

УДК 517.444:330.44

*А. Д. Агальцов*

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **Теоремы обращения и единственности для интегральных операторов типа Радона**

В работе изучаются интегральные операторы типа Радона и обобщённое преобразование Радона по гиперповерхностям уровня положительно однородных функций. Такие операторы возникают в модели чистой отрасли производства, учитывающей замещение производственных факторов. Для этих операторов получены формулы обращения и теоремы единственности. Указан пример неединственности.

**Ключевые слова:** интегральный оператор типа Радона, обобщённое преобразование Радона, функция прибыли, формула обращения, теорема единственности, пример неединственности.

УДК 519.6, 532.3

*Аунг Лин, А. И. Лобанов*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **К вопросу о распределении скоростей частиц в сдвиговом потоке при малой объёмной доле частиц**

Рассматривается математическая модель распределения скоростей частиц конечного размера в сдвиговом потоке, основанная на рассмотрении законов сохранения массы и импульса. Распределение скоростей играет ключевую роль в моделях сдвиговой диффузии. Модель описывает изменения профиля скорости, зависит от отношения размеров частицы и сосуда. Модель воспроизводит эффекты Фареуса–Линдквиста и Фареуса. Модель основана на простом геометрическом соображении.

**Ключевые слова:** течение Пуазейля, уравнение неразрывности, неоднородное обтекание, частица конечного размера.

УДК 517.982.252

*Г. Е. Иванов, М. С. Лопушански*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

### **Исчисление параметров выпуклости суммы Минковского сильно и слабо выпуклых множеств относительно неограниченного квазишара**

Рассматриваются сильно и слабо выпуклые множества относительно неограниченного и несимметричного квазишара. Получены теоремы об исчислении параметров выпуклости и о замкнутости суммы Минковского сильно выпуклого и слабо выпуклого множеств.

**Ключевые слова:** сильная и слабая выпуклость, метрическая проекция.

УДК 517.972

*А. Йаакбариев*

Российский университет дружбы народов

## О полугруппах, порождаемых задачами Коши для гиперболических дифференциально-разностных уравнений с отклонениями пространственных переменных

Установлены условия корректной разрешимости задачи Коши для дифференциально-разностного уравнения гиперболического типа с отклонениями пространственного аргумента неизвестной функции. Определено представление полугруппы решений задачи Коши для дифференциально-разностного уравнения гиперболического типа.

УДК 519

*А. А. Кокоткин<sup>1</sup>, А. М. Райгородский<sup>1,2</sup>*<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

## О реализации подграфов случайного графа графами диаметров на плоскости и в пространстве

Получены новые оценки для максимального числа вершин в индуцированном подграфе случайного графа Эрдеша–Реньи, который с высокой вероятностью можно реализовать как граф диаметров в размерности 2 или 3, имеющий максимальное для этой размерности хроматическое число.

**Ключевые слова:** граф диаметров, случайный граф.

УДК 517.98

*М. Х. Нуман Эльшейх<sup>1</sup>, В. Ж. Сакбаев<sup>2</sup>*<sup>1</sup>Российский университет дружбы народов<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

## Операторы Лапласа для уравнения Шредингера на графах

Рассматриваются операторы Лапласа на графах с конечным или счетным числом рёбер. В частности, получено описание самосопряженных расширений симметрического оператора Шредингера, изначально заданного на гладких финитных функциях, носитель которых не содержит точек ветвления графа. В работе получены результаты для графов с одной вершиной, графов с несколькими вершинами и графов с одной вершиной и со счетным множеством лучей.

УДК 531.36

*Н. И. Амелькин<sup>1</sup>, А. В. Зыков<sup>2</sup>*<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)<sup>2</sup>ОАО РКК «Энергия»

### **О равновесиях и устойчивости спутника с системой двухстепенных силовых гироскопов в центральном гравитационном поле**

Получены уравнения движения спутника, несущего произвольную систему двухстепенных силовых гироскопов, в центральном гравитационном поле. Показано, что все устойчивые в вековом смысле положения равновесия спутника, несущего коллинеарную систему двухстепенных гироскопов, могут быть получены при использовании одного двухстепенного гироскопа.

