹, С.Н. Борзых², В.В. Воронин², Ю.Н. Щиблев²

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

² РКК «Энергия», Королёв, 141070, Россия

Предложен подход к моделированию и расчету процесса мягкой посадки спускаемого аппарата (СА) на заключительном этапе функционирования — при контакте с грунтом посадочной поверхности. СА снабжен механическим посадочным устройством оригинальной конструкции, обеспечивающим рассеяние его остаточной кинетической энергии и выполнение ряда специфических требований и ограничений на процесс посадки: неперевышение перегрузкой некоторых предельных значений, исключение контакта днища и корпуса аппарата с поверхностью, устойчивое движение от момента первого контакта с грунтом до полной остановки, требуемая ориентация после остановки.

Изложены особенности процесса посадки, цели расчета и анализа. Дана расчетная схема. Корпус СА и элементы его посадочного устройства (штоки, стойки, подкосы, тарели) рассматриваются как отдельные тела, для каждого из которых записываются уравнения движения. Действие других тел на данное учитывается в виде главных векторов сил и моментов реакций связей, характер которых определяется конструктивными особенностями посадочного устройства. Получены специальные уравнения для определения реакций связей.

Возможности подхода проиллюстрированы примерами расчета процесса посадки для конкретных начальных условий, свойств грунта, ориентации посадочной поверхности и т.д. Рассмотрена также оригинальная модификация посадочного устройства с использованием тросовых связей.

Реконструкция вращательного движения космического аппарата с помощью фильтра Калмана по данным бортовых измерений векторов угловой скорости и напряженности магнитного поля Земли

© В.А. Панкратов¹, В.В. Сазонов²

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

² ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, 125047, Россия

Предложена методика определения вращательного движения спутника по данным бортовых измерений векторов угловой скорости и напряженности магнитного поля Земли. Методика использует только уравнения кинематики твердого тела и пригодна для определения как управляемого, так и неуправляемого движения спутника вокруг центра масс при любых действующих на него внешних механических моментах.

Продольные колебания РН тяжелого класса в условиях дополнительных гидродинамических связей между ступенями

© М.И. Дьяченко, А.Н. Темнов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Перспективная модернизация ракет тяжелого класса за счет повышения массово-инерционных характеристик — важная задача для развития ракетно-космической техники. Одним из способов ее реализации является рациональное использование содержимого топливных баков за счет наиболее полного заполнения баков центрального блока (ЦБ) к моменту отделения боковых блоков (ББ).

Подробно рассмотрено перераспределение топлива между ступенями в условиях, обеспечивающих надежную работу двигателя и системы контроля топлива посредством регулирования расхода «О» в ЦБ дисковым затвором и дренажом бака «О» для исключения повышения давления. Данная задача может быть реализуема за счет перепада давления между баками ББ и ЦБ.

Математическая модель РН представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающую продольные колебания механической системы, состоящей из тонкостенных стержней, соединенных упругими и гидравлическими связями. Исследовано влияние перераспределения жидкого топлива на устойчивость продольных колебаний рассматриваемой гидромеханической системы.

Исследование устойчивости движения ракет-носителей на этапе проектирования

© А.Д. Мухин, А.Н. Темнов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Предложен метод автоматизации исследования влияния параметров компоновки изделия на устойчивость движения ракет-носителей на этапе проектирования. Анализ выполняется с помощью построения областей устойчивости ракеты в пространстве параметров ее компоновки, а именно, координат расположения баков с топливом. При этом учитывается изменение положений не только колеблющихся масс топлива, но и тех, что не участвуют в колебаниях, но влияют на общие массово-инерционные характеристики изделия.

Эквивалентная механическая модель ракеты-носителя представляет собой твердое тело, массово-инерционные характеристики которого соответствуют массово-инерционным характеристикам «сухого» изделия с закрепленными на нем маятниками, соответствующими колеблющимся массам топлива, и неподвижными грузами, соответствующими массам топлива, не участвующим в колебаниях. Приведены результаты анализа для систем с одним, двумя и четырьмя осцилляторами.

К анализу систем ориентации деформируемых космических аппаратов*

© Л.В. Северова, С.П. Северов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассматриваемая задача ставится следующим образом. Имеется космический аппарат (КА) с выносными упругими элементами типа солнечных батарей. Основные проектные параметры КА и динамические характеристики (формы, частоты и декременты) предполагаются теоретически определенными и экспериментально подтвержденными летными или наземными имитационными испытаниями.

КА имеет систему датчиков, определяющих его ориентацию относительно направления на заданный небесный объект, а также активный комплекс исполнительных органов — двигателей. Аппарат должен поддерживать заданную ориентацию в определенно малой области отклонений. На стадии предварительного проектирования требуется синтезировать нелинейную систему ориентации деформированного аппарата. Отличительными признаками работы являются направленность на использование ротора-маховика в качестве исполнительного органа и метода фазовой полиплоскости для алгоритмизации процессов управления ориентацией. В работе представлены, в соответствии с условиями метода фазовой биплоскости, переносное движение аппарата, на одном листе и относительного движения солнечных батарей на втором листе фазовой биплоскости.

Полученные результаты могут быть использованы для выявления замкнутых предельных циклов автоколебаний, а также для оценки точности ориентации аппарата.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/rocket/1190.html>

К задаче параметрической оптимизации механической системы со случайными параметрами

© Г.М. Тушева, Н.В. Борохова, Г.М. Максимов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Оптимизация параметров механической системы формулируется как задача нелинейного программирования. Для описания динамического поведения системы используется обыкновенное векторное нелинейное дифференциальное уравнение в форме Коши. Часть параметров механической системы и внешнего воздействия являются случайными с известными вероятностными характеристиками. Допускается, что нелинейные члены в уравнении движения не имеют особенностей.

В такой постановке задачи параметры качества механической системы (например, перемещения, ускорения, внутренние силовые факторы, время переходного процесса и т.д.), определяющие целевой функционал и ограничения, оказываются случайными. В этом случае при решении часто используются моментные характеристики параметров качества, причем в рамках корреляционной теории.

В настоящей работе в качестве целевого функционала и ограничений предлагается использовать квантили, т. е. верхние границы областей разбросов параметров качества при условии, что вероятности попадания в эти области заданы. Например, минимизируется верхняя граница области разброса перемещения какого-либо элемента системы при условии, что верхние границы остальных параметров качества, включая модули ускорений, не должны превышать заданных значений с заданной достаточно высокой вероятностью.

