

Научно-теоретический журнал  
Издается с августа 1946 года

## СОДЕРЖАНИЕ

### Прикладная математика

<i>Афанасьев С. Б., Лавренко Д. С., Николаев П. О., Павлейно М. А., Стишков Ю. К., Чирков В. А.</i> Полуавтоматический метод компьютерной обработки характеристик группового движения объектов и течений различной природы. . .	3
<i>Гасратова Н. А.</i> Напряженно-деформированное состояние упругого пространства со сферическим жестким включением. . . . .	14
<i>Горопашина А. В.</i> Оценка важности аргументов немонотонных логических функций при логико-вероятностном анализе безопасности сложных технических систем. . . . .	19
<i>Григорьева К. В.</i> Суррогатные функционалы в задачах диагностики. . . . .	33
<i>Григорьева Н. С.</i> Алгоритм ветвей и границ для задачи составления расписания на параллельных процессорах. . . . .	44
<i>Жук В. В., Пуеров Г. Ю.</i> Сравнение отклонений обобщенных средних В. А. Стеклова в пространстве $L_2$ . . . . .	56
<i>Зайцев В. Ф., Ложкин А. С.</i> Фундаментальные нелокальные симметрии обыкновенных дифференциальных уравнений. . . . .	63
<i>Зацепин М. А.</i> Математическое моделирование прогноза напряженно-деформированного состояния пологозалегающего массива горных пород. . . . .	68
<i>Косовская Т. М.</i> Частичная выводимость предикатных формул как средство распознавания объектов с неполной информацией. . . . .	74
<i>Лебединская Н. А., Лебединский Д. М.</i> Преобразование триангуляций при помощи элементарных операций. . . . .	84
<i>Мирошин Р. Н.</i> Простое доказательство теоремы Маркова в обобщенной проблеме моментов. . . . .	87
<i>Молдовян Н. А.</i> Группы векторов для алгоритмов электронной цифровой подписи. . .	96
<i>Новоселов В. С.</i> Асимптотическое построение оптимального многопараметрического перелета. 1. Нулевое и первое приближения. . . . .	103
<i>Тутыгин В. С., Дебелова А. В.</i> Новый алгоритм частотного анализа. . . . .	109
<i>Холодова С. Е.</i> Математическое моделирование крупномасштабных движений стратифицированной электропроводной жидкости в сферическом слое. . . . .	117



## Информатика

<i>Кударов Руслан С.</i> Статистическая модель зависимости количества брака в работе персонала от профессиональной подготовки. ....	133
<i>Кударов Рустем С.</i> Моделирование основной составляющей входного пассажиропотока метрополитена в часы пик. ....	138

## Процессы управления

<i>Александров А. Ю., Косов А. А.</i> Анализ устойчивости положений равновесия нелинейных механических систем на основе декомпозиции. ....	143
--	-----

## Хроника

Конференция «Процессы управления и устойчивость» .....	155
--	-----

Рефераты .....	156
----------------	-----

Правила оформления и условия приема статей «Вестник СПбГУ» .....	164
--	-----

Порядок рецензирования рукописей научных статей, поступивших в редакцию журнала .....	167
---	-----

### РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ «ВЕСТНИКА СПбУ»

Председатель д-р юрид. наук, проф. **Кропачев Н. М.**  
Зам. председ. канд. биол. наук, проф. **Горлинский И. А.**  
Зам. председ. д-р социол. наук, проф. **Скворцов Н. Г.**

Ответственный секретарь канд. ист. наук **Романова У. Л.**

---

---

#### Редакционная коллегия серии:

декан ПМ-ПУ ф-та, д-р ф.-м. наук, проф. *Л. А. Петросян* (отв. редактор), зав. кафедрой, д-р ф.-м. наук, проф. *Д. А. Овсянников* (зам. отв. редактора), д-р ф.-м. наук, проф. *С. В. Чистяков* (зам. отв. редактора), д-р ф.-м. наук, проф. *И. Л. Братчиков*, зав. кафедрой, д-р ф.-м. наук, проф. *Е. И. Веремей*, зав. кафедрой, д-р ф.-м. наук, проф. *Ю. М. Даль*, зав. кафедрой, д-р ф.-м. наук, проф. *В. Ф. Демьянов*, д-р ф.-м. наук, проф. *О. И. Дриготиц*, доцент, к-т ф.-м. наук *В. Ю. Добрынин*, зав. кафедрой, д-р ф.-м. наук, проф. *Н. В. Егоров*, зав. кафедрой, д-р ф.-м. наук, проф. *А. П. Жабко*, зав. кафедрой, д-р ф.-м. наук, проф. *А. М. Камачкин*, доцент, к-т ф.-м. наук *В. В. Карелин* (секретарь), декан мат.-мех. ф-та, д-р ф.-м. наук, проф. *Г. А. Леонов*, д-р ф.-м. наук, проф. *В. С. Новоселов*, дир-р НИИ инф. технологий, д-р ф.-м. наук, проф. *А. Н. Терезов*, д-р ф.-м. наук, проф. *В. Л. Харитонов*

Редактор *Э. А. Горелик*  
Техн. редактор *А. В. Борщева*  
Верстка *А. Л. Рядковой*

Номер подготовлен в  $\text{\LaTeX}$

На наш журнал можно подписаться по каталогу  
«Газеты и журналы» «Агентства «Роспечать»».  
Подписной индекс 36429

---

Подписано в печать 13.02.2009. Формат 70×100 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 9,77. Уч.-изд. л. 14,0. Тираж 500 экз. Заказ № .

Адрес редакции: 199004, С.-Петербург, В. О., 6-я линия, д. 11/21, комн. 319.

Телефон: 325-26-04; тел./факс 328-44-22; E-mail: vesty@unipress.ru.

<http://vesty.unipress.ru>.

---

Типография Издательства СПбГУ. 199061, С.-Петербург, Средний пр., 41.

