

В.В. Вышинский^{1,2}, С.С. Негодяев^{1,3}

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

³ Центральный научно-исследовательский институт химии и механики

Вступительная статья научных редакторов

В.П. Легостаев^{1,2}, Е.А. Микрин^{1,2}, И.В. Орловский¹, Ю.Н. Борисенко¹, В.Н. Платонов^{1,2}, С.Н. Евдокимов¹

¹ Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королёва

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Создание и развитие систем управления движением транспортных космических кораблей «Союз» и «Прогресс»: опыт эксплуатации, планируемая модернизация

Рассматриваются вопросы эволюции создания систем управления движением транспортных космических кораблей «Союз» и «Прогресс». В настоящее время на РКК «Энергия» проводится новый этап модернизации кораблей «Союз ТМА» и «Прогресс М-М». Основным объектом модернизации является бортовой цифровой вычислительный комплекс (БЦВК): устаревший «Аргон-16» сменила современная, постоянно работающая на орбите ЦВМ101 вместе с блоками согласующих устройств (БУС101-1 и БУС101-2). Проведённые летно-конструкторские испытания кораблей «Прогресс» подтвердили правильность выбранных технических решений при модернизации системы управления и возможность её использования на кораблях «СоюзТМА» и других перспективных российских кораблях.

Ключевые слова: космические корабли, «Союз», «Прогресс», системы управления, цифровые системы управления, модернизация, бортовой компьютер.

*Н.Н. Севастьянов¹, В.Н. Бранец^{1,2}, В.А. Панченко¹, Н.В. Казинский¹,
Т.В. Кондранин², С.С. Негодяев^{2,3}*

¹ ОАО «Газпром космические системы»

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

³ Центральный научно-исследовательский институт химии и механики

Анализ современных возможностей создания малых космических аппаратов для дистанционного зондирования Земли

Описываются мировые тенденции космической промышленности, способствующие созданию малых космических аппаратов. Рассматриваются вопросы создания малых КА дистанционного зондирования Земли, позволяющих реализовать требования, предъявляемые к космическим аппаратам оптико-электронного наблюдения с высоким пространственным разрешением. Приведен краткий анализ зарубежных систем оптико-электронного наблюдения высокого разрешения, применяемых на малых космических аппаратах, и сформулированы рекомендации по основным проектным решениям при создании таких систем. Обобщены требования к параметрам системы управления движением и навигацией космического аппарата дистанционного зондирования Земли высокого разрешения, такие как точность наведения, стабилизация и др. Проведен синтез приборного состава системы управления и рассмотрены примеры современной отечественной реализации приборов, предназначенных для обеспечения съёмки. Сформулированы основные требования к программно-алгоритмическому обеспечению системы управления движением и навигацией. Ключевые слова: малый космический аппарат, дистанционное зондирование Земли, высокое разрешение, система управления движением.

В.В. Вышинский^{1,2}, А.Л. Стасенко^{1,2}

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

Физические модели, численные и экспериментальные исследования аспектов авиационной экологии и безопасности полётов

В обзоре рассмотрены общая структура струйно-вихревого следа крылатого летательного аппарата, взаимодействие турбулентных струй и вихрей, результаты численных исследований, их интерпретация и аналитическая интерполяция, влияние внешней турбулентности на время «жизни» следа. Кратко изложены основные методы и результаты экспериментальных исследований струйно-вихревого следа самолёта. Приведены классические модели спонтанной и гетерогенной конденсации на различных высотах полета (диффузионный и свободномолекулярный режимы роста частиц, интерполяция между ними). Рассмотрены кинетика капель в турбулентном потоке, каналы управления параметрами струйно-вихревого следа самолёта (физические модели, численные исследования, рекомендации по выбору оптимальных режимов и управляющих параметров). Приведен обширный библиографический список литературы.

Ключевые слова: струйно-вихревой след самолёта, атмосферная турбулентность, кинетика капель, гетерогенные течения, безопасность полёта, авиационная экология.

