

УДК 532.527:629.7.015

О. В. Аниммица^{1,2}, *А. М. Гайфуллин*^{1,2}, *А. А. Рыжов*^{1,2}, *Ю. Н. Свириденко*^{1,2}

¹Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ)

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

Моделирование на пилотажном стенде дозаправки самолета в полете

Рассмотрено моделирование динамики самолета при проведении дозаправки топливом в полете с учетом влияния струйно-вихревого следа от самолета заправщика. В качестве заправляемого самолета и самолета заправщика рассматривались однотипные маневренные самолеты. Целью исследования было создание программных модулей для моделирования процесса дозаправки на пилотажном стенде в режиме реального времени. Приведена методика формирования математической модели для определения аэродинамических сил и моментов, действующих на заправляемый самолет в следе заправщика. Для проверки модели и демонстрации способа ее включения в математическое обеспечение пилотажного стенда разработан подробный пример, моделирующий автоматический подлет самолета к заправочному конусу.

Ключевые слова: пилотажный стенд, вихревой след, математическое моделирование, уравнения Навье—Стокса, искусственные нейронные сети.

УДК 532.526.2

*А. А. Балашов*¹, *Г. Н. Дудин*^{2,3}

¹ВАИС-Техника

²Московский физико-технический институт (государственный университет)

³Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского

Обтекание пластины на режиме сильного взаимодействия при наличии массообмена

Исследовано течение в пограничном слое на пластине на режиме сильного взаимодействия при наличии массообмена на поверхности. Выведены и совместно решены системы нелинейных дифференциальных уравнений для вязкой и невязкой областей течения. Исследована зависимость собственного числа от температуры пластины, показателя адиабаты и скорости вдува/отсоса газа через поверхность. Установлено сильное влияние вдува на распространение возмущений вверх по потоку в пограничном слое.

Ключевые слова: гиперзвуковой поток, сильное взаимодействие, массообмен, температурный фактор, собственное число.

УДК 532.59, 532.527

*И. С. Босняков^{1,2}, А. А. Корняков¹, Г. Г. Судаков¹*¹Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского²Московский физико-технический институт (государственный университет)

Расчет поля скоростей в окрестности корабля при его движении, наличии градиентного ветра и качки

Описывается задача расчета возмущенного поля скоростей, возникающего при движении корабля в приземном слое атмосферы с учетом влияния на него градиентного ветра, килевой качки и индуцированной турбулентности.

Ключевые слова: вихревой след, профиль ветра, корабль, килевая качка, индуцированная турбулентность.

УДК 629.735

*В. В. Вышинский^{1,2}, В. К. Иванов³, А. В. Терпугов³*¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²Центральный аэрогидродинамический институт им. профессора Н. Е. Жуковского³РСК «МиГ»

Моделирование сложных режимов полёта на пилотажных стендах с учётом атмосферной турбулентности

Приведено краткое описание модифицированной модели динамики самолёта МиГ-29К, разработанной для моделирующего комплекса РСК «МиГ». Модель учитывает воздействие атмосферной турбулентности как природного, так и искусственного происхождения на самолёт при выполнении сложных режимов полёта.

Ключевые слова: орографическая турбулентность, безопасность полёта, пилотажный стенд, авиационные факторы риска.

УДК 629.735

*В. В. Вышинский^{1,2}, Ю. С. Михайлов²*¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²Центральный Аэрогидродинамический институт

Аэродинамические характеристики самолёта на режимах взлёта и посадки в условиях роторной турбулентности

Экспериментально исследуется влияние вихревых структур на аэродинамические характеристики самолета в посадочной и взлетной конфигурациях. Моделирование вихревых структур в рабочей части аэродинамической трубы выполнено с помощью двухсекционного крыла с дифференциальным отклонением секций.

Ключевые слова: роторная турбулентность, безопасность полёта, трубный эксперимент.

УДК 532.526.048.3; 532.527; 532.529

К. А. Зудов¹, М. А. Кудров¹, В. В. Вышинский^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

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

К вопросу безопасности полёта в зоне горного аэропорта

Обоснована необходимость моделирования воздействия на самолёт, совершающий взлёт или посадку, вихревых ветровых структур за рельефом местности. Приведены постановка задачи и её сегментация на подзадачи. Более подробно рассмотрен алгоритм автоматического построения трехмерной триангулированной сетки на основании двухмерной карты высот, а также методика экспорта построенной трехмерной сетки в формат данных ANSYS CFX. Приведены результаты компьютерного моделирования в зоне аэропорта Адлер.

Ключевые слова: безопасность полёта, спутная турбулентность, вихревой след, горный рельеф, компьютерное моделирование.