**Ключевые слова:** спутник, силовой гироскоп, равновесие, устойчивость, асимптотическая устойчивость.

УДК 533.49

*К. А. Пруттько*

Центральный научно-исследовательский институт машиностроения

### **Моделирование излучения высокотемпературного воздуха при входе спускаемых аппаратов со второй космической скоростью**

При анализе теплообмена спускаемых аппаратов (СА), входящих со второй космической скоростью в атмосферу Земли, после планируемых экспедиций к Луне или Марсу наибольшие трудности возникают при выборе радиационной модели, которая должна учитывать как газодинамические особенности течения (ударные волны, пограничный слой), так и наличие областей с сильно неравновесными параметрами и различными оптическими толщинами. При высоких температурах газа в ударном слое ( $T \geq 9500$  К), отвечающих скоростям  $V = 10\text{--}12$  км/с, в его основной части преобладают атомарные компоненты, которые и определяют излучательную способность газа. Основными процессами, дающими наибольший вклад в лучистый поток к поверхности СА, в этом случае являются: фоторекомбинация и тормозное излучение (сплошной спектр), линейчатое излучение атомов. В настоящей работе дается анализ границ применимости равновесной модели излучения для СА больших размеров и предложена методика расчета интенсивности и переноса излучения высокотемпературного воздуха, обусловленного атомарными компонентами.

**Ключевые слова:** спускаемый аппарат, лучистый тепловой поток, излучение атомов, ударный слой.

УДК 531.384

*А. В. Сахаров*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

## **Поворот тела без внешних движителей при помощи ротора**

Рассмотрено твердое тело, обладающее полостью, на шероховатой плоскости. В качестве закона трения между телом и опорной плоскостью принимается локальный закон Амонтона–Кулона. Для определения контактных напряжений использовалась динамически совместная модель. Поворот тела на плоскости совершается благодаря вращению ротора внутри полости. При этом ротор располагается двумя способами: в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Составлены и численно проинтегрированы уравнения движения тела.

**Ключевые слова:** сухое трение, закон Амонтона–Кулона, динамически совместная модель, контактное напряжение.

УДК 621.3.049.779

*А. А. Тыртычный, А. И. Скалон*

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

## **Выбор подвеса чувствительных элементов инерциальных микромеханических датчиков для систем управления малых космических аппаратов**

Статья содержит результаты исследований влияния конструктивных особенностей упругого подвеса инерционной массы микромеханического гироскопа, работающего в режиме автоколебаний, на характеристики прибора, в частности на амплитуды колебаний по оси возбуждения и выходной оси. Описан способ определения угла подвеса, обеспечивающего резонанс, что даёт возможность существенно повысить амплитуду колебаний и, соответственно, чувствительность датчика.

**Ключевые слова:** микромеханика, датчик угловой скорости, гироскоп, автоколебания, упругий подвес, жёсткость, резонанс, чувствительность.

УДК 629.1

*Ю. М. Ахметов, Э. И. Зангиров, А. В. Свистунов*

Уфимский государственный авиационный технический университет

## Возможный механизм течения вихревых закрученных потоков

Рассматривается задача определения механизма течения потоков газа в вихревой трубе. Выполнено прямое численное моделирование движения потока газа по тракту вихревой трубы в пакете прикладных программ вычислительной гидродинамики Flow Simulation 2012. В отличие от известных результатов численного моделирования показано наличие различных структур в потоке газа и выявлен характер их взаимодействия.

**Ключевые слова:** вихревая труба, дросселирование, математическая модель, прямое численное моделирование, крупномасштабная вихревая структура.

УДК 532.517.4

*И. С. Босняков, Г. Г. Судаков*

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

## Расчет затухания однородной и изотропной турбулентности с помощью метода моделирования больших вихрей (LES) второго порядка аппроксимации

Исследована задача о затухании однородной и изотропной турбулентности. Для неё существуют теоретические оценки закона затухания турбулентных пульсаций со временем и аналитические зависимости для корреляционного тензора скоростей. Эти оценки используются для верификации промышленного численного метода второго порядка точности по пространству и времени. Задача о диссипации турбулентности решается с помощью метода моделирования больших вихрей. Полученные результаты попадают в общий диапазон результатов, полученных другими авторами.