Параметры качества системы разлагаются в степенные ряды по случайным вариациям параметров до квадратических членов включительно. Для вычисления функций чувствительности фазовых координат применяется матричный алгоритм, основанный на интегро-степенных рядах и позволяющий избежать известной громоздкой процедуры интегрирования цепочных систем дифференциальных уравнений относительно функций чувствительности. Такой способ решения экономичен в отношении затрат машинного времени. На каждом шаге итерации квантили определяются методом Монте-Карло с достаточно большим числом реализаций применительно к полученным разложениям, что также не связано с большими затратами машинного времени. Оптимизационная процедура реализуется с помощью метода деформируемого многогранника Нельдера — Мида.

В качестве примера решается задача минимизации хода системы амортизации упругого объекта, имеющего шесть степеней свободы. Внешнее ударное воздействие зависит от двух случайных параметров; позиционная и скоростная характеристики амортизатора также определяются двумя случайными параметрами.

Секция 5. ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Руководитель д-р техн. наук, проф. А.А. Пожалостин

Колебания систем с трением*

© А.А. Пожалостин, Б.Г. Кулешов, А.В. Паншина

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В данном сообщении рассмотрены две модели сухого трения (и их использование при рассмотрении колебаний механических систем (к.с.)). Одна из них применена к вынужденным колебаниям системы с одной степенью свободы в классическом учебнике по теории колебаний С.П. Тимошенко, в этой модели сухое трение не зависит от скорости скольжения к.с. Во второй модели трения величина сил трения зависит от скорости скольжения в к.с., например, маятник Фроуда — Жуковского. Данный случай представлен в учебнике по теории колебаний С.П. Стрелкова. Автор показал, что эти два подхода можно распространить на колебания одномерных упругих систем.

* Полный текст статьи «Расчет малых колебаний упругих систем с трением» см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1187.html>

Исследование вынужденных колебаний с возмущением инерционного вида*

© В.В. Дубинин, В.В. Витушкин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Представлен метод моделирования колебаний различных механических систем с инерционным возмущением с использованием разработанной экспериментальной установки. Приведено описание конструкции этой установки, теоретических основ ее работы, методики проведения исследований колебаний и построения расчетных и экспериментальных амплитудно-частотных (АЧХ) и фазочастотных (ФЧХ) характеристик. Показано, что в силу подобия дифференциальных уравнений движения различных реальных промышленных объектов и рассматриваемой экспериментальной установки возможно ее применение для моделирования процессов колебаний указанных объектов. Приведены параметры подобия, позволяющие осуществлять такое моделирование и получать АЧХ и ФЧХ различных промышленных объектов. Описан пример построения АЧХ некоторой системы с использованием экспериментов, проведенных на лабораторной установке.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1178.html>

Исследование динамических характеристик отрезной фрезы переменного профиля

© А.Ю. Карпачев, С.М. Николаев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Приведены результаты расчетно-экспериментального изучения собственных форм и частот колебаний корпуса тонкой отрезной фрезы с переменной вдоль радиального направления толщиной. Моделирование фрезы выполнено двумя методами.

Первый метод предполагает использование классических уравнений теории круглых пластин, преобразованных для исследования динамических характеристик дисков с переменными параметрами. Второй способ расчета заключается в применении метода конечных элементов в трехмерной постановке.

Экспериментальное исследование динамических характеристик фрезы проводится с помощью лазерного сканирующего виброметра Polytec PSV-3D, принцип работы которого основан на эффекте Доплера. Экспериментально получены собственные частоты и формы колебаний исследуемого объекта.

Проведено сопоставление результатов расчетов обоими методами. Выполнено сравнение динамических характеристик объекта, полученных экспериментально, с результатами моделирования.

О применении нейросетевого подхода в решении задач теплопроводности

© Д.А. Крылов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрены различные подходы к решению задач теплопроводности, особое внимание уделено применению нейронных сетей. Предложен способ применения RBF-сетей, при котором искомая зависимость температуры от времени и координат аппроксимируется с помощью радиальных базисных функций. Обучение проводится путем минимизации функционала, учитывающего начальные и граничные условия, поиск минимума проводится путем подбора параметров нейросети. В случае необходимости учета фазового перехода или источников/стоков тепла функционал дополняется соответствующими условиями. В докладе рассмотрены способы решения конкретных прикладных задач теплопроводности с помощью нейросетевого моделирования, возникающие при таком моделировании проблемы, а также сравнение с классическими численными методами.

**Исследование начального
напряженно-деформированного состояния
волоконистых композиционных материалов,
возникающего при его изготовлении***

© С.Л. Косачев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Представлен аналитический метод расчета структурных технологических остаточных напряжений в волокнистом композиционном материале (ВКМ), основанный на использовании модели регулярно армированного ВКМ, геометрия и напряженное состояние которого полностью определяются микроструктурой фундаментальной ячейки. Приведены результаты расчетов для стеклопластика с гексагональной решеткой по предложенной методике.

* Полный текст статьи «Моделирование структурных технологических напряжений в волокнистых композиционных материалах» см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/mathmodel/material/1182.html>

Расчет нагрузок на несущую систему большегрузного автомобиля-самосвала*

© Ю.Н. Барышников

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Разработаны математические модели и программа для расчета нагрузок, действующих на несущую систему автомобиля-самосвала. Программа реализует итерационный метод Ньютона в сочетании с методом пошагового изменения параметров. Исследованы реакции на раму от направляющего аппарата подвески при наезде на неровность и от платформы при разгрузке. Предложены пути снижения указанных нагрузок. Результаты расчетов использованы для анализа напряженного состояния рамы карьерного самосвала. Даны рекомендации по применению различных конечно-элементных моделей рамы. Приведены сравнительные результаты численных и натуральных экспериментов. Полученные результаты могут быть полезны в расчетах на прочность несущих систем транспортных средств.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1174.html>

Особый случай малых вынужденных колебаний линейной упругой механической системы*

© Г.М. Тушева, О.Н. Тушев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Анализируются стационарные изгибно-крутильные колебания прямолинейного стержня в линейной постановке. Показано, что крутильные колебания этого простого объекта происходят с частотой, отличной от частоты возбуждения, в окрестности некоторого постоянного угла закрутки, не равного нулю. Результаты иллюстрируются примером.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/eng/teormech/1192.html>

Динамическое нагружение камеры сжатия и ствола баллистической установки

© В.В. Дубинин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Дано решение задачи определения напряженно-деформированного состояния (НДС) полого цилиндра при его нагружении бегущей и радиальной нагрузками. Эта задача моделирует поведение камеры сжатия и ствола баллистических установок, используемых для разгона элементов до высоких скоростей, имитирующих космические объекты.

