

# ВЕСТНИК

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия 1  
Выпуск 2

2012  
Июнь

МАТЕМАТИКА  
МЕХАНИКА  
АСТРОНОМИЯ

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. ИЗДАЕТСЯ С АВГУСТА 1946 ГОДА

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

<i>Абрамовская Т. В.</i> Проблема реализуемости функции со свойствами функции Головача .....	3
<i>Амелина Н. О.</i> Диспетчеризация сети с переменной топологией при помехах и задержках в измерениях .....	11
<i>Бодунов Н. А., Колбина С. А., Пилюгин С. Ю.</i> Локально параметрически идентифицируемые системы типичны .....	16
<i>Квитко А. Н., Якушева Д. Б.</i> Решение задачи синтеза дискретной стабилизации с учетом неполной информации для нелинейной стационарной управляемой системы .....	21
<i>Крым В. Р.</i> Индексная форма для неголономного распределения .....	31
<i>Макаров А. А.</i> Алгоритмы вэйвлетного сжатия пространств линейных сплайнов	41
<i>Меркулов А. С., Широков Н. А.</i> Применение весовых оценок коммутаторов Кальдерона .....	52
<i>Нежинский В. М., Маслова Ю. В.</i> Зацепления вершинно оснащенных графов .	57
<i>Товстик П. Е., Товстик Т. М., Шеховцов В. А.</i> О влиянии формы спектральной плотности случайного волнения на колебания морской стационарной платформы .....	61
<i>Фильченков А. А., Тулупьев А. Л.</i> Совпадение множеств минимальных и нередуцируемых графов смежности над первичной структурой алгебраической байесовской сети .....	69



## МЕХАНИКА

<i>Александров А. Ю., Тихонов А. А.</i> Электродинамическая стабилизация программного вращения ИСЗ в орбитальной системе координат .....	79
<i>Бестужева А. Н.</i> Задача о дифракции поверхностных волн на конусе, вызванных перемещением поверхности конуса .....	91
<i>Волкова Д. О., Фрейдлин А. Б.</i> Влияние внешних деформаций и параметров материала на кинетику плоских межфазных границ .....	99
<i>Истомин В. А., Кустова Е. В.</i> Коэффициенты переноса в пятикомпонентных ионизованных смесях азота и кислорода с учетом электронного возбуждения .....	109
<i>Кац В. М., Морозов В. А.</i> Применение динамической диаграммы напряжение — деформация для исследования магнитоэластического эффекта при импульсном нагружении диамагнитных кристаллов .....	117
<i>Рыдалевская М. А., Морозов А. А.</i> Равновесный состав и скорость звука реагирующих газовых смесей .....	122
<i>Цибаров В. А., Юдинцева Д. А.</i> Метод оптимизации в гемодинамике .....	131

## АСТРОНОМИЯ

<i>Витязев В. В., Миллер Н. О., Прудникова Е. Я.</i> Использование сингулярного спектрального анализа при исследовании движения полюса .....	139
<i>Горшков В. Л., Смирнов С. С., Щербакова Н. В.</i> Нагрузочные эффекты в ГНСС-наблюдениях при исследовании региональной геодинамики .....	148

## АСТРОНОМИЯ

К 80-летию Аркадия Хаимовича Гелига .....	157
К 85-летию Владимира Андреевича Якубовича .....	159
Заседания секции теоретической механики им. Н. Н. Поляхова Дома Ученых РАН	
23 марта 2011 года .....	30
27 апреля 2011 года .....	51
18 мая 2011 года .....	68
12 октября 2011 года .....	78, 90
23 ноября 2011 года .....	130
Аннотации .....	162
Abstracts .....	169
Contents .....	175

## АННОТАЦИИ

УДК 517.977, 519.173

Абрамовская Т. В. **Проблема реализуемости функции со свойствами функции Головача** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 3–10.