УДК 533.694.54

Р. М. Мурзагалин^{1,2}, В. М. Кувишинов², А. Н. Власов²

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

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

Разработка алгоритмов системы управления самолёта схемы «летающее крыло»

Рассматривается самолёт схемы «летающее крыло». Для анализа особенностей динамики самолёта данной схемы создана программно-математическая модель динамики самолёта в среде MATLAB/Simulink. Предложена методика выбора параметров системы путевого управления самолёта с $m_y^\beta > 0$ с позиции обеспечения близкой к минимальной величины потребной скорости отклонения расщепляющихся щитков (РЩ) $\dot{\varphi}_{\text{потр}}$. Рассмотрены различные способы возможного снижения значений $\dot{\varphi}_{\text{потр}}$ при расчётных воздействиях. Проведена оценка потерь аэродинамического качества при использовании РЩ как органа путевого управления.

Ключевые слова: летающее крыло, синтез систем управления, СДУ путевого канала, система управления летающего крыла.

УДК 629.7.015

А. А. Хохлов, К. Д. Бухаров

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Самолеты корабельного и морского базирования в условиях нерегулярных возмущений на взлетно-посадочных режимах

Рассматривается задача оценки динамики полета самолетов корабельного и морского базирования в условиях нерегулярных возмущений на взлетно-посадочных режимах. Описываются режимы полета, проводится анализ возмущений. Предлагается метод оценки динамики полета самолетов на взлетно-посадочных режимах. В качестве оцениваемых характеристик предлагается использовать динамический спектр параметров движения и управляющих воздействий летчика. Приводится типовой пример такой оценки.

Ключевые слова: безопасность полета, самолет корабельного базирования, самолет морского базирования, гидросамолет, взлет, посадка, мореходность, динамика полета, летные испытания, спектральный анализ.

УДК 681.3

*Э. М. Габидулин, А. А. Григорьев, Н. И. Пилипчук, И. Ю. Сысоев,
А. В. Уривский, А. Л. Шлишкин*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Подпространственные коды на основе ранговой метрики — новое направление в теории кодирования

Представлен аналитический обзор работ нового направления теории кодирования, связанного с подпространственными и ранговыми кодами.

Ранговые коды были введены Э. М. Габидулиным в начале 80-х годов прошлого века и к настоящему времени хорошо исследованы. Они приобрели широкую известность, дав начало новому принципу построения криптосистем с открытым ключом, и в связи с задачами пространственно-временного кодирования для радиоканалов с множественными антеннами. В последние годы внимание привлек новый подход к организации трафика в сетях с коммутацией пакетов, эксплуатирующий идею формирования линейных комбинаций ретранслируемых пакетов в промежуточных узлах сети. Это привело к появлению новых схем сетевого кодирования и вызвало интерес к изучению подпространственных кодов, элементами которых являются конечномерные линейные пространства. Была обнаружена тесная связь новых подпространственных кодов с изученными ранее ранговыми кодами, что стимулировало как определенный прорыв в теории подпространственных кодов, так и возрождение интереса к ранговым кодам.

Обзор построен следующим образом. В разделе 1 обсуждаются постановки задач кодирования для метрических пространств с хэмминговой, ранговой и подпространственной метриками. В разделе 2 приведены известные верхние границы для мощностей кодов. Здесь обсуждаются также новейшие оценки размеров списков при списочном декодировании ранговых кодов. Обзор конструкций кодов в ранговой и подпространственной метриках дан в разделе 3. Особенности алгоритмов декодирования обсуждаются в разделе 4. В разделе 5 обсуждается общее состояние дел и нерешенные проблемы.

УДК 519.725

Э. М. Габидулин, Н. И. Пилипчук

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Эффективность подпространственных сетевых кодов

Рассмотрены конструкции подпространственных сетевых кодов Силвы–Кёттера–Кшишанга (SKK-коды) и многокомпонентных кодов с нулевым префиксом (МНП-коды) Габидулина–Боссерта. Определены оптимальные параметры МНП-кодов и приведена верхняя граница мощности подпространственных сетевых кодов. Проведён анализ мощности этих кодов и сравнение с верхней границей мощности. Показано, что мощность МНП-кодов больше мощности SKK-кодов при любых параметрах. Оценена эффективность кода в виде отношения мощности конкретного кода к максимальной мощности, определяемой верхней границей.

Ключевые слова: ранговые коды, подпространственные коды, мощность кода, кодовое расстояние, размерность, многокомпонентные коды

УДК 519.8

А. И. Колыбельников

ООО «Код безопасности»

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Сравнение статистических свойств ключей асимметричных шифров

Рассматривается задача формирования статистически надежной последовательности для формирования ключа поточного шифра из ключей асимметричных шифров. Детально рассмотрена статистическая безопасность шифров ГПТ-1 и ГПТ-2, проведены тесты DIEHARD, сделаны выводы и предложения по использованию и доработке указанных шифров.

Ключевые слова: защита информации, шифры, генераторы случайных чисел, статистическая безопасность.