Представлены решения определения НДС цилиндра для каждой нагрузки отдельно. Методом суперпозиции этих решений получено решение определения НДС цилиндра при совместном нагружении этими нагрузками.

С помощью расчетных программ представлены зависимости выбираемых геометрических размеров камеры сжатия и ствола от геометрии импульса давления, скорости его движения.

Бегущий импульс имеет прямоугольный профиль, радиальное давление изменяется по времени по закону косинуса.

Нагружение происходит внутри полости цилиндра, бегущий импульс давления движется с постоянной скоростью. Критерием выбора размеров конструкций является отсутствие пластических деформаций в цилиндре.

Дан метод расчетов, позволяющий создать обобщенные зависимости, с помощью которых приводятся не только поверочные расчеты, но и определяются оптимальные параметры конструкции. Приведены расчеты для реальных действующих установок.

Секция 6. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

Руководитель д-р физ.-мат. наук, проф. Ю.И. Димитриенко

Конечно-элементное моделирование нестационарного внутреннего теплообмена в теплозащитных конструкциях

© Ю.И. Димитриенко, А.И. Балакшин, М.Н. Коряков

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Работа посвящена численному расчету температурного поля, распределения порового давления, а также переменного фазового состава композиционного материала в теплозащитных конструкциях при воздействии высоких температур с учетом процессов терморазложения матрицы композита и фильтрации газов в порах.

Предложен метод конечно-элементного расчета внутреннего нестационарного теплопереноса в трехмерных теплозащитных элементах конструкций, разработан специализированный программный модуль, реализующий численный конечно-элементный метод решения задачи внутреннего теплопереноса в трехмерных элементах конструкций из композитных термодеструктурирующих материалов. Представлены результаты тестирования разработанного метода и программного модуля, показывающие работоспособность метода и применимость его для решения задач исследования нестационарных режимов нагрева теплозащитных конструкций.

**Конечно-элементное моделирование
микронапряжений и высокотемпературной прочности
композитов на основе алюмо-хромофосфатных
связующих**

© Ю.И. Димитриенко, С.В. Сборщиков, Е.С. Еголева, А.А. Матвеева
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Разработана математическая многоуровневая модель для расчета упруго-прочностных характеристик тканевых композиционных материалов на неорганическом алюмо-хромофосфатном связующем при высоких температурах, которая учитывает процессы физико-химических превращений, протекающих в алюмо-хромофосфатном связующем и стеклянных волокнах при высоких температурах. Проведено сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными, показано, что разработанная модель позволяет прогнозировать сложный нелинейный характер изменения прочностных свойств неорганических композитов при нагреве до 1600 К. Разработанная модель может быть применена для прогнозирования изменения прочностных характеристик композиционных материалов на неорганической матрице при сложных режимах нагрева.

Численное решение трехмерных задач газовой динамики методом RKDG

© Ю.И. Димитриенко, М.Н. Коряков, А.А. Захаров

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В настоящее время математическое моделирование широко используется в газовой динамике. Для решения системы уравнений Эйлера наибольшее распространение получили конечно-разностные схемы второго порядка (Мак-Кормака, TVD, ENO). Но все подобные конечно-разностные методы имеют существенный недостаток — высокую чувствительность к качеству сетки. Чтобы получить решение, сетка должна быть гладкой во всей расчетной области (матрицы Якоби не должны иметь разрывов). Данное условие очень трудно выполнить при рассмотрении реальных летательных аппаратов со сложной геометрией, например, на асимметричном конусе с эллиптической верхней поверхностью. Указанного недостатка лишены конечно-объемные методы на неструктурированных сетках.

В данной работе используется метод RKDG (Runge-Kutta Discontinuous Galerkin) второго порядка точности, применяемый к тетраэдральным элементам. Апробация метода произведена на ряде тестовых задач (задача распада разрыва, течение в канале со ступенькой, обтекание сферы), на каждой из которых получены качественные результаты.

К достоинствам описанного метода можно отнести второй порядок точности, монотонность решения, компактность шаблона, отсутствие требования гладкости сетки. Таким образом, метод RKDG может быть успешно применен к решению сложных инженерных задач в области аэродинамики.

Конечно-элементное моделирование локальных процессов переноса в пористых средах

© Ю.И. Димитриенко, А.И. Левина

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

На основе модели периодических структур и метода асимптотических разложений разработан конечно-элементный метод решения задачи газовой динамики на ячейке периодичности пористой структуры, описывающей распределение скоростей движения газа и давления внутри отдельной поры. Исследованы особенности локальных процессов переноса в порах со сложной геометрией, а также вычислительные погрешности метода конечных элементов применительно к рассмотренным задачам.

В результате исследований, дана вариационная формулировка локальной задачи газовой динамики на ячейке периодичности, а на ее основе разработан метод конечного элемента для решения этой задачи. Проведенные численные исследования показали, что итерационный метод QMR приводит к значительно меньшей вычислительной погрешности, чем метод Гаусса. К такому же результату приводит использование нерегулярных КЭ сеток. Наилучшие же по точности результаты удается получить с помощью адаптивной КЭ сетки. С помощью численного моделирования показано, что в рамках рассмотренных допущений модели течения форма пор незначительно влияет на характер локального течения в поре, скорость течения главным образом определяется диаметром сквозного канала в поре.

Моделирование нелинейных оптических свойств композиционных материалов

© Ю.И. Димитриенко, М.Н. Маркевич

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Нелинейные оптические свойства композиционных материалов описываются нелинейными дифференциальными уравнениями электродинамики и магнитостатики с быстроосциллирующими коэффициентами. Поскольку численное решение уравнений такого типа затруднено, расчет тензоров эффективных нелинейной диэлектрической и магнитной проницаемостей сильно неоднородных сред предложено осуществлять с помощью метода асимптотического осреднения гетерогенных структур. Формируются серии локальных нелинейных задач электродинамики и магнитостатики с условиями нормировки в виде интегральных уравнений Вольтера I рода и условиями периодичности электрического и магнитного потенциалов на V_ξ . Установлены нелинейные зависимости действительной и мнимой компонент эффективной диэлектрической проницаемости от объемной доли включений φ_f композита с 3D ортогонально-армированной структурой и диэлектрические потери для композита с мелкодисперсным наполнителем.