## ХРОНИКА

**КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ»**

С 7 по 10 апреля 2008 г. на факультете прикладной математики–процессов управления (ПМ–ПУ) Санкт-Петербургского государственного университета состоялась 39-я ежегодная международная научная конференция аспирантов и студентов «Процессы управления и устойчивость», “Control Processes and Stability” (CPS’08).

К участию в ней было подано 142 заявки от студентов, аспирантов, преподавателей факультета ПМ–ПУ, а также других факультетов СПбГУ, университетов Германии, России и Японии.

На открытии конференции выступил доц. *Г. М. Хитров* с докладом «Матричный подход к теории графов».

Работа конференции проходила по следующим секциям:

секция № 1: *Математическая теория процессов управления* (председатель – проф. А. П. Жабко);

секция № 2: *Математические методы в механике и физике* (председатель – проф. О. И. Дривотин);

секция № 3: *Математические модели медико-биологических систем* (председатели – проф. Е. П. Колпак, доц. Е. Д. Котина);

секция № 4: *Информационные и компьютерные технологии* (председатели – проф. С. Н. Андрианов, доц. С. Л. Сергеев);

секция № 5: *Управление социально-экономическими системами* (председатели – профессора А. Ю. Гарнаев, В. В. Захаров, А. В. Прасолов).

По результатам работы конференции издан сборник, в который включены полные тексты докладов, сделанных на конференции и рекомендованных к публикации: **Процессы управления и устойчивость**: Труды 39-й международной научной конференции аспирантов и студентов. Россия, СПб., 7–10 апреля 2008 г. / Под ред. Н. В. Смирнова, Г. Ш. Тамасяна. СПб.: Изд. Дом С.-Петербур. ун-та, 2008. 576 с.

С 6 по 9 апреля 2009 г. на факультете ПМ–ПУ СПбГУ состоится 40-я международная научная конференция аспирантов и студентов «Процессы управления и устойчивость». Информация о ней появится на сайте факультета <http://www.apmath.spbu.ru> в феврале-марте 2009 г. Мы будем рады видеть Вас в составе ее участников.

*Оргкомитет*

## РЕФЕРАТЫ

УДК 532.5+519.688+004.932

Афанасьев С. Б., Лавренюк Д. С., Николаев П. О., Павлейно М. А., Стишков Ю. К., Чирков В. А. **Полуавтоматический метод компьютерной обработки характеристик группового движения объектов и течений различной природы** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 3–13.

Задача определения кинематической структуры группового движения объектов важна при проведении экспериментальных исследований. Особую роль среди таких задач играют те, в которых исходными данными являются видеокadres, на которых запечатлено движение объектов. Например, такими объектами могут быть метки, визуализирующие течение жидкости. Для обработки подобных экспериментов обычно используются программы автоматического определения скорости по изображениям частиц (particle image velocimetry – PIV). Однако применение данной методики требует использования в экспериментальной установке мощных лазеров и оптических схем, а также не дает возможности проводить обработку течений со сложной структурой. В статье представлена программа *EHD reader*, основанная на другом алгоритме. Она предназначена для работы с течениями различной природы, зарегистрированными при помощи метода визуализирующих частиц. Программа работает как при непрерывной подсветке и съемке в виде видеофильма, так и при стробированной подсветке и съемке в виде фотографии или видеофильма. В отличие от PIV программ она не требует тщательной обработки и подготовки видеокadres и позволяет в полуавтоматическом режиме проводить обработку двумерных течений произвольной сложности. Принципы работы программы и последовательность действий показаны на примере обработки видеозаписи электрогидродинамических течений. Библиогр. 3 назв. Ил. 8.

*Ключевые слова:* компьютерная обработка, характеристики течений, восстановление кинематической структуры.

УДК 539.3

Гасратова Н. А. **Напряженно-деформированное состояние упругого пространства со сферическим жестким включением** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 14–18.

В настоящей работе для определения напряженно-деформированного упругого пространства со сферическим жестким включением используются соотношения, которые записаны в напряжениях. Решение представлено степенными рядами по косинусу угла между осью вращения и радиусом сферы. Коэффициенты этих рядов, зависящие от сферической координаты  $r$ , определяются из системы дифференциальных уравнений. Данная система построена так, что ее неизвестные на границе совпадают с кинематическими краевыми величинами, и имеет вид, удобный для интегрирования. Представленный подход может быть полезным при решении осесимметричных задач, граничные условия которых формулируются на поверхностях, близких к сфере. Библиогр. 4 назв.

*Ключевые слова:* осесимметричные задачи, сферическое жесткое включение, линейная теория упругости.

УДК 519.248

Горопашная А. В. **Оценка важности аргументов немонотонных логических функций при логико-вероятностном анализе безопасности сложных технических систем** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 19–32.

В рамках теории логико-вероятностного исчисления разработаны методы оценки веса, значимости, вклада, активности. Эти параметры указывают, какие события оказывают существенное влияние на безопасность системы. Часто определение веса элемента – это единственная возможность узнать «слабые места» структуры и оценить безопасность. Однако

методы оценки приведенных выше параметров на настоящий момент широко разработаны только для монотонных структур. Автором предпринята попытка перенести разработанные ранее результаты для монотонных функций алгебры логики в область рассмотрения немонотонных структур: выведены формулы для оценки веса, значимости, активности, вклада, а также для вычисления двойных, двукратных булевых разностей, их дизъюнкций, конъюнкций и суммы по модулю два для таких функций. Библиогр. 3 назв.

*Ключевые слова:* безопасность, вес, значимость, вклад, активность.

УДК 519.3+519.7

Григорьева К. В. **Суррогатные функционалы в задачах диагностики** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 33–43.