Задача, обозначенная в названии, ставится следующим образом. Рассматривается функция  $f$ , обладающая некоторыми необходимыми свойствами функции Головача: заданная на множестве неотрицательных вещественных чисел, кусочно постоянная, невозрастающая, непрерывная справа, принимающая целочисленные значения, причём начиная с некоторого достаточно большого аргумента, тождественно равная единице. Проблема реализации функции  $f$  в некотором классе топологических графов  $\mathbb{G}$  состоит в нахождении графа  $G \in \mathbb{G}$  такого, что его функция Головача совпадает с  $f$ . В статье рассмотрены примеры реализаций некоторых функций, обладающих перечисленными свойствами. В простейшем случае дано описание множеств всех графов, реализующих рассматриваемую функцию. В менее тривиальных примерах, приводятся критерии реализуемости функции со свойствами функции Головача в классе деревьев и в классе минимальных по числу рёбер деревьев с данным рёберно-поисковым числом.

*Ключевые слова:* гарантированный поиск, группа преследователей, убегающий,  $\varepsilon$ -поймка, поисковые числа, функция Головача, реализуемость, минимальные деревья.

Библиогр. 7 назв. Ил. 3.

УДК 519.7

Амелина Н. О. **Диспетчеризация сети с переменной топологией при помехах и задержках в измерениях** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 11–15.

В статье рассматривается задача балансировки загрузки узлов децентрализованной сети при неполной информации о текущих состояниях узлов, задержках в измерениях и переменной структуре связей. Для решения этой задачи предлагается использовать алгоритм типа стохастической аппроксимации, работоспособность которого иллюстрируется примерами имитационного моделирования. Для анализа динамики замкнутой системы предлагается использовать метод непрерывных моделей. Использование этого метода позволяет существенно снизить вычислительные затраты.

*Ключевые слова:* децентрализованная сеть, переменная топология, балансировка загрузки.

Библиогр. 12 назв. Ил. 1.

УДК 517.977

Бодунов Н. А., Колбина С. А., Пилюгин С. Ю. **Локально параметрически идентифицируемые системы типичны** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 16–20.

Мы рассматриваем задачу о локальной параметрической идентифицируемости системы «вход-выход». Доказано, что если размерность пространства параметров не больше, чем размерность пространства выходных сигналов, то типичная система локально параметрически идентифицируема для почти всех значений входного сигнала и параметра.

Приведен пример, показывающий, что если число параметров больше размерности выходного сигнала, то соответствующее утверждение неверно.

*Ключевые слова:* система управления, параметрическая идентифицируемость, типичность.

Библиогр. 9 назв.

УДК 517.977

Квитко А. Н., Якушева Д. Б. **Решение задачи синтеза дискретной стабилизации с учетом неполной информации для нелинейной стационарной управляемой системы** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 21–30.

В работе получен алгоритм синтеза дискретных управляющих функций с учетом неполной информации и дискретности измерителя, при которых решения широкого класса нелинейных стационарных систем переходят из заданного начального состояния в произвольную окрестность начала координат с учетом ограничений на управление. Получены конструктивные критерии выбора начальных состояний и шага дискретности, гарантирующие реализацию полученного алгоритма. Эффективность метода продемонстрирована при численном моделировании задачи межорбитального перелета.

*Ключевые слова:* управляемая система, дискретное управление, задача Коши, стабилизация, фазовые координаты, неполная информация, наблюдатель.

Библиогр. 10 назв. Ил. 1.

УДК 514.752.8:514.822

Крым В. Р. **Индексная форма для неголономного распределения** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 31–40.

Цель настоящей статьи — получить инвариантное уравнение Якоби для горизонтальных геодезических на неголономном распределении. Классическая теория Г. А. Блисса не инвариантна геометрически и приводит к образованию «лишних» сопряженных точек. Присоединенная задача в теории оптимального управления также приводит к образованию «лишних» сопряженных точек. Поэтому мы рассматриваем сужение функционала индексной формы кривой на распределение. Предполагается, что для распределения выполняется условие цикличности. Получено достаточное условие положительной определенности индексной формы и оптимальности кривой.

*Ключевые слова:* неголономные распределения, теория второй вариации, индексная форма, уравнение Якоби, симплектическая форма, субриманова геометрия, метод Эйлера—Лагранжа.

Библиогр. 16 назв. Ил. 1.

УДК 519.6

Макаров А. А. **Алгоритмы вэйвлетного сжатия пространств линейных сплайнов** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 41–51.