Ю.П. Улыбышев

Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королёва

О некоторых актуальных проблемах современной астродинамики: взгляд инженера-практика

Представлен обзор ряда проблем и методов современной астродинамики, связанных с появлением новых практических задач и возможностями использования новых методов прикладной математики (линейное программирование высокой размерности и вычислительная геометрия). Кратко рассматриваются задачи ближнего космоса: оптимизация траекторий выведения ракет-носителей пилотируемых космических аппаратов (КА) на орбиту с учётом системы аварийного спасения; координированное управление группировками КА; разработка методов для сближения и инспекции; проектирование спутниковых систем (СС) для сложных видов обзора; выбор орбитальных элементов и оптимизация маневров поддержания высокоэллиптических СС; оптимизация траекторий выведения КА на геостационарные орбиты с использованием малой тяги. Для дальнего космоса к числу актуальных задач можно отнести: низкоэнергетические межпланетные перелеты; исследования квазициклических траекторий в системах Земля–Луна и проектирование лунных экспедиций с использованием точки либрации L_1 .

Ключевые слова: астродинамика, оптимизация траекторий, выведение на орбиту, сближение и орбитальное маневрирование, спутниковые системы, межпланетные перелеты, линейное программирование, вычислительная геометрия, множества псевдоимпульсов.

Ю.Н. Беседина^{1,2}, С.И. Попель^{1,2}

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Институт динамики геосфер РАН

Эволюция пылевых частиц в вихрях Россби

Обсуждается поведение пылевых частиц в атмосферных вихрях Россби и возможность их вертикального и горизонтального переноса. Рассматриваются солитонные решения уравнения Чарни–Обухова в виде суперпозиции дипольного и монопольного вихрей. Проведено численное моделирование поведения пылевой частицы в вихре Россби и получены траектории частиц различной массы. Показано, что частицы размерами меньше или порядка десяти микрометров могут находиться в вихре более двух недель, что позволяет этим частицам переноситься с вихрями на расстояния более 10 000 км.

Ключевые слова: атмосферные нано- и микромасштабные частицы, синоптические вихри, вихри Россби, перенос пылевых частиц.

В.Н. Бражско¹, А.В. Ваганов¹, Г.Н. Дудин², Н.А. Ковалева¹,

И.И. Липатов¹, А.С. Скуратов¹

¹ Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Экспериментальное исследование особенностей аэродинамического нагрева треугольного крыла при больших числах Маха

Приведены экспериментальные результаты по исследованию теплопередачи на наветренной поверхности треугольного крыла с отклоняемыми элевонами, полученные при числах Маха набегающего потока $M_\infty = 7,5$ и $10,5$ и углах атаки $\alpha = 0,5^\circ, 10^\circ, 15^\circ$. Угол стреловидности затупленных передних кромок крыла $\chi = 75^\circ$. Измерения выполнены методом термоиндикаторных покрытий. Показано образование двух типов областей повышенных величин тепловых потоков на этой поверхности вне кромок и вершины крыла. Первый связан с переходом ламинарного пограничного слоя в турбулентный. Второй обусловлен влиянием затупления вершины крыла. Исследовано влияние чисел Маха, Рейнольдса и угла атаки крыла на положение этих областей.

Ключевые слова: гиперзвуковые скорости, экспериментальные исследования, аэродинамическая труба, затупленное треугольное крыло, наветренная сторона, ламинарно-турбулентный переход, тепловые потоки.

*А.В. Ваганов¹, С.М. Дроздов¹, Г.Н. Дудин², С.М. Задонский¹,
В.И. Пляшечник¹, М.А. Стародубцев¹, С.В. Чернов^{1,3}, В.Л. Юмашев^{1,2}*

¹ Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

³ Московский авиационный институт (государственный технический университет)

Расчётно-экспериментальные исследования аэродинамики контрольной модели при больших сверхзвуковых скоростях

Приведены результаты расчётно-экспериментальных исследований аэродинамических характеристик контрольной модели. Контрольная модель имеет форму, близкую к форме крылатых воздушно-космических самолётов (ВКС) класса «Space Shuttle», «Буран», и предназначена для тестирования аэродинамических труб в диапазоне больших углов атаки, важном для практики исследований аэродинамических характеристик этого класса летательных аппаратов. Экспериментальные данные могут служить базой для тестирования существующих и вновь разрабатываемых пакетов программ, а также для оценки погрешности аэродинамического эксперимента. Для этой цели проведено численное моделирование обтекания модели при помощи пакета АРГОЛА-2 (Эйлер) и ANSYS CFX (Навье-Стокс). Показано удовлетворительное соответствие расчётных и экспериментальных результатов.