**Численное моделирование
нестационарных процессов горения
в камерах сгорания РДТТ на основе схем TVD**

© Ю.И. Димитриенко, М.Н. Коряков, А.А. Захаров, А.С. Строганов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Предложен численный алгоритм решения нестационарных задач газодинамики горения твердых топлив в камерах сгорания РДТТ на основе ленточных адаптивных сеток (ЛАС) с применением разностных схем TVD. Генерация сеток для областей сложной формы, которая характерна для современных камер сгорания РДТТ, осуществляется в специализированном генераторе сеток, разработанном на кафедре ФН-11. Проведены исследования, показавшие перспективные возможности метода ЛАС на основе схем TVD, позволившие выявить эффекты влияния вязкости продуктов горения на рабочие параметры в камере сгорания, эффект влияния точности численной аппроксимации граничных условий на режимы горения в РДТТ, эффект возникновения незатухающих колебательных режимов в камере сгорания при наличии определенной конфигурации воспламенительного устройства и другие явления.

**Прогнозирование долговечности и надежности
элементов конструкций корпусов
ядерных энергетических установок
на основе конечно-элементного анализа
напряжений и повреждаемости**

© Ю.И. Димитриенко, Ю.В. Юрин, А.А. Прозоровский
МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Предложен метод прогнозирования долговечности и надежности сложных тонкостенных элементов конструкций высокого давления при случайных стационарных нагрузках, длительно воздействующих на конструкцию в процессе ее эксплуатации. Метод основан на сочетании численного статистического моделирования напряженно-деформированного состояния конструкции со случайными характеристиками конструкционных материалов в процессе эксплуатации и модели расчета накопления повреждений и долговечности конструкции при случайных стационарных нагружениях. Для расчета накопления повреждений использован «химический критерий» длительной прочности, а для численного расчета НДС конструкций с учетом деформаций ползучести разработан итерационный метод решения трехмерной задачи механики с использованием метода конечных элементов. Такой итерационный метод совместно с полученными аналитическими выражениями для дисперсии параметра повреждаемости и плотности распределения долговечности конструкции позволяют сократить необходимый объем численного моделирования. В качестве примера применения разработанного метода проведен численный расчет долговечности и надежности характерного элемента конструкции высокого давления ядерной энергетической установки в виде двухслойной сварной конструкции с патрубками.

**Моделирование термонапряжений
в многослойных композитных пластинах
на основе метода асимптотического осреднения
непериодических структур**

© Ю.И. Димитриенко, Д.О. Яковлев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Предложена теория термоупругости тонких многослойных анизотропных композитных пластин, которая построена из уравнений общей трехмерной теории термоупругости путем введения асимптотических разложений по малому параметру, представляющему собой отношение толщины к характерной длине пластины, без введения каких-либо гипотез относительно характера распределения перемещений и напряжений по толщине. Сформулированы рекуррентные последовательности так называемых локальных задач. Приведены примеры решения задач об изгибе многослойной пластины равномерным давлением и неравномерным температурным полем. Сравнение аналитических решений для напряжений в пластине с конечно-элементным трехмерным решением, полученным с помощью комплекса ANSYS.

Секция 7. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ:
МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА

*Руководители: д-р техн. наук, проф. Н.И. Сидняев,
д-р физ.-мат. наук, проф. А.Н. Морозов*

**Метод ускоренной сходимости
в задаче Штурма — Лиувилля**

© Л.Д. Акуленко, С.В. Нестеров

ИПМех. им. А.Ю. Ишлинского РАН, Москва, 119526, Россия

Описан численно-аналитический метод решения задачи Штурма — Лиувилля, который существенно использует связь между длиной интервала, на котором решается эта задача, и величиной собственного числа. Рассмотрены различные тестовые примеры и указан ряд прикладных проблем, решенных указанным методом.

Об асимптотическом поведении решений нелинейных дифференциальных уравнений высокого порядка

© И.В. Асташова

Московский государственный университет экономики,
статистики и информатики, Москва, 119501, Россия

Исследование асимптотического поведения решений нелинейных дифференциальных уравнений вблизи границ их области определения и получение условий существования решений с заданными асимптотическими свойствами — одна из важнейших задач качественной теории дифференциальных уравнений. Эта задача тем более актуальна, что не существует общих методов исследования качественных свойств решений нелинейных дифференциальных уравнений.

В докладе будут описаны методы, которые позволили получить новые результаты об асимптотическом поведении blow-up решений уравнений типа Эмдена — Фаулера высокого порядка и, в частности, доказать существование таких решений с нестепенной асимптотикой. Будет приведена асимптотическая классификация всех решений уравнений третьего и четвертого порядка. Предполагается обсуждение актуальных нерешенных задач.

**Об оценках и асимптотическом поведении
собственных значений сингулярно-возмущенных
краевых задач**

© А.В. Филиновский

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Одной из важных задач спектрального анализа является задача об исследовании спектра оператора, включенного в семейство операторов, зависящее от параметра и содержащее оператор более простой структуры. Эти вопросы относятся к теории возмущений спектра, которая является областью функционального и прикладного анализа. Теория возмущений активно развивается в связи с задачами квантовой механики, микроэлектроники, теории рассеяния и распространения волн.

Актуальным вопросом является исследование поведения собственных значений и собственных функций эллиптических краевых задач, содержащих параметр в граничном условии. Если дифференциальный оператор в краевом условии содержит малый параметр при старшей производной, т. е. при нулевом значении параметра изменяется порядок этого оператора, то соответствующая задача теории возмущений является сингулярной. В настоящее время абстрактная теория возмущений развита не настолько, чтобы включать в себя сингулярную теорию возмущений дифференциальных операторов.

Доклад посвящен свойствам дискретного спектра краевых задач для эллиптических операторов второго порядка при сингулярном возмущении краевого условия с параметром. Будут рассмотрены общие свойства собственных значений как функций параметра, а также получены двусторонние оценки дискретного спектра и асимптотики при малых значениях параметра.