Сплайны и вэйвлеты (всплески) нашли широкое применение в теории информации. Вэйвлетные разложения связаны с составлением эффективных алгоритмов обработки (сжатия) больших потоков информации. Если удастся установить вложенность пространств сплайнов на последовательности укрупняющихся/измельчающихся сеток и представить цепочку вложенных пространств в виде прямой суммы вэйвлетных пространств, а также реализовать базисные функции с минимальной длиной носителя, то это ведет к вэйвлетному разложению потока информации и существенно экономит ресурсы вычислительных систем. Таким образом, исходный поток информации удастся разложить на составляющие так, что можно выделить основной и уточняющий информационные потоки. Это приводит к сжатию поступающего цифрового сигнала и к возможности быстрой передачи основного потока и фрагментарной передаче уточняющего потока в зависимости от потребностей. Хорошо известны вэйвлетные разложения в случае равномерной сетки на вещественной оси. В этом случае применяется мощный аппарат гармонического анализа, используются лифтинговая схема или вэйвлетная схема.

Многие практические приложения требуют рассматривать ограниченный интервал и неравномерную сетку. Например, для эффективного сжатия неоднородных потоков инфор-

мации (имеющих сингулярности или быстро меняющиеся характеристики) целесообразно использовать адаптивную неравномерную сетку, учитывающую особенности обрабатываемого потока. Это позволяет улучшить приближение функций без усложнения вычислений. Полученные ранее результаты относились к случаям сплайнов на бесконечной сетке. Бесконечность рассматриваемой сетки и соответствующего числового потока облегчают теоретические исследования; однако на практике приходится иметь дело с конечными потоками. Данная работа продолжает исследования в конечномерных пространствах.

Цель данной работы — построить вэйвлетное разложение (сжатие) на неравномерной сетке и соответствующие алгоритмы декомпозиции и реконструкции в случаях бесконечного потока (с сеткой на открытом интервале) и конечного потока (с сеткой на отрезке) для линейных сплайновых пространств лагранжева типа.

*Ключевые слова:* теория аппроксимации, сплайны, вэйвлеты, всплески, сжатие данных, параллельные алгоритмы.

Библиогр. 13 назв.

УДК 517.518.14

Меркулов А. С., Широков Н. А. **Применение весовых оценок коммутаторов Кальдерона** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 52–56.

В работе определены сингулярные интегральные операторы нового типа, действующие в пространстве  $L^p$  с весом на комплексной плоскости, и для них получены оценки нормы. Именно, если  $V$  — комплекснозначная функция на комплексной плоскости, удовлетворяющая условию  $|V(z) - V(\zeta)| \leq w|z - \zeta|$ , а  $F$  — целая функция, то полагаем

$$P_F^* f(z) = \sup_{\varepsilon > 0} \left| \int_{|\zeta - z| > \varepsilon} F \left( \frac{V(\zeta) - V(z)}{\zeta - z} \right) \frac{f(\zeta)}{(\zeta - z)^2} d\sigma(\zeta) \right|.$$

Если вес  $w$  удовлетворяет  $A_p$  — условию Макенхаупта при  $1 < p < \infty$ , то доказано, что

$$\|P_F^* f\|_{p, w} \leq C(F, w, p) \|f\|_{p, w}.$$

*Ключевые слова:* сингулярные интегралы, веса Макенхаупта, коммутаторы Кальдерона. Библиогр. 4 назв.

УДК 515.162.8

Нежинский В. М., Маслова Ю. В. **Зацепления вершинно оснащенных графов** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 57–60.

Цель работы — свести задачу изотопической классификации зацеплений вершинно оснащенных графов к стандартной задаче теории классических зацеплений.

*Ключевые слова:* граф, зацепление, струнное зацепление, изотопия.

Библиогр. 3 назв.

УДК 519.2:539.3

Товстик П. Е., Товстик Т. М., Шеховцов В. А. **О влиянии спектральной плотности случайного волнения на колебания морской стационарной платформы** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 61–68.