Ключевые слова: сверхзвуковые скорости, гиперзвуковые скорости, аэродинамическая труба, численное моделирование, крылатый возвращаемый аппарат.

В.В. Вышинский^{1,2}, Г.Г. Судаков^{2,1}

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

Вихревой след самолёта и вопросы безопасности полетов

Предложена математическая модель вихревого следа за самолётом, позволяющая оценить безопасную дистанцию между самолётами в зависимости от их типов и погодных условий. Модель содержит решение четырёх крупных задач: задачи самолёта генератора следа, взаимодействия последующего самолёта с вихрем от предыдущего, моделирования турбулентной атмосферы и разрушения вихревого следа. Верификация модели выполнена с использованием данных экспериментов в аэродинамических трубах и лётных экспериментов. Приведены результаты моделирования вихревых следов за конкретными самолётами и величины безопасных дистанций на режиме посадки при различных параметрах турбулентности атмосферы.

Ключевые слова: вихревой след самолёта, безопасность полёта, атмосферная турбулентность, математическое моделирование, уравнения Рейнольдса.

В.В. Золотухин¹, В.К. Исаев^{2,1}, Б.Х. Давидсон^{2,1}

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

Некоторые актуальные задачи управления воздушным движением

В работе дан обзор перспективных направлений научно-технических исследований и разработок в области организации воздушного движения (ОрВД), требующей для своего продвижения коллективных усилий и значительных ресурсов. Большое внимание уделено вопросам использования математических моделей для планирования, оптимизации и корректировки полёта, предупреждения и устранения конфликтных ситуаций на земле и в воздухе, включая систему обеспечения вихревой безопасности. Рассматриваются вопросы координации служб управления входящими исходящим трафиками, алгоритмы и системы повышения эффективности структурирования и использования воздушного и наземного пространств.

Ключевые слова: ОрВД в 4D-пространстве, АЗН-В, ИКУС, Free Flight, использование воздушного пространства, вихревая безопасность, CREDOS, EuroControl, многоагентные системы, регулярная сетка, интеллектуальное управление, множество достижимости, гибридные системы, эллипсоидальное исчисление, COIN, SGT.

О.Я. Извеков

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Влияние порового давления на зону трещиноватости вокруг сферической полости в горной породе

Рассмотрены физические основы механики континуального разрушения хрупких тел, предложено обобщение модели разрушения на случай пористых насыщенных сред. Приведено решение задачи о формировании зоны трещиноватости в окрестности сферической полости в горной породе.

Ключевые слова: механика пористых сред, механика разрушения, диссипация континуального разрушения.

М.М. Кузнецов, Ю.Д. Кулешова

Московский государственный областной университет

О реакционной способности молекул во фронте сильной ударной волны

Представлены некоторые результаты аналитического исследования эффектов поступательной неравновесности в гиперзвуковых ударных волнах.

Ключевые слова: гиперзвук, молекула, многоатомный, реакционная способность, релаксация, ударная волна, фронт.

В.Н. Лагуткин^{1,2}, Ю.В. Слынько^{2,1}

¹ ОАО Межгосударственная акционерная корпорация «Вымпел»

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Компьютерная модель для расчёта спектральных характеристик светимости высокотемпературных потоков газа с частицами

Разработана компьютерная модель для расчёта спектральных характеристик светимости высокотемпературных потоков газа с частицами. Модель основана на численном решении методом последовательных приближений системы уравнений переноса излучения в гетерогенной среде. В модели учтены все основные явления, влияющие на спектральные характеристики светимости высокотемпературных неравновесных потоков смеси газа и частиц в различных условиях. Проведено сравнение с расчётами излучения газов по другим моделям, которое показало хорошее согласие результатов. Для проверки функциональных возможностей разработанной модели проведены расчёты спектральных характеристик светимости газодинамических факелов в различных условиях. Полученные результаты расчётов соответствуют закономерностям изменения спектральных характеристик светимости факелов при изменении пространственных распределений параметров факела в зависимости от условий расчётов.