Рассматриваются задачи математической диагностики. Наиболее распространенным подходом к их решению является статистический. Автор рассматривает упомянутые проблемы с помощью оптимизационного подхода, который может быть полезным в случае, когда статистические особенности базы данных неизвестны или база данных не является достаточно большой. В статье используется негладкая модель, где необходимо отделить два множества, выпуклые оболочки которых, вообще говоря, пересекаются. Линейный классификатор применяется, чтобы идентифицировать точки двух множеств. Качество идентификации оценивается так называемым «натуральным» функционалом – количеством ошибочно идентифицированных точек. Необходимо найти оптимальное положение гиперплоскости, сдвигая и поворачивая последнюю таким образом, чтобы количество неверно идентифицируемых точек было как можно меньше. Так как «натуральный» функционал – разрывный, предлагается аппроксимировать его некоторым «суррогатным» функционалом, обладающим свойством непрерывности. Представлены и изучены два «суррогатных» функционала. Показано, что один из них – субдифференцируемый, другой – непрерывно дифференцируемый. Также демонстрируется, что их свойства позволяют применить теорию точных штрафов для сведения возникшей задачи условной минимизации к задаче безусловной минимизации и разработать численные методы, в которых используется информация об этих функционалах для построения различных направлений наискорейшего спуска. Необходимые условия минимума сформулированы для обоих «суррогатных» функционалов. Библиогр. 4 назв.

*Ключевые слова:* идентификация, отделимость, математическая диагностика, недифференцируемая оптимизация, аппроксимация.

УДК 519.8

Григорьева Н. С. **Алгоритм ветвей и границ для задачи составления расписания на параллельных процессорах** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 44–55.

Рассматривается NP-трудная задача составления расписания минимальной длины для параллельных процессоров с ограничениями на порядок выполнения работ. Прерывания выполнения заданий не допускаются. Рассматриваются расписания, в которых процессор может простаивать при наличии готовых к выполнению заданий, если простои процессора приводят к сокращению общего времени выполнения заданий. Для этой задачи предлагается метод ветвей и границ, который строит допустимое расписание заданной длины. При построении оптимального расписания необходимо проверить все возможные варианты. Определяются нижняя и верхняя границы для длины расписания. Предложены и обоснованы правила, которые позволяют проанализировать частичное решение и отбросить неперспективные, применение этих правил приводит к значительному сокращению количества перебираемых вариантов. Рассматриваются и сравниваются различные подходы к выбору очередного задания для ветвления, обосновывается метод оценки частичного решения. Проведен вычислительный эксперимент на случайно сгенерированных задачах для проверки эффективности предложенных подходов. Результаты вычислительного эксперимента подтверждают перспективность алгоритма построения расписания. Библиогр. 8 назв. Табл. 4.

*Ключевые слова:* многопроцессорное расписание, расписание с простоями, метод ветвей и границ.

УДК 517.5

Жук В. В., Пуров Г. Ю. **Сравнение отклонений обобщенных средних В. А. Стеклова в пространстве  $L_2$**  // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 56–62.

Пусть  $L_p$  (при  $1 \leq p < \infty$ ) – пространство  $2\pi$ -периодических измеримых функций  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$ , суммируемых с  $p$ -й степенью на периоде и нормой

$$\|f\|_p = \left( \int_{-\pi}^{\pi} |f|^p \right)^{1/p},$$

$L_\infty = C$  – пространство непрерывных  $2\pi$ -периодических функций  $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}$  с нормой

$$\|f\|_\infty = \max_{x \in \mathbb{R}} |f(x)|;$$

$A$  – множество четных вещественнозначных функций  $f \in C$  с неотрицательными коэффициентами Фурье. Для  $f \in L_1$ ,  $h > 0$ ,  $r - 1 \in \mathbb{N}$ ,  $x \in \mathbb{R}$  полагаем

$$S_{h,1}(f, x) = \frac{1}{h} \int_{-h/2}^{h/2} f(x+t) dt, \quad S_{h,r}(f, x) = S_{h,1}(S_{h,r-1}(f), x).$$

Функция  $S_{h,r}(f)$  называется функцией В. А. Стеклова порядка  $r$  с шагом  $h$  для функции  $f$ . Доказываются следующие утверждения. Пусть  $l, r, s \in \mathbb{N}$ ,  $r \leq s$ ,  $q \geq 1$ . Тогда

$$\sup_{h>0} \sup_{f \in L_2} \frac{\|(E - S_{qh,s})^l(f)\|_2}{\|(E - S_{h,r})^l(f)\|_2} = \left(\frac{s}{r}\right)^l q^{2l},$$

$$\sup_{h>0} \sup_{f \in A} \frac{\|(E - S_{qh,s})^l(f)\|_\infty}{\|(E - S_{h,r})^l(f)\|_\infty} = \left(\frac{s}{r}\right)^l q^{2l}.$$

Библиогр. 4 назв.

*Ключевые слова:* аппроксимация, функции Стеклова, точные оценки.

УДК 517.9

Зайцев В. Ф., Ложкин А. С. **Фундаментальные нелокальные симметрии обыкновенных дифференциальных уравнений** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 63–67.

Решается обратная задача группового анализа для экспоненциальных нелокальных операторов при условии, что соответствующая симметрия является фундаментальной. С помощью этих операторов факторизованы некоторые уравнения 2-го порядка. Основной задачей группового анализа является поиск непрерывных симметрий дифференциальных уравнений, что позволяет понизить порядок уравнения и в ряде случаев проинтегрировать его в аналитическом замкнутом виде. В настоящей работе рассматриваются нелокальные экспоненциальные симметрии уравнения 2-го порядка, причем условие инвариантности выполняется на всем пространстве, а не только на многообразии решений этого уравнения. Такие симметрии названы авторами фундаментальными. Найден широкий класс уравнений (с двумя произвольными функциями двух аргументов), имеющих такие симметрии и допускающих факторизацию до системы двух уравнений 1-го порядка, одно из которых решается независимо. Показано, как с помощью одной такой симметрии найти все симметрии исследуемого уравнения. Все приведенные теоремы доказаны и проиллюстрированы примерами. Библиогр. 8 назв.