**Ключевые слова:** однородная изотропная турбулентность, моделирование больших вихрей, вырождение турбулентности, численное моделирование.

УДК 532.526.048.3; 532.527; 532.529

*В. В. Вышинский<sup>1,2</sup>, А. А. Корняков<sup>2</sup>, Ю. Н. Свириденко<sup>2</sup>*<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)<sup>2</sup>Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н. Е. Жуковского

## Моделирование возмущенного поля скоростей в окрестности вертолетоносца типа «Мистраль»

Приведены постановка задачи и результаты моделирования возмущенного поля скоростей в окрестности авианесущего корабля при его обдувке «вымпельным ветром». Полученные результаты использованы на пилотажных стендах и авиационных тренажерах для моделирования реалистичной обстановки при выполнении взлета и посадки на движущийся в приземном ветровом пограничном слое авианесущий корабль. Для моделирования в режиме реального времени используются искусственные нейронные сети.

**Ключевые слова:** приземный слой атмосферы, пилотажный стенд, авиационный тренажер, авианесущий корабль, математическое моделирование, уравнения Навье–Стокса, осредненные по Рейнольдсу, искусственные нейронные сети.

УДК 533.6

*И. И. Липатов<sup>1</sup>, Туан Винь Фам<sup>1</sup>, А. А. Приходько<sup>2</sup>*<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)<sup>2</sup>Институт транспортных систем и технологий НАН

## Численное моделирование процессов возникновения бафтинга

Представлены результаты численного исследования возникновения бафтинга на профиле Naca0012. Определены границы возникновения режимов автоколебаний скачка уплотнения при взаимодействии с течением в пограничном слое по числам Маха и углам атаки. Исследованы некоторые режимы управления течением в пограничном слое с целью изменения границ бафтинга.

**Ключевые слова:** трансзвуковое обтекание, автоколебания скачка уплотнения, отрыв пограничного слоя.

УДК 629.7.023.4

*Хонг Фонг Нгуен<sup>1</sup>, В. И. Бирюк<sup>1,2</sup>*<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)<sup>2</sup>Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н. Е. Жуковского

## Исследования по оптимизации конструктивно-силовой схемы самолета с прямым крылом из композиционных материалов

В работе рассмотрено крыло беспилотного летательного аппарата из композиционных материалов. Исследована возможность снижения расчетных нагрузок на крыло за счет использования анизотропии композиционного материала. Проведены исследования для различных вариантов анизотропии и получены оптимальные соотношения углов ориентации композиционных слоев. Применены различные критерии прочности композиционной обшивки и проведено сравнение оптимальных вариантов.

**Ключевые слова:** оптимизация, композиционные материалы, конструктивно-силовая схема, прямое крыло, кессон крыла, беспилотный самолет.

УДК 330:336

*М. А. Бурнусузян*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

## Оценка влияния валютного курса на структуру национальной экономики: на примере Республики Армения

Исследуется влияние обменного курса национальной валюты на структуру экономики Республики Армения. Получены количественные характеристики влияния валютного курса на промышленность, сельское хозяйство, услуги и строительство. В работе также количественно оценено влияние обменного курса на горнодобывающую промышленность и на внутренние цены на бензин в Республике Армения.

**Ключевые слова:** обменный курс, национальная валюта, сельскохозяйственная продукция, промышленность, услуги, горнодобывающая промышленность.

УДК 656.021

*М. С. Васильев*

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

## **Преобразование схем дорожных сетей**

Основная цель данной работы — продемонстрировать принципиально новый способ работы с дорожными сетями, который заключается в представлении их в виде геометрических графов и их дальнейшем преобразовании. Способ работы со схемами дорожных сетей, изложенный в данной статье, позволяет не только упрощать дорожные сети путем уменьшения числа элементов сети, изменения организации движения или геометрического положения некоторых элементов сети, но и получать новые дорожные сети из уже существующих.

**Ключевые слова:** граф, вход, выход, максимальное число реализуемых маршрутов, связность, полная и неполная схемы, избыточная схема, минимальная структура, обнуление участка схемы, разделение—объединение (Р—О)-схема, разделение схемы на подсхемы, объединение подсхем в схему, кратность ребра графа.