Фазовые переходы первого и второго рода в многокомпонентных системах

© Ю.С. Ильина

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В работе изложены теоретические основы фазовых переходов первого и второго рода, которые наблюдаются в многокомпонентных системах при очень низких температурах, когда существенную роль играет химический состав. Отмечено, что переходы второго рода встречаются в многокомпонентных системах (процессы упорядочивания и разупорядочивания в смешанных смесях). В случае же однокомпонентных систем, с обычными молекулами, показано, что фазовые переходы второго рода связаны всегда с расходимостью рядов. Лишь в частном случае расходимость рядов могла бы привести не к переходам второго рода, а к переходам третьего рода (которые дают горизонтальную ветвь). В более общем случае и для классических систем фазовое состояние зависит от объема. Разложение такого типа является, как известно, исходным пунктом термодинамической теории Ландау фазовых превращений второго рода. В этой теории термодинамический потенциал раскладывается в ряд по степеням параметра, характеризующего степень упорядоченности, равного нулю в одной фазе и отличного от нуля в другой.

Теоретический анализ длиннопериодических колебаний при гиперзвуковых скоростях

© Н.И. Сидняев, П.А. Глушков

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Дан теоретический анализ длиннопериодических (фугоидных) колебаний летательного аппарата, обладающего подъемной силой и совершающего полет с гиперзвуковой (вплоть до первой космической) скоростью в произвольной атмосфере. Причиной рассмотренных колебаний является взаимный переход кинетической энергии в потенциальную при полете по траектории, имеющей колебательный характер и определяемой в первую очередь регулируемым продольным моментом, равным нулю при установившемся полете. Полученные в работе выражения для периода и декремента затухания этих колебаний показывают, что при всех скоростях, близких к скорости звука или превышающих ее, большую роль играет градиент плотности атмосферы, уменьшающий период и увеличивающий декремент затухания длиннопериодических колебаний. Найдено, что с приближением скорости к первой космической уменьшение силы тяжести с высотой преобладает над уменьшением плотности атмосферы так, что с ростом скорости период фугоидных колебаний асимптотически стремится к соответствующему периоду обращения спутника. Кроме того, получены простые аналитические выражения для так называемых короткопериодических колебаний, или колебаний по углу атаки. Показано, что как эти выражения, так и выражения для длиннопериодических колебаний, хорошо согласуются с результатами численного решения.

Методы использования «пробит-функции»

© М.И. Кузьмина

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В ряде западных исследований для расчета размера ущерба используется «пробит-функция» (Pr). Необходимо отметить, что по своей сущности значение Pr является верхним пределом интегрирования функции ошибок Гаусса, иногда называемой «эрфик-функцией» и используемой для оценки вероятности причинения конкретного ущерба Q . В работе отмечается, что на практике применяются два подхода к расчету $Q = \text{erf}(Pr)$ и определению коэффициентов пробит-функции: 1) $Q = \text{erf}_1(Pr = 0)$; 2) $Q = \text{erf}_2(Pr - 5)$. Последнее обстоятельство иногда приводит к сложностям, связанным с совпадением значений ее коэффициентов.

Латинские квадраты в теории планирования эксперимента

© С.А. Говор

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Латинские квадраты могут использоваться в информационных технологиях комбинаторными конфигурациями, при планировании эксперимента в задачах, мультипрограммирования, оптимизации многомерных запоминающих, распознающих и дешифрующих устройств. Латинский квадрат L размера S на множестве A , содержащем S отдельных элементов, есть матрица $S \times S$, в которой каждая строка и каждый столбец содержат каждый элемент множества A точно один раз (I). Трансверсаль квадрата L есть набор S ячеек таких, что содержание их исчерпывает множество A . Каждый столбец и строка L представлены в наборе (II). Диагональным называется квадрат с одинаковыми элементами на диагонали (III, IV).

I	II	III	IV
0 1 2 3	3 0 1 2	0 1 2 3	0 1 2 3
1 0 3 2	1 2 3 0	1 0 3 2	2 0 3 1
3 2 1 0	2 1 0 3	2 3 1 0	1 3 0 2
2 3 0 1	0 3 2 1	3 2 0 1	3 2 1 0

Два $S \times S$ латинских квадрата считаются ортогональными, если при наложении друг на друга каждый символ первого квадрата встретится только один раз с каждым символом второго квадрата. Множество из t взаимно ортогональных L квадратов размера S есть такое множество, в котором любые два квадрата ортогональны.

Методы расчета нагрузок на морские сооружения

© И.Н. Горняков

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В работе кратко изложены расчетные методики для определения внешних природных нагрузок на морские гидротехнические сооружения. Основное внимание уделено рассмотрению различных воздействий окружающей среды на морские гидротехнические конструкции. Исследованы математические модели ветровых и гидродинамических нагрузок. Подробно изложены и классифицированы морские волны. Разработаны математические модели волновых нагрузок на вертикальные колонны и на наклонные цилиндрические элементы. Изложены формулы для изучения сил поддержания. Проанализированы внешние нагрузки от течения. Описаны дополнительные внешние воздействия окружающей среды в виде ледовых нагрузок от завалов. В качестве примера приведены результаты расчетов разработанных математических моделей внешних нагрузок на морские гидротехнические сооружения.

Теория асимптотических рядов и течение в следе осесимметричных тел

© Н.М. Гордеева

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Получено решение задачи для ближнего следа за тонким цилиндром в несжимаемом ламинарном потоке в виде асимптотического ряда. Для нахождения решения использован метод разложения в ряды решений для внутренней и внешней частей течения в следе. Влияние циркуляционного течения пренебрежимо мало. Следуя методу сопряжения асимптотических рядов, определены два типа рядов по координате x .

Выбрав соответствующим образом внешнюю и внутреннюю области течения, подобраны соответствующие переменные и ряды, произведено сопряжение обоих рядов аналитически и построен сложный ряд, одинаково справедливый при всех относительных толщинах r . Отмечено, что внутренний ряд полностью определяется граничными условиями на поверхности и начальным условием и не зависит от условий сопряжения, которые по существу определяют вид внешнего ряда.

Найдено решение на ограниченном расстоянии от кормовой части обтекаемого осесимметричного тела.

Эффекты обтекания подводных препятствий в неоднородно-стратифицированной морской воде

© И.Ю. Владимиров¹, Н.Н. Корчагин¹, А.С. Савин²

¹ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, 117997, Россия

² МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Исследуется структура поверхностных возмущений, которые возникают при обтекании подводных препятствий потоком стратифицированной жидкости конечной глубины. В качестве препятствия рассматривается точечный диполь, локализованный в окрестности скачка плотности как над, так и под ним.

По разработанной оригинальной методике получены аналитические выражения для амплитуд поверхностных возмущений, генерируемых обтеканием точечного диполя в окрестности скачка плотности потоком конечной глубины. Показано, что скачок плотности может вызывать блокирующий эффект при распространении возмущений от обтекаемого препятствия к поверхности воды.