*Ключевые слова:* групповой анализ, экспоненциальный нелокальный оператор, фундаментальная симметрия.

УДК 539.3

**З а ц е п и н М. А. Математическое моделирование прогноза напряженно-деформированного состояния пологозалегающего массива горных пород // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 68–73.**

Надежное прогнозирование напряженно-деформированного состояния однородного физически нелинейного породного массива выполняется на основе численно-аналитического и численного моделирования, включающего комплекс методов: вариационного (метод В. З. Власова) при решении линейных задач для подземных горных выработок неглубокого заложения, конечных разностей (программа FLAC) и конечных элементов, чтобы решить нелинейные задачи для подземных горных выработок глубокого заложения. Разработаны алгоритм и вычислительная программа на ЭВМ на основе метода конечных элементов, позволяющие проводить расчеты широкого класса актуальных практических задач геомеханики. Проведены расчеты вертикальных смещений прямоугольной очистной выработки и определен закон распределения опорного давления на различных удалениях от забоя по программе FLAC v.4.0, основанной на методе конечных разностей, а также проведено сравнение полученных результатов с аналитическими решениями. Библиогр. 8 назв. Ил. 4.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, прогноз, геомеханика, массив горных пород, напряженно-деформированное состояние, аналитические и численные методы, метод В. З. Власова, метод конечных разностей, метод конечных элементов, сравнение результатов.

УДК 004.93.51

**К о с о в с к а я Т. М. Частичная выводимость предикатных формул как средство распознавания объектов с неполной информацией // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 74–83.**

Рассматриваются задачи адаптации логико-предметной распознающей системы к распознаванию в условиях неполной информации об объекте. С этой целью вводится понятие неполного вывода, заключающееся в том, что из имеющегося множества формул выводима лишь подформула заданной формулы, но сама формула не противоречит заданному множеству. Даются алгоритмы построения неполного вывода, позволяющего отнести распознаваемый объект к тому или иному классу с определенной (вычисляемой в процессе работы алгоритма) степенью уверенности. Доказываются оценки числа шагов работы этих алгоритмов. Библиогр. 3 назв.

*Ключевые слова:* распознавание образов, неполная информация, исчисление предикатов, сложность алгоритмов.

УДК 518

**Л е б е д и н с к а я Н. А., Л е б е д и н с к и й Д. М. Преобразование триангуляций при помощи элементарных операций // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 84–86.**

Триангуляции плоских областей часто используются для построения пространств аппроксимирующих функций при решении функциональных уравнений. При этом качество аппроксимации зависит и от выбранной триангуляции. Рассматривается вопрос о преобразовании одной триангуляции в другую при помощи элементарных преобразований. Для преобразований триангуляций поверхностей соответствующий результат известен, однако он утверждает лишь возможность преобразования одной триангуляции в другую с точностью до изоморфизма. Сужение класса триангулируемых областей до плоских, ограниченных и многоугольных, а также выбор в качестве элементарных операции разделения ребра и обратную к ней (удаление вершины, общей для трех на границе области или четырех ребер внутри области, два из которых лежат на одной прямой и два – по разные стороны от этой прямой) приводят к возможности переводить одну триангуляцию в другую точно. Этот результат следует из возможности для любых двух триангуляций найти одну, являющуюся измельчением обеих,

из возможности перевести любую триангуляцию в любое ее измельчение при помощи элементарных операций и из обратимости преобразований. Приводимый в статье способ преобразования триангуляций конструктивен, т. е. может быть реализован в виде алгоритма.

*Ключевые слова:* преобразование триангуляций, разделение ребра, измельчение триангуляции, удаление вершины.

УДК 517.5

**М и р о ш и н Р. Н. Простое доказательство теоремы Маркова в обобщенной проблеме моментов** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 87–95.

Проблема моментов заключается в отыскании границ некоторого интеграла по известным обобщенным моментам неотрицательной неизвестной функции, входящей множителем в подынтегральную функцию. Эти границы определяются по теореме А. А. Маркова. Приведенное в статье новое доказательство теоремы Маркова основано на процедуре решения так называемой изопериметрической задачи вариационного исчисления с помощью множителей Лагранжа, что позволило существенно доказательство сократить. Три примера иллюстрируют логику рассуждений. Библиогр. 9 назв.

*Ключевые слова:* проблема моментов, теорема Маркова.

УДК 681.3

**М о л д о в я н Н. А. Группы векторов для алгоритмов электронной цифровой подписи** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 96–102.

Для повышения производительности алгоритмов электронной цифровой подписи (ЭЦП) в качестве криптографического примитива вводятся группы векторов, формируемые в конечном векторном пространстве. Над  $m$ -мерными векторами, координатами которых являются элементы конечного поля, вводятся операции суммирования и умножения векторов, при которых образуются конечные группы и поля векторов для применения в качестве примитивов алгоритмов ЭЦП. Умножение векторов определяется через таблицы правил умножения базисных векторов, содержащих коэффициенты растяжения, выбором которых обеспечивается придание пространству векторов свойств конечного поля. Показана перспективность применения разработанных структур для существенного повышения производительности алгоритмов ЭЦП. Описаны алгоритмы ЭЦП на основе предложенных групп векторов. Библиогр. 6 назв. Табл. 2.

*Ключевые слова:* группы векторов, векторное конечное поле, цифровая подпись.

УДК 531.1:629.76

**Н о в о с е л о в В. С. Асимптотическое построение оптимального многопараметрического перелета. 1. Нулевое и первое приближения** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 103–108.

Предложен вариационный метод оптимального управления движением в задаче перехода в гравитационном поле с двумя активными участками. Дано аналитическое решение первого порядка с учетом величины приведенного реактивного ускорения, касательного контакта с заданной относительной скоростью, ограничения на продолжительность полета. Библиогр. 16 назв.