УДК 519.86:658.8.03

*С. Л. Семаков, А. С. Семаков*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

## **Управление ценовыми скидками в торговых сетях**

Представлены и подробно обсуждаются результаты, полученные при использовании ранее предложенного алгоритма по управлению скидками на цену сезонного товара в торговых сетях. Алгоритм направлен на устранение отставания фактических продаж от плановых и максимизацию выручки от продаж. Представленные результаты получены при введении алгоритма в реально существующей крупной торговой сети, состоящей из нескольких сотен магазинов одежды.

**Ключевые слова:** управление продажами, торговые сети, максимизация выручки, ценовые скидки.

УДК 621.39

*Н. М. Боев*

Сибирский федеральный университет

## **Способы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровых систем связи беспилотных летательных аппаратов**

Рассматриваются вопросы повышения энергетической и спектральной эффективности цифровых программно-определяемых систем связи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), способы адаптивного изменения параметров приемопередающей системы в целях повышения эффективности работы комплекса связи; предлагается система синхронизации приемной и передающей частей системы связи с использованием спутниковых радионавигационных систем; описываются новые методы управления энергетической эффективностью совмещенных каналов передачи информации единой системы связи.

**Ключевые слова:** цифровые системы связи, беспилотные летательные аппараты, энергетическая эффективность, спектральная эффективность, управление энергетической эффективностью.

УДК 534.4

*В. Е. Гай*

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

## Информационный подход к описанию звукового сигнала

Рассматривается подход к решению задачи раскрытия априорной неопределённости звукового сигнала. Предлагаемый подход основан на последовательном применении к сигналу операций интегрирования и дифференцирования. Это позволяет избавиться от некорректности, возникающей при предварительной обработке сигнала. Метод идентификации звуковых записей, предлагаемый в работе, основан на использовании данного подхода.

**Ключевые слова:** цифровая обработка сигналов, звуковой сигнал, активное восприятие, идентификация звуковых сигналов.

УДК 621.396

*В. П. Сивоконь<sup>1</sup>, А. В. Кубышкин<sup>2</sup>, В. В. Богданов<sup>1</sup>, Н. В. Чернева<sup>1</sup>,  
И. В. Агранат<sup>1</sup>, А. С. Сероветников<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

## Вистлеры как возможные индикаторы активных воздействий на ионосферу

В результате экспериментальных наблюдений на полуострове Камчатка обнаружена нестандартная форма вистлеров (свистящих атмосфериков), обусловленная амплитудной модуляцией внешним электромагнитным импульсом длительностью около 1 секунды с частотой заполнения 1,1 кГц. В этой связи авторами выдвинута гипотеза о возможности использования вистлеров в качестве индикатора активных воздействий на ионосферу. Так, информация о параметрах искусственного нагрева ионосферы может быть восстановлена по огибающей вистлера, в то время как частотная дисперсия содержит данные об эволюции электронной концентрации.

**Ключевые слова:** вистлеры, прогрев ионосферы, амплитудная модуляция, частотная дисперсия.

УДК 004.057.4

*С. Ю. Шаров*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

## Аналитическая модель гибридного канала связи с холодным резервированием

Рассматривается гибридный канал передачи данных, построенный на базе лазерного атмосферного канала, который резервируется радиоканалом. Строится математическая модель, позволяющая описать предлагаемое устройство. Кроме того, в работе предлагается комплексный анализ построенной модели, позволяющий получить основные характеристики гибридного канала с холодным резервированием. Находятся условия существования стационарного режима.

**Ключевые слова:** гибридный канал, лазерный атмосферный канал, радиоканал миллиметрового диапазона радиоволн, математическое моделирование.



УДК 519.725

*А. Л. Шиликин*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

## **Комбинированный метод построения многокомпонентных сетевых кодов**

Предложен новый метод построения многокомпонентных сетевых кодов на основе ранговых подкодов. Метод сочетает в себе «жадный» лексикографический перебор при поиске компонент сетевого кода, а также использование неравномерно ограниченных ранговых кодов для кодирования внутри компонент. Приведены примеры кодов, получены оценки мощности, осуществлено сравнение с верхней границей.

**Ключевые слова:** коды над подпространствами, коды постоянного веса, «жадный» перебор.