Аномальные события в Солнечной системе

© В.Л. Кауц

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В настоящее время Солнечная система изучена довольно хорошо. Тем не менее существует ряд явлений, которые могут рассматриваться как проявления новой физики, лежащей за рамками стандартных представлений. На сегодняшний день можно выделить три наиболее важных наблюдательных результата, которые, возможно, являются проявлением новой нестандартной физики в Солнечной системе:

1) неожиданное дополнительное аномальное ускорение космических аппаратов Пионер-10 и Пионер-11, направленное к центру Солнечной системы;

2) появление дополнительного ускорения нескольких космических аппаратов во время проведения гравитационных маневров в поле Земли;

3) увеличение со временем среднего расстояния от Земли до Солнца (Астрономической Единицы), необъяснимого в рамках современных теоретических представлений.

В докладе обсуждается современное состояние дел по каждому из указанных явлений.

**Модельное кинетическое уравнение
для многоатомных газов
с учетом вращательных степеней свободы молекул***

© А.Б. Поддоскин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Предложено модельное кинетическое уравнение для многоатомного газа, учитывающее вращательные степени свободы молекул. Три свободных параметра модели связываются с парциальными факторами Эйкена, которые, в свою очередь, зависят от интенсивности обмена энергией между поступательными и вращательными степенями свободы, частоты упругих и неупругих столкновений молекул газа.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/fundamentals/physics/1189.html>

Аксиоматика классической электродинамики

© А.М. Макаров, Л.А. Лунёва, К.А. Макаров

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Предложено аксиоматическое построение системы уравнений классической электродинамики с использованием постулата о возможности описать электромагнитное поле в произвольной неподвижной среде с эффектами поляризованности и намагниченности с помощью 4-потенциала и 4-тока с учетом фундаментальных свойств специальной теории относительности (СТО). Принцип градиентной инвариантности использован для обоснования специальной формы тензора электромагнитного поля. Замечено, что компоненты тензора электромагнитного поля принадлежат всего двум специфическим математическим структурам, и сделан вывод о существовании двух различных «силовых» векторных полей. Это дало возможность формально получить систему однородных дифференциальных уравнений Максвелла, одно из которых является условием отсутствия в природе магнитных зарядов, а второе полностью совпадает с уравнением закона Фарадея — закона электромагнитной индукции. Тензор электромагнитного поля естественным образом представлен суммой тензора вспомогательных величин с компонентами трехмерных векторных полей напряженности магнитного поля и электрического смещения и тензора «моментов» с компонентами трехмерных векторных полей намагниченности и поляризованности среды. Постулат о равенстве 4-дивергенции тензора вспомогательных величин 4-току позволил формально получить систему неоднородных дифференциальных уравнений классической электродинамики. Установлены источники всех рассмотренных векторных полей в пространстве трех и четырех измерений и установлено физическое содержание формально введенных физических величин.

**Системно-размерностный анализ
механических и гравитационных величин
с позиции их подобия электромагнитным величинам***

© А.С. Чуев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Авторская система физических величин и закономерностей (ФВиЗ), успешно используемая в области электромагнетизма, позволяет системно представить и изучить комплекс механических и гравитационных величин из условия их подобия электромагнитным величинам. Приводятся наглядные системно возможные закономерности с участием полевых гравитационных величин, подобных электромагнитным. В отличие от последних гравитационные полевые величины вполне реальны и модельно представимы (скорость, ускорение и др.), что позволяет надеяться на реальность системных закономерностей с их участием. На основании обнаруживаемых в системе ФВиЗ связей с участием гравитационной константы дается системная интерпретация причин проявления свойства инерции, законов сохранения импульса и момента импульса. Последние два свойства объяснялись до сих пор свойствами симметрии пространства, а наличие инертной массы — ускорением в перемещении электрических зарядов.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/fundamentals/physics/1193.html>

О применении нейросетевого подхода в решении задач теплопроводности

© Д.А. Крылов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрены различные подходы к решению задач теплопроводности. Особое внимание уделено применению нейронных сетей. Предложен способ применения RBF-сетей, при котором искомая зависимость температуры от времени и координат аппроксимируется с помощью радиальных базисных функций. Обучение проводится путем минимизации функционала, учитывающего начальные и граничные условия. Поиск минимума проводится путем подбора параметров нейросети. В случае необходимости учета фазового перехода или источников/стоков тепла функционал дополняется соответствующими условиями. Также в докладе представлены способы решения конкретных прикладных задач теплопроводности с помощью нейросетевого моделирования, а также сравнение результатов расчета с классическими численными.

**Секция 8. НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ
ПРЕПОДАВАНИЯ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН
В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

Руководитель д-р физ.-мат. наук, проф. В.О. Гладышев

**Контролируемая самостоятельная работа
при изучении естественно-научных дисциплин:
история вопроса**

© О.С. Еркович

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

В докладе рассматривается международный опыт введения КСР как нового вида самостоятельной работы, направленного на формирование профессиональных и культурных компетенций. Показано, что введение КСР обусловлено как современными потребностями рынка труда, требующими высокой способности специалистов к самообразованию, так и особенностями личностных качеств современного студента. Проводится анализ опыта осуществления КСР в высшей школе США и республики Беларусь. Обсуждаются перспективы использования этого опыта в МГТУ им. Н.Э. Баумана с учетом специфики обучения в национальном исследовательском университете.

**Особенности построения основных программ
дисциплины «Теоретическая механика»
для бакалавров и специалистов
по новым учебным планам**

© А.А. Панкратов, П.М. Шкапов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Именно с теоретической механики как фундаментальной общеинженерной дисциплины начинается знакомство будущих специалистов с их дальнейшей инженерной деятельностью. Построение математических моделей механизмов и механических систем, включая выделение и составление расчетных схем, применение полученных сведений по описанию механического движения, проведение расчетов и умение провести анализ результатов — вот основные компетенции, которыми должны овладеть студенты по окончании курса теоретической механики.

Рассмотрены особенности построения программ дисциплины «Теоретическая механика» для бакалавров и специалистов в связи с переходом на новые государственные образовательные стандарты (ГОС). Указано на необходимость сохранения основного содержания предмета, сложившегося за все время его преподавания, и обогащение методики преподавания новыми дифференцированными подходами.