*Ключевые слова:* аналитические методы механики космического полета, маневры в центральном гравитационном поле, оптимальные перелеты между орбитами, оптимальная ориентация тяги.



УДК 004.383.3(075)

Т у т ы г и н В. С., Д е б е л о в а А. В. **Новый алгоритм частотного анализа** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 109–116.

Проблема идентификации магнитоупорядоченных веществ с помощью ядерного магнитного резонанса и ядерного квадрупольного резонанса решалась путем частотного анализа эхо-сигналов с использованием быстрого преобразования Фурье. При значительном зашумлении эхо-сигналов данный подход приводил к значительным ошибкам в определении частоты резонанса. Предлагаемое решение основано на определении частоты эхо-сигнала по признаку максимума зависимости коэффициента корреляции частотного спектра эхо-сигнала с несколькими эталонными спектрами в небольшой окрестности от значения частоты, определенной с помощью быстрого преобразования Фурье, а затем от уточненного значения частоты при использовании метода последовательных приближений. Библиогр. 6 назв. Ил. 5.

*Ключевые слова:* ядерный магнитный резонанс, идентификация, частотный анализ, быстрое преобразование Фурье, сплайн-интерполяция, передискретизация, кросс-корреляция.

УДК 532.591

Х о л д о в а С. Е. **Математическое моделирование крупномасштабных движений стратифицированной электропроводной жидкости в сферическом слое** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 117–132.

Исследуются волновые движения у границы земного ядра в тонком сферическом слое устойчиво стратифицированной жидкости. С использованием масштабов движений производится анализ математической модели, пригодной для расчета трехмерных движений с большими временным и пространственным масштабами. Указанный метод анализа позволяет, не ограничиваясь эвристическими рассуждениями, вывести общие квазигеострофические уравнения, описывающие движения как однородной, так и стратифицированной электропроводной вращающейся жидкости. Основная идея анализа состоит в построении схемы последовательных приближений, в которой геострофическое приближение является первым шагом. Получено аналитическое решение системы нелинейных уравнений в частных производных, моделирующей квазигеострофическое движение в слое идеальной электропроводной стратифицированной вращающейся жидкости. Представлены поля магнитогидродинамических величин. Библиогр. 15 назв.

*Ключевые слова:* стратифицированная вращающаяся жидкость, электропроводная вращающаяся жидкость, уравнения в частных производных, квазигеострофическое движение, магнитогидродинамика, земное ядро, аналитическое решение.

УДК 519.24:[62-05:629.41]

К у д а р о в Р у с л а н С. **Статистическая модель зависимости количества брака в работе персонала от профессиональной подготовки** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 133–137.

В настоящей работе построена статистическая модель зависимости количества брака в работе персонала от показателей профессиональной подготовки. Моделирование искомой зависимости выполнено методом максимального правдоподобия на базе теории обобщенной линейной модели. На основе разработанной модели по экспериментальным данным одного из локомотивных депо Октябрьской железной дороги получена зависимость количества брака в работе машинистов от показателей их профессиональной подготовки. С помощью критерия  $\chi^2$  проверена статистическая значимость предложенной модели. Осуществлено прогнозирование вероятности, с которой отдельные работники допустят в своей работе количество брака не больше заданного значения за указанный период. Библиогр. 7 назв.

*Ключевые слова:* брак в работе персонала, обобщенная линейная модель, метод максимального правдоподобия.

УДК 519.24:[256.072:625.42]

**К уд а р о в Р у с т е м С. Моделирование основной составляющей входного пассажиропотока метрополитена в часы пик** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 138–142.

Изложена методика построения регрессионной модели основной составляющей входного пассажиропотока метрополитена. Для поиска оценок коэффициентов регрессии применен метод наименьших квадратов (МНК). При условии, что свойства входного пассажиропотока переносятся на его составляющие, выбор модификации МНК осуществляется с помощью результатов анализа данных о входном пассажиропотоке. Модель построена на основе данных экспериментального обследования пассажиропотоков, формирующих входной пассажиропоток метрополитена в часы пик. Выполнены проверка адекватности модели и значимости коэффициентов регрессии, а также расчет интервальных оценок. Разработанная модель может быть использована для прогнозирования пропускной способности метрополитена в пиковые часы. Библиогр. 7 назв. Ил. 1.

*Ключевые слова:* моделирование, пассажиропоток, метрополитен.

УДК 531.36

**А л е к с а н д р о в А. Ю., К о с о в А. А. Анализ устойчивости положений равновесия нелинейных механических систем на основе декомпозиции** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 1. С. 143–154.

Рассматриваются механические системы, находящиеся под действием диссипативных, гироскопических и существенно нелинейных позиционных сил. Определяются достаточные условия асимптотической устойчивости положений равновесия изучаемых систем. Предполагается, что анализ устойчивости невозможно выполнить на основе линейного приближения. В таких случаях наиболее употребительным способом исследования является метод функций Ляпунова, в качестве которых для механических систем часто используют полную энергию или ее модификации. Однако при наличии неконсервативных позиционных сил в системе полная энергия уже не будет обладать свойствами функции Ляпунова. В случае существенно нелинейных позиционных сил трудности построения функций Ляпунова значительно возрастают. Одним из способов исследования устойчивости таких систем является метод декомпозиции, заключающийся в разделении сложной системы на несколько более простых подсистем, изучении их по отдельности и обоснованном перенесении полученных результатов на исходную систему. Данный метод широко и эффективно применяется в теории устойчивости и управления. В настоящей статье доказываются теоремы, позволяющие делать выводы об асимптотической устойчивости положения равновесия существенно нелинейной системы  $n$  дифференциальных уравнений второго порядка на основе ее декомпозиции на две подсистемы первого порядка той же размерности. Рассматриваются случаи однородных и неоднородных позиционных сил. Проводится анализ влияния неконсервативных сил на устойчивость положений равновесия. Определяются условия гироскопической стабилизации нелинейных механических систем. Библиогр. 16 назв.