УДК 621.396.6

А. Е. Поляков¹, А. С. Кузменков², Л. В. Стрыгин¹¹Московский физико-технический институт (государственный университет)²Национальный исследовательский университет Московский энергетический институт

Синтезаторы частот с ЦВС в тракте обратной связи

Описаны преимущества и недостатки однокольцевой архитектуры гибридных синтезаторов частот с цифровыми вычислительными синтезаторами (ЦВС) в тракте обратной связи. Представлена математическая модель для расчета уровня фазовых шумов с учетом реальных показателей современных функциональных узлов синтезатора. Также приводятся методы уменьшения уровня побочных негармонических спектральных составляющих (ПСС), основанные на переменной частоте сравнения. Показаны выражения для расчета неудачных частот в спектре и частотных отстроек ПСС, возникающих вблизи таких частот. В качестве меры оценки используется эмпирическая интегральная функция распределения *SFDR*, пересчитанного к несущей частоте 1 ГГц. Вид этой функции позволяет оценить и сравнить качество разных синтезаторов независимо от рабочего диапазона выходных частот. С помощью этого показателя были исследованы синтезаторы с одной, двумя фиксированными частотами сравнения, а также синтезатор с двумя ЦВС.

В статье также уделяется внимание времени захвата гибридных синтезаторов частот с ФАПЧ.

Ключевые слова: синтезатор частот с ФАПЧ, ЦВС, фазовый шум, негармонические составляющие, *SFDR*.

УДК 519.688

Т. С. Бабичева

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Численные методы моделирования транспортных потоков при исследовании и оптимизации движения на управляемых перекрестках

В статье описываются численные методы математического моделирования транспортных потоков к решению задач об оптимизации светофорных режимов на регулируемых перекрестках. Поток автомобилей на многополосной дороге описывается пуассоновскими процессами. В работе введено, обосновано и рассчитано понятие «эффективного числа полос», характеризующего максимальный поток автомобилей при различных светофорных режимах.

Ключевые слова: транспортные потоки, многополосные дороги, светофоры, регулируемый перекресток, оптимизация, высокая загрузка, численные методы.

УДК 517.977.5

К. А. Рыбаков

Московский авиационный институт

Оптимальное управление стохастическими системами со случайным периодом квантования

Рассматривается задача оптимального управления нелинейными стохастическими системами, математическая модель которых задается стохастическим дифференциальным уравнением Ито со скачкообразной компонентой, описывающей влияние случайных импульсных воздействий или помех. Предполагается, что появлением скачков в траекториях системы управляет марковский процесс с конечным множеством состояний. При управлении может использоваться информация только о части координат вектора состояния.

Ключевые слова: импульсные воздействия, неполная информация, принцип расширения, оптимальное управление, стохастическая система, эрланговский процесс, гиперэрланговский процесс.

УДК 519.688

А. В. Шевченко, И. В. Цыбулин, Ю. И. Скалько

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Оптимизационный алгоритм решения задачи о фазовом равновесии

При численном моделировании течений многокомпонентных смесей во многих случаях необходимо учитывать возможность фазовых превращений. В данной работе рассматривается задача о нахождении фазового равновесия смеси нескольких компонентов, характерных для месторождений углеводородов (вода, легкие и тяжелые нефти). Полагается, что условия фазового равновесия описываются в терминах коэффициентов распределения (констант фазового равновесия). Задача о фазовом равновесии состоит в определении, на какие фазы расслоится смесь, их молярные доли и составы, а также температуру, при известных молярных концентрациях всех компонентов смеси, её молярной энтальпии и давлении. В работе строится алгоритм, позволяющий единообразно решать задачи подобного типа, основанный на методе логарифмических барьеров. Проведено сравнение разработанного алгоритма с его «стандартным» аналогом.

Ключевые слова: фазовое равновесие, потенциал Гиббса, константы фазового равновесия, метод логарифмических барьеров.

УДК 53.09

*А. М. Перепухов¹, О. В. Кишенков¹, Л. И. Меньшиков¹, А. В. Максимычев¹,
Д. А. Александров¹*

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

Проявление эффекта аномальной диффузии в поровых жидкостях

Влияние размера пор на характер процесса переноса вещества в пористых материалах исследовано методами ЯМР на примере заполненной водой и деканом плотноупакованной гранулярной пористой среды, образованной стеклянными шариками. Релаксация протонной намагниченности в однородном и градиентном магнитном поле изучалась с использованием импульсной последовательности Карра—Парселла—Мейбума—Гилла (КПМГ) с переменным временным промежутком τ между импульсами. Обнаружено, что при размерах пор $d_p < 10$ мкм скорость поперечной релаксации протонной намагниченности содержит слагаемое, линейно возрастающее с ростом τ , а при $d_p > 10$ мкм эта зависимость становится квадратичной, как в обычной объёмной жидкости. Дано теоретическое объяснение этого эффекта. Показано, что при $d_p < 10$ мкм перенос вещества осуществляется в режиме сверхдиффузии. При этом молекулы перемещаются вдоль поверхности шариков в результате кратковременных прыжков в объём жидкости («bulk mediated surface diffusion»).

Ключевые слова: ЯМР, КПМГ, релаксация, пористые среды, поровый флюид, явления переноса.