Интеграция фундаментальных и технических наук в подготовке бакалавров, магистров, специалистов

© Т.М. Гладышева, С.Л. Тимченко

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассматриваются причины реформирования системы образования конца XX века как составляющей изменения науки в целом. Показана необходимость создания системы образования как единой отрасли, решающей задачи по формированию профессиональных кадров. Современная система образования должна формировать целостное видение природных и технологических процессов, целостное видение мира. Делается вывод о применении синергетического подхода, позволяющего развивать взаимодействие фундаментальной науки и техники.

**Компетентностная структура
образовательной программы
фундаментальной научной дисциплины
в техническом университете***

© А.В. Купавцев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Ведущие компетентности (информационная, мыслительная, коммуникативная, самоорганизационная, самоориентированная) различных образовательных ступеней ВО (лицо с неполным ВО, бакалавр, дипломированный специалист, магистр, профессионал послевузовского образования) определяют образовательные программы по научным дисциплинам и *интенсивно-деятельностную личносно ориентированную* образовательную технологию обучения с тремя главными стратегическими направлениями: субъектной деятельностью учения студентов; развитием их субъектности к учебе и приобретению профессиональных знаний; контролируемой самостоятельной работой как новым видом самообучения студентов под руководством преподавателя в современном вузе.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/1183.html>

Особенности обучения студентов математике в настоящее время*

© А.А. Грешилов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Обращается внимание на слабую мотивацию студентов к образованию, что влечет за собой невыполнение главной задачи образования: научить учиться. Исследуются причины слабой мотивации: социальная среда и проблемы средней школы. Как результат, чтобы выполнить наказы классиков образования: «Чтобы что-то узнать, надо что-то знать», в вузе должны начинать обучение с операции над дробями. Нужна последовательность в обучении. Ничего хорошего не получается, если параллельно обучать высшей математике и элементарной. В короткое время нельзя привить студенту прочные знания. По словам тех же классиков: «Чтобы немного узнать, надо много трудиться». Студент не сможет провести без ошибок длительные вычислительные операции, например над матрицами в курсе «исследование операций». Для помощи студенту потребуются «протезы», с помощью которых студент сможет выполнить стоящую перед ним задачу. Таким «протезом» могут быть компьютерные пособия, ориентированные на выполнение конкретной задачи. Например, в курсе «исследования операций» — обеспечить как функцию вычислительного процесса, так и функцию обучения студента. Для курсов «исследования операций» и «математическая статистика» такие пособия функционируют. Это и решение вопроса дистанционного образования для данных предметов. Идей в этом направлении достаточно, но нет грамотных реализаций. Программы по математическим дисциплинам должны быть согласованы по объему с кафедрами и излагаться как в техническом университете, а не как на мехмате МГУ.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/1180.html>

**Лабораторный практикум НИРС кафедры «Физика»
в подготовке бакалавров, магистров и специалистов
в научно-исследовательском университете**

© Н.А. Задорожный, А.Н. Морозов, Б.Г. Скуйбин, С.Л. Тимченко

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Лабораторный практикум по физике с элементами научно-исследовательской работы студентов (НИРС) имени проф. В.Н. Корчагина работает на кафедре «Физика» МГТУ им. Н.Э. Баумана с 1992 г. В 2012 г. отметил свой 20-летний юбилей. За годы работы практикума обучение в лаборатории НИРС прошли более 4000 студентов со всех факультетов Университета. Практикум насчитывает 80 постоянно действующих лабораторных установок таких разделов, как «Механика твердого тела», «Электромагнетизм», «Оптика», «Квантовая физика», «Физика твердого тела», «Атомная физика», «Физика элементарных частиц».

За годы развития лабораторный практикум НИРС сформировался в научно-учебный комплекс взаимосвязанных структур:

- практикум по курсу общей физики;
- практикум выпускающей кафедры при подготовке бакалавров и магистров по специальности «Техническая физика»;
- совместная лаборатория с Оптическим отделом им. Г.С. Ландсберга Отделения оптики ФИАН им. П.Н. Лебедева;
- студенческая экспериментальная лаборатория физики (СЭЛФ);
- практикум в системе «Довузовской подготовки»;
- демонстрационный практикум в системе «Школа — Вуз»;
- практику повышения квалификации учителей физики;
- специализированный практикум для студентов второго высшего образования.

Рейтинговый контроль успеваемости: неиспользованные возможности и перспективы*

© С.К. Соболев

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Как известно, система рейтингового контроля успеваемости и оценки знаний в своем самом общем виде содержит несколько регулируемых параметров, среди которых шкала перевода 100-балльного рейтинга в традиционную оценку и пропорция между работой в семестре и экзаменом. В МГТУ им. Н.Э. Баумана в настоящее время принята шкала 60–71–85 и применяются два единственно возможных соотношения — 70:30 и 100:0.

В докладе исследуется, каковы были бы возможности и перспективы для студентов и преподавателей при других значениях шкалы перевода 100-балльного рейтинга в традиционную оценку для различных пропорций — от 50:50 до 80:20. Особенно исследуется случай так называемой «автоматической» оценки за экзамен. Результаты исследования наглядно проиллюстрированы на цветных диаграммах.

* Полный текст статьи «Рейтинговая система оценки знаний: общие принципы и выбор параметров» см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/1191.html>

Современная физика в техническом университете

© Е.В. Смирнов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Курс физики в техническом университете представляет собой живой организм. По мере развития физики он меняется, обогащается новыми разделами, в которые входят главные вновь открываемые физические явления, углубляется за счет развития более общих теоретических воззрений. Примеров тому много: физика лазеров, зонная структура твердых тел, эффект Мессбауэра, стандартная модель в физике элементарных частиц и т.д. Значимость всех этих областей физики была настолько очевидна, что сразу же стала ясна необходимость включения соответствующих разделов в курс общей физики высших учебных заведений.

В настоящее время во всем мире идет невиданная по своему размаху третья научно-техническая нанотехнологическая революция. То, что мы будем пользоваться ее плодами, — несомненно, как и то, что сейчас мы пользуемся плодами второй научно-технической (постиндустриальной, или компьютерной) революции. Однако не хотелось бы в деле развития нанотехнологий довольствоваться ролью сторонних наблюдателей. Нашей стране, обладающей значительным интеллектуальным потенциалом, весомыми достижениями в космической и ядерной промышленности, не к лицу находиться на вторых ролях в сфере нанотехнологий — наиболее важной и перспективной сфере высоких технологий.