*Ключевые слова:* механические системы, устойчивость, декомпозиция, функции Ляпунова, неконсервативные силы.

## CONTENTS

### Applied mathematics

<i>Afanasyev S. B., Lavrenyuk D. S., Nikolaev P. O., Pavleino M. A., Stishkov Yu. K., Chirkov V. A.</i> A semiautomatic method for computer processing of group motion characteristics of objects and different nature flows.....	3
<i>Gasratova N. A.</i> Stress-strain state of elastic space with spherical rigid inclusion.....	14
<i>Goropashnaya A. V.</i> Estimation importance of arguments for non-monotonic logical functions in logic-probabilistic analysis for complex technical systems.....	19
<i>Grigorieva K. V.</i> Surrogate functionals in problems of diagnostics.....	33
<i>Grigoryeva N. S.</i> Branch and bound algorithm for multiprocessor scheduling problem.....	44
<i>Zhuk V. V., Puerov G. Yu.</i> Comparison of errors of approximation by generalized Steklov means in the space $L_2$ .....	56
<i>Zaitsev V. F., Lozhkin A. S.</i> Fundamental nonlocal symmetries of ordinary differential equations..	63
<i>Zatsepin M. A.</i> Mathematical modeling of forecast of stress and strain state of horizontal rock massifs	68
<i>Kossovskaya T. M.</i> Partial deduction of predicate formula as an instrument for recognition of an object with incomplete description.....	74
<i>Lebedinskaya N. A., Lebedinski D. M.</i> Triangulation transformation by elementary operations.....	84
<i>Miroshin R. N.</i> The simple proof of Markov theorem in the field of generalized moment problem..	87
<i>Moldovyan N. A.</i> Vector groups for digital signature algorithms.....	96
<i>Novoselov V. S.</i> Asymptotically optimum multiparameter transfer. 1. Null and first approximations	103
<i>Tutygin V. S., Debelova A. V.</i> New algorithm of frequency analysis.....	109
<i>Kholodova S. E.</i> Mathematical modeling large-scale movements of the stratified electrically conduc- ting liquid in a spherical layer.....	117

### Informatics

<i>Kudarov Ruslan S.</i> The statistical model of a spoilage quantity in the personnel work from the vocational training.....	133
<i>Kudarov Rustem S.</i> Modelling basic constituents of incoming metro passenger flow during rush hours	138

### Control processes

<i>Aleksandrov A. Yu., Kosov A. A.</i> Stability analysis of equilibrium positions of nonlinear mechanical systems by means of decomposition.....	143
--	-----

### Chronicle

Conference "Control processes and stability".....	155
---	-----

<b>Papers</b> .....	156
---------------------	-----

**Правила оформления и условия приема статей «Вестник СПбГУ»**

Серия 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления

Адрес редакции «Вестника СПбУ»:

199004, Санкт-Петербург, В.О., 6-я линия, д. 11/21, комн. 319,  
т./ф. (812) 328 44 22; e-mail: vestnik2009@rambler.ru198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский просп., 35,  
Факультет ПМ-ПУ, комн. 329, тел. (812) 428-45-10;  
e-mail: vkarelin@apmath.spbu.ru**I Правила публикации статей**

- 1) Журнал издает работы, представленные одной из кафедр СПбУ. В журнале публикуются оригинальные, ранее не опубликованные исследования в области прикладной математики, управления или информатики, а также статьи математического характера в области вычислительной техники и механики. Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и т. п. - от 6 до 15 журнальных страниц, краткого научного сообщения - от 3 до 5 стр.
- 2) Все рукописи, поступающие в журнал, направляются на рецензирование. К рецензированию не привлекаются специалисты, работающие в том же подразделении, где выполнена работа. Рецензенты уведомляются о том, что присланные им рукописи являются частной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Рецензентам не разрешается делать копии статей для своих нужд. Рецензирование проводится конфиденциально. Автору рецензируемой работы передается копия рецензии. Решение о публикации (или отклонении) статьи принимается редакционной коллегией серии после ее рецензирования и обсуждения. Решение редколлегии фиксируется в протоколе заседания.
- 3) Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

**II Правила оформления статей**

- 1) Статья должна быть представлена в редакцию в распечатанном (два экземпляра) и электронном виде. Редакция принимает статьи в формате  $\text{\LaTeX 2}_{\epsilon}$ . Под электронной версией, представляемой автором, подразумевается исходный  $\text{\TeX}$ -овский файл (например, MyArticle.tex), соответствующий ему файл PS или PDF,  $\text{\TeX}$ -файлы с Резюме, Summary и авторефератом и отдельные файлы иллюстраций, если таковые имеются. Для подготовки рукописи в операционной системе Windows подходит любая версия пакета MikTeX, который можно бесплатно загрузить с сайта <http://www.miktex.org/>. Убедительная просьба при создании файла не использовать программы конвертеры типа Word2TEX или подобные. Для изготовления PS и PDF-файлов можно воспользоваться бесплатной программой Ghost Script, которая доступна, например, на сайте <http://www.ghostscript.com/>. Рекомендуется следующая минимальная для  $\text{\TeX}$ -файла преамбула:

```

\documentclass[twoside]{article}
\usepackage[cp1251]{inputenc}
\usepackage[english,russian]{babel}
\usepackage{amsmath}
\setlength\textwidth{14cm}
\setlength\textheight{20,25cm}
\addtolength\hoffset{9,55mm}
\addtolength\voffset{2,25mm}
\oddsidemargin0in
\evensidemargin0in

```

Для печати следует использовать несколько изменённый  $\text{\TeX}$ -файл – в преамбуле поставить масштабный фактор  $\text{\mag}=1250$  и изменить параметры сдвига:

```

\addtolength\hoffset{-6,45mm}
\addtolength\voffset{-27,75mm}

```

Печать можно осуществлять прямо из DVI-файла, либо из PS- или PDF-файлов (статья должна содержать все таблицы и иллюстративные материалы).