Ключевые слова: спектроскопия газов, газодинамические образования, перенос излучения, рассеяние излучения.

Ю.Е. Нестерихин^{1,2}, В.К. Исаев^{3,2}, В.В. Лазарев^{3,4}, С.В. Сорокин^{2,5}

¹ Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

³ Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

⁴ Московский авиационный институт (государственный технический университет)

⁵ ООО «РБК-центр»

Исследования по созданию автоматизированной системы весового контроля

Автоматизированная система весового контроля нового поколения разрабатывается с целью создания средств для управления весовыми характеристиками изделия в течение всего жизненного цикла. Приводятся результаты разработки программной, концептуальной и вычислительной моделей. Настоящая работа обобщает результаты предшествующих этапов. В работе определены программная архитектура и базовые программные компоненты системы.

Ключевые слова: системный анализ и моделирование, PDM/PLM/ERP/MRP, CALS-технологии, весовой контроль, жизненный цикл изделия, сетевые технологии, объектно-ориентированный анализ и проектирование, Microsoft Sharepoint, Microsoft.NET.

Е.Э. Сивкова

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Российский научный центр «Курчатовский институт»

Стабилизация ламинарного метано-воздушного пламени наносекундным разрядом

Работа посвящена теоретическому исследованию влияния плазмы наносекундного разряда на характеристики ламинарного метано-воздушного пламени. Подобран механизм горения метана. Рассмотрено влияние отдельных активных частиц, нарабатываемых в результате воздействия плазмой, на пламя. Рассмотрено влияние наносекундного разряда на параметры предварительно перемешанного ламинарного метано-воздушного пламени. Установлено, что эффект тепловыделения в реакциях конверсии оказывает большее влияние на скорость пламени, чем химическая активация; при низких начальных температурах ($T < 700$ К) плазменное воздействие даёт такой же эффект на скорость пламени, что и тепловой разогрев.

Ключевые слова: механизм горения метана, ламинарное метано-воздушное пламя, плазма наносекундного разряда.

Т.О. Цейтлина^{1,2}, В.В. Балашов², А.И. Дунаевский², А.В. Смирнов²

¹ Московский физико-технический институт (государственный университет)

² Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского

Прогнозирование цены перспективного сверхзвукового административного самолёта

В авиастроении при прогнозировании цены административного самолёта на этапе предварительного проектирования, как правило, используют корреляционные зависимости между ценой и одним или несколькими (двумя-тремя) техническими параметрами самолёта. В работе рассматривается более широкий спектр технических параметров административного самолёта. С использованием метода факторного анализа эти параметры были распределены на три группы, характеризующие полезную нагрузку, энерговооружённость и комфорт административного самолёта. Получено факторное отображение, позволяющее перейти от пространства десяти технических параметров к пространству трёх технических факторов. С использованием методов нейросетевого программирования сформирована модель прогнозирования цены административного самолёта. Получены оценки стоимости исследуемого в ЦАГИ лёгкого сверхзвукового административного самолёта с заданными техническими характеристиками.

Ключевые слова: административный самолёт, предельная цена, факторный анализ, нейросетевое программирование.

Л.Н. Чабан^{1,2}, Г.В. Вечерук², Т.С. Гаврилова²

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии

² Московский физико-технический институт (государственный университет)

Исследование возможностей классификации растительного покрова по гиперспектральным изображениям в пакетах тематической обработки данных дистанционного зондирования

Анализируются особенности классификации растительного покрова на гиперспектральных изображениях в наиболее известных пакетах обработки данных дистанционного зондирования. Показано, что наилучшие результаты даёт статистическая классификация по эталонам с учётом дисперсии спектральных признаков по каналам. Для качественного выбора эталонов и возможности классификации такими методами больших объёмов видеоданных необходим отбор наиболее информативных каналов. На примерах наземных гиперспектральных изображений рассмотрены возможности и ограничения решения данной задачи методом главных компонент, в частности методика использования проекций каналов на наиболее информативные компоненты.

Ключевые слова: тематическая обработка данных дистанционного зондирования, классификация растительного покрова, гиперспектральные изображения, методы классификации, анализ главных компонент.