По мнению лауреата Нобелевской премии по физике Ж.И. Алфёрова, возможность прорыва России в области нанотехнологии связана, прежде всего, с активной поддержкой фундаментальных исследований и подготовкой высококвалифицированных исследовательских кадров. Для того чтобы студенты технических вузов оказались подготовленными к восприятию нанотехнологий, к работам на самом передовом уровне науки и техники, необходимо знакомить их с достижениями современной физики и с физическими основами нанотехнологий в курсе общей физики технических университетов. Это означает необходимость доработки существующего курса физики и включения в него различных аспектов физики нанотехнологий.

Электронный курс по физике для дистанционного обучения*

© К.Б. Лукин

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Электронный курс (ЭК) начинается с учебного плана по каждому из двух семестров, где изучаются разделы: «Физические основы механики», «Физическая термодинамика», «Электромагнетизм» и «Волновые свойства света». Далее следует электронный задачник, насчитывающий 298 задач. В условии каждой задачи приведена схема, ответ, справочные данные. Источником этих задач являются известные задачники по общей физике для технических вузов со ссылками на них. Подбирались задачи, имеющие эффективные реализации, по мнению автора, в технике и технологии.

Теоретическая часть, занимающая наибольшее место по объему в ЭК, содержит выводы всех вопросов, указанных в учебном плане, и разбита на 10 частей. Решения задач по каждому из 16 практических занятий, проводимых на двух семестрах, насчитывает в общем 79 примеров. В этой части основное внимание уделено подробному решению, развитию графической составляющей этих решений и связи с теоретической частью ЭК с помощью гиперссылок между отдельными файлами.

ЭК апробирован в течение последних 10 лет в потоке плохо- и неслышающих студентов, которые обучаются на факультете ГУИМЦ. В настоящее время материалы ЭК рассылаются студентам по электронной почте в форматах pdf и doc.

Общий объем ЭК — 593 файловых страницы, которые занимают объем памяти 62 Мб и готовы к изданию в электронном виде.

* Полный текст статьи см. Инженерный журнал: наука и инновации, 2014, вып. 1. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pedagogika/hidden/1184.html>

**СОВМЕСТНОЕ ЗАСЕДАНИЕ
СЕКЦИИ 8 И ПРЕЗИДИУМА НАУЧНО-
МЕТОДИЧЕСКОГО СОВЕТА
ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКЕ
ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

*Руководитель председатель НМС по ТМ, д-р физ.-мат. наук, проф.
В.А. Самсонов*

**Реализация возможностей
мультимедийных технологий
как способ повышения эффективности
образовательного процесса**

© В.Д. Полежаев, Л.Н. Полежаева

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Ввиду того, что основой образовательного процесса очной формы обучения являются лекции, техническими средствами, адекватными новым информационным технологиям, должны стать мультимедийные курсы лекций, читаемые в специально оборудованной мультимедийной учебной аудитории. Мультимедийный курс лекций используется с учетом индивидуальной манеры чтения лектором, специфики учебной дисциплины, уровня подготовленности студенческой аудитории. Он позволяет совместить слайд-шоу текстового и графического сопровождения (фотоснимки, диаграммы, графики, рисунки и т.д.) с компьютерной анимацией и численным моделированием изучаемых процессов. Такой курс совмещает технические возможности компьютерной и аудиовидеотехники в предоставлении учебного материала с живым общением лектора с аудиторией.

Все мультимедиа-курсы должны быть адаптированы к основному профилю специальности. Специфика мультимедиа-курсов по физико-математическим дисциплинам связана с формализованным представлением содержания знаний и большой долей учебного практикума, имеющего целью не только развитие навыков решения задач и выполнение лабораторных работ, но и формирование комплекса профессиональных знаний, умений и навыков.

Теоретический материал по физико-математическим дисциплинам изобилует математическими формулами и системами доказательств, затруднительными для самостоятельного усвоения студентами. Этим определяется необходимость создания интерактивных мультимедийных лекций с использованием разнообразного демонстрационного материала. В докладе представлены реальные фрагменты таких лекций по различным разделам математики, читаемых авторами студентам факультета машиностроительных технологий.

**Опыт и перспективы разработки и внедрения
в учебный процесс по теоретической механике
виртуальных моделей приборов**

© В.В. Дубинин, А.В. Пашков

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Освещается одно из направлений работы кафедры «Теоретическая механика» им. профессора Н.Е. Жуковского в области применения информационных технологий в образовании — создания виртуальной коллекции приборов и механизмов, наиболее часто встречающихся при изучении курса теоретической механики.

Педагогические измерения в системе оценки качества образования

© В.Д. Полежаев, Л.Н. Полежаева

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Одной из важнейших составляющих образовательного процесса является достоверная оценка результатов обучения. Использование педагогических измерений позволяет педагогам в полной мере соотнести результаты обучения с целевыми критериями, объективно оценить эффективность новых технологий обучения. Одним из объективных методов контроля является тестирование. Педагогические тесты сегодня признаны на государственном уровне как одно из основных средств контроля качества подготовки обучающихся.

Однако, как и любое измерение, тест достигает цели только тогда, когда он является эффективным и качественным. В этой связи перед педагогом, желающим регулярно и систематически использовать тестирование в учебном процессе, встает вопрос самостоятельной разработки действенных, качественных и дидактически грамотно составленных тестовых заданий. Немаловажным является также и использование современных компьютерных программ, позволяющих сократить временные затраты на организацию и проведение тестирований. Следует сформировать контрольно-оценочную компетентность педагога, который сможет как разрабатывать свои измерительные материалы, так и выступать экспертом по оценке качества тестов своих коллег.

В докладе приводятся конкретные примеры реализации тестовых технологий, применяемых для оценивания результатов обучения студентов технических и экономических специальностей и направлений при изучении различных разделов курса высшей математики.

Компьютерное тестирование студентов по теме «Плоская статика»

© К.Б. Обносов, А.В. Паншина

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Важной составляющей при обучении студентов и подготовке специалистов широкого профиля является развитие у студентов навыков самостоятельной работы. Проверка знаний, приобретенных и во время аудиторных занятий и при самостоятельной работе, может быть реализована с помощью современных технических средств (компьютерных технологий).

На кафедре теоретической механики им. профессора Н.Е. Жуковского создана универсальная программа (оболочка) для проведения тестирования. Предполагается, что студент решает задачу и вводит полученный числовой ответ в компьютер. После тестирования программа оставляет преподавателю на каждого студента протокол результатов по каждому вопросу и процент верных ответов, что помогает преподавателю оперативно и без дополнительных усилий выставить оценки всем студентам группы практически сразу после тестирования.