- 2) Не вводите свои собственные макроопределения, команды и декларации (не используйте в Вашем  $\TeX$ -файле `\def`, `\newcommand`, `\renewcommand`, `\numberwithin`).
- 3) На первой странице статьи должно быть:
  1. УДК - первая строка (справочник кодов УДК можно найти, например, по адресу <http://www.teacode.com/online/udc/>). Если используется автоматическая генерация заголовка `\maketitle`, то УДК следует поместить в название: `\title{\hbox{\normalsize УДК...}Название}`;
  2. Инициалы и фамилия автора (или авторов);
  3. Название статьи, а также сведения о грантах, которыми поддержана публикация (если имеются). Сведения о грантах оформляются в виде сноски `\footnote` к заголовку.
- 4) Дефис обозначается одним минусом `-`, а тире – это два «минуса» `--`.
- 5) Для открывающих кавычек используйте `<<` для закрывающих `>>`. Для «кавычек “внутри” кавычек» открывающие `“` и `”` – закрывающие. В английском тексте (в Summary) открывающие кавычки `“`, закрывающие `”`.
- 6) В десятичных дробях используется только десятичная запятая.
- 7) Единицы измерения физических величин набирайте, используя русские обозначения, перед ними ставьте неразрывный пробел: `\$f_i = 100\$`, 2009<sup>~</sup>.
- 8) Между инициалами и фамилиями ставьте неразрывные пробелы: `A.~A.~Иванов`.
- 9) Общепринятые сокращения русского языка т. е., т. о., и т. д., и т. п. должны содержать неразрывные пробелы: `т.~е. т.~д.`
- 10) Нумерованные выключные формулы создаются окружением `equation`. Для многострочных формул используйте окружение `multline`. Ссылки могут быть организованы как вручную, так и с помощью `\label/\ref`. Для нумерованных выключных формул применяйте окружение `equation*` (соответственно, `multline*` для многострочных). Просьба нумеровать только те формулы, на которые имеется хотя бы одна ссылка в тексте данной статьи.
- 11) При использовании сокращений слов в обозначениях величин применяйте команду `\text`, например,

`\$S_{\text{eff}}\$` или `\$B_{\text{макс}}\$`.

- 12) Список литературы приводится в конце статьи и оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 (см. образец). Нумерация ссылок дается арабскими цифрами в квадратных скобках и приводится по порядку их появления в тексте, в том числе во введении. При ссылке на переводное издание необходимо привести в скобках его оригинальное название и имя автора.

#### Примеры оформления

1. Львовский С. М. Набор и вёрстка в системе  $\LaTeX 2_{\epsilon}$ . М., 2003. 448 с.
2. Knuth D. E. The  $\TeX$ book. Reading: Addison-Wesley Publishing Company, 1984. 483 p.
3. Смит Р. Полупроводники / Пер. с англ. М., 1982. 558 с.
4. Янг Ч., Миллс Р. Сохранение изотопического спина и изотопическая калибровочная инвариантность // Элементарные частицы и компенсирующие поля: Сб. статей / Под ред. Д. Д. Иваненко. М., 1964. С. 28–38.
5. Решетихин Н. Ю., Фаддеев Л. Д. Интегрируемость квантовой модели главного кирального поля // Тр. VII Междунар. совещ. по пробл. квант. теории поля. Алушта, 1984. С. 37–55.
6. Багаев А. А. Приложение метода фонового поля к перенормировке нелинейной сигма-модели: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. СПб., 2008. 135 с.
7. Киселёв В. А., Новиков Б. В., Убушиев Е. А. и др. Поверхностные экситоны с дыркой, локализованные в квантовом инверсионном слое // Письма в Журн. эксп. теор. физики. 1986. Т. 43. Вып. 8. С. 371–373.
8. Новожилов Ю. В., Новожилов В. Ю. Работы Владимира Александровича Фока по квантовой теории. (К столетию со дня рождения) // Теор. мат. физика. 1999. Т. 120. №3. С. 400–416.
9. Daughton W., Scudder J., Karimabadi H. Fully kinetic simulations of undriven magnetic reconnection with open boundary conditions // Phys. Plasmas. 2006. Vol. 13. P. 072101-(1)–072101-(15).
10. Antonov N. V. Renormalization group, operator product expansion and anomalous scaling in models of turbulent advection // J. Phys. (A). 2006. Vol. 39. P. 7825–7865.
11. Istratov A. A., Vyvenko O. F. Exponential analysis in physical phenomena // Rev. of Scientific Instruments. 1999. Vol. 70. N 2. P. 1233–1257.

12. Ван Цзюэ, Сидорова Л. В., Толмачёв Ю. А. О влиянии дифракции волн на временную структуру сигнала на выходе интерферометра // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4: Физика, химия. 2006. Вып. 3. С. 106–111.

Список литературы и библиографические ссылки можно организовывать как вручную [1], так и с использованием окружения thebibliography и команд \cite.

- 13) Таблицы должны быть представлены каждая на отдельной странице в конце статьи. При оформлении таблиц используйте окружение longtable из пакета longtable; текст в колонках выравнивается по центру; размер шрифта на шаг меньше основного (т. е. 9 pt): $\{\small \begin{longtable}\{c|c|c|c\} \dots \end{longtable}\}$ . Все таблицы должны иметь название - команда \caption{ }. Ссылка на таблицу: табл.~1 (необходим неразрывный пробел).
- 14) В виде трёх отдельных Т<sub>Э</sub>X'овских файлов приводятся Резюме на русском и Summary на английском объёмом 2–3 фразы (с указанием фамилии автора и названия статьи по-английски), а также, автореферат (не более 0,5 с.) с кодами УДК. В конце реферата и Summary обязательно должны быть ключевые слова на русском и английском, соответственно.
- 15) В самом конце статьи указывается электронный адрес (e-mail), почтовый адрес с индексом, ФИО автора, с которым предпочтительно вести переписку, а также номер телефона, служебного или домашнего. Также предоставьте, пожалуйста, следующую информацию обо всех авторах:
  1. Фамилия, Имя, Отчество (всё полностью);
  2. Учёная степень;
  3. Организация, в которой работает автор;
  4. Должность и/или звание;
  5. Количество опубликованных работ;
  6. Научные направления;
  7. e-mail.

#### **Требования к иллюстративному материалу**

- 16) Все иллюстрации должны быть напечатаны и присоединены к распечатке статьи.
- 17) Общее требование ко всем рисункам: во-первых, ширина 14 см, во-вторых, все рисунки должны быть чёрно-белыми, никакие цвета, даже оттенки серого недопустимы.
- 18) Рисунки-фотографии и другие растровые изображения, на которых отсутствует какой-либо текст, представляются в виде файлов формата \*.jpg или \*.tif. Желательное разрешение 1200 dpi, во всяком случае, не ниже 600 dpi. Если исходный рисунок был цветным или полутоновым, для создания чёрно-белого изображения его необходимо растривать, например, с помощью программы Adobe Photoshop (параметры: входное разрешение 1200 dpi, полутоновый метод растривания, линейное разрешение 54 линии/дюйм).
- 19) Рисунки-фотографии и другие растровые изображения, содержащие текст необходимо представлять в векторном формате \*.pdf, \*.eps, \*.ai, \*.cdr. При этом текст должен быть векторным. Также желательно, чтобы векторными были элементы типа осей координат и засечек на них (минимальная толщина линий – 0,4 pt). Для создания рисунка растровые элементы импортируются векторным графическим редактором, например, Adobe Illustrator или Corel Draw, после чего вставляется текст и векторные данные. В принципе, для этих целей допустимо использование MS Word или Excel.
- 20) Штриховые иллюстрации (графики, схемы и проч.), должны быть представлены в векторном формате. Недопустимо конвертирование растровых изображений в векторные. Наиболее желательным является предоставление рисунков, изготовленных программой Meta Post (файлы \*.mp). Это приложение (mp.exe) входит в состав стандартного пакета MikTEX. Кроме того, в пакет MikTEX входит файл mpm.pdf, представляющий собой пособие по программе Meta Post, которое содержит большое количество готовых примеров рисунков. Также для изготовления векторных иллюстраций подходит любой векторный графический редактор: Adobe Illustrator, Corel Draw, можно использовать MS Word/Excel. В последнем случае рисунки либо сохраняются в виде файлов \*.doc/\*.xls, либо конвертируются в \*.pdf. Толщина линий на рисунках должна быть не менее 0,5 pt.
- 21) Весь текст в иллюстрациях должен быть набран 9-м кеглем шрифтом с засечками (Times New Roman).
- 22) В конце статьи должны быть приведены подписи к рисункам. Все рисунки должны быть пронумерованы и иметь название.  
Ссылка на рисунок: рис.~1; ссылки на часть рисунка: рис.~\hbox{3а,-б}. При этом в самом рисунке части должны быть обозначены «а, б, ...».

**Порядок рецензирования рукописей научных статей,  
поступивших в редакцию журнала**

- 1) Все научные статьи, поступившие в редколлегию «Вестника СПбУ», подлежат обязательному рецензированию.
- 2) Ответственный секретарь серии определяет соответствие статьи профилю журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на рецензирование специалисту, доктору или кандидату наук, имеющему наиболее близкую к теме статьи научную специализацию. Рецензентом не может быть член редколлегии серии.
- 3) Сроки рецензирования в каждом отдельном случае определяются ответственным секретарем серии с учетом создания условий для максимально оперативной публикации статьи.
- 4) В рецензии освещаются следующие вопросы: а) соответствует ли содержание статьи заявленной в названии теме, б) насколько статья соответствует современным достижениям научно-теоретической мысли, в) доступна ли статья читателям, на которых она рассчитана, с точки зрения языка, стиля, расположения материала, наглядности таблиц, диаграмм, рисунков и формул, г) целесообразна ли публикация статьи с учетом ранее выпущенной по данному вопросу литературы, д) в чем конкретно заключаются положительные стороны, а также недостатки статьи, какие исправления и дополнения должны быть внесены автором, е) рекомендуется, рекомендуется с учетом исправления отмеченных рецензентом недостатков или не рекомендуется статья к публикации в журнале, входящем в Перечень ВАК.
- 5) Рецензии заверяются в порядке, установленном в учреждении, где работает рецензент.
- 6) Рецензирование проводится конфиденциально. Автору рецензируемой статьи предоставляется возможность ознакомиться с текстом рецензии. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье.
- 7) Если в рецензии содержатся рекомендации по исправлению и доработке статьи, ответственный секретарь серии направляет автору текст рецензии с предложением учесть их при подготовке нового варианта статьи или аргументированно (частично или полностью) их опровергнуть. Доработанная (переработанная) автором статья повторно направляется на рецензирование.
- 8) Статья, не рекомендованная рецензентом к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Текст отрицательной рецензии направляется автору по электронной почте, факсом или обычной почтой.
- 9) Наличие положительной рецензии не является достаточным основанием для публикации статьи. Окончательное решение о целесообразности публикации принимается редколлегией серии и фиксируется в протоколе заседания редколлегии.
- 10) После принятия редколлегией серии решения о допуске статьи к публикации ответственный секретарь серии информирует об этом автора и указывает сроки публикации. Текст рецензии направляется автору по электронной почте, факсом или обычным почтовым отправлением.
- 11) Оригиналы рецензий хранятся в редколлегии серии и редакции «Вестника СПбУ» в течение пяти лет.

*Редколлегия Серии 10 (Прикладная математика.  
Информатика. Процессы управления) «Вестника СПбУ»*