Ранее, при исследовании силового воздействия случайного волнения на морские стационарные платформы (МСП), было принято, что спектральная плотность ветровых гравитационных волн имеет вид, предложенный на Конгрессе в Дельфте в 1964 году. С тех пор предложен ряд аналитических выражений для описания спектральной плотности. В статье в рамках модели системы с одной степенью свободы исследуется влияние амплитуды колебаний МСП от вида спектральной плотности. Рассмотрены четыре варианта спектральной

плотности. Для них проведено сравнение уровня колебаний МСП как между собой, так и с колебаниями, порожденными гармоническим волнением. Установлено, что вне резонанса амплитуда колебаний МСП зависит, главным образом, от средних длины и высоты волн (или от связанных с ними средней частоты и среднеквадратического отклонения). В окрестности резонанса зависимость амплитуды колебаний от вида спектральной плотности оказалась заметной.

*Ключевые слова:* морская стационарная платформа, случайные колебания, спектральная плотность.

Библиогр. 15 назв. Ил. 4. Табл. 2.

УДК 004.8+519.17

Фильченков А. А., Тулупьев А. Л. **Совпадение множеств минимальных и нередуцируемых графов смежности над первичной структурой алгебраической байесовской сети** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 69–78.

Алгебраическая байесовская сеть (АБС) — это логико-вероятностная графическая модель баз фрагментов знаний с неопределенностью. Первичной структурой АБС называется набор фрагментов знаний, представляющих собой идеалы конъюнкций положительно означенных литералов за исключением пустой конъюнкции с заданными на них скалярными или интервальными оценками вероятностей. Вторичная структура АБС представляется в виде графа, построенного над первичной структурой, который называется графом смежности. С точки зрения обучения глобальной структуры АБС представляют интерес минимальные по числу ребер и нередуцируемые графы смежности.

Доказана теорема о совпадении множеств минимальных и нередуцируемых графов смежности, построенных над одной и той же первичной структурой. Сформулирован жадный алгоритм, по данной первичной структуре строящий произвольный минимальный граф смежности. Сформулирована и доказана теорема, в которой число ребер минимального графа смежности выражено через сумму рангов матриц инцидентности строгих сужений максимального графа смежности, уменьшенную на число значимых весов. Под обобщенным графом максимальных фрагментов знаний (ОГМФЗ) подразумевается граф, построенный над тем же множеством вершин, что и граф смежности, но на который не накладываются ограничения относительно возможности проведения ребра между двумя вершинами.

Доказана теорема о том, что пара, состоящая из множества ребер максимального ОГМФЗ и множеств всех его подмножеств, результатом вычитания которых из максимального ОГМФЗ будут ребра графа смежности, построенного над тем же набором вершин, является матроидом.

*Ключевые слова:* вероятностные графические модели, вторичная структура, графы смежности, теория графов, матроид, жадный алгоритм.

Библиогр. 32 назв.

УДК 517.977:531.36:521.1

Александров А. Ю., Тихонов А. А. **Электродинамическая стабилизация программного вращения ИСЗ в орбитальной системе координат** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 79–90.

Рассматривается ИСЗ с электродинамической системой управления ориентацией. Решается задача стабилизации программного движения, при котором ось динамической симметрии ИСЗ стабилизируется по местной вертикали, а сам спутник совершает вращение вокруг этой оси. На основе метода функций Ляпунова получены достаточные условия асимптотической устойчивости стабилизируемого программного движения при наличии возмущающего воздействия гравитационного момента. Эти условия позволяют обеспечить рациональный выбор коэффициентов параметрического управления в зависимости от параметров ИСЗ и его орбиты.

*Ключевые слова:* искусственный спутник Земли, электродинамическая стабилизация, программное вращение, асимптотическая устойчивость, функции Ляпунова.

Библиогр. 9 назв. Ил. 3.

УДК 532.591

Бестужева А. Н. **Задача о дифракции поверхностных волн на конусе, вызванном перемещением поверхности конуса** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 91–98.

Рассматривается задача о волновых движениях идеальной несжимаемой жидкости в области переменной глубины. Жидкость заполняет объем, имеющий свободную границу и дно в виде поверхности конуса. Генерация волн обеспечивается перемещением поверхности конуса. Движение жидкости считается потенциальным. Для нахождения потенциала скоростей используется уравнение Лапласа с динамическими краевыми условиями.

Методом интегральных преобразований получено аналитическое решение задачи. Вид решения зависит от функции, для которой выведено функциональное уравнение. Рассмотрены предельные случаи, для которых возможно решить функциональное уравнение в явном виде. Приведена графическая иллюстрация некоторых численных расчетов.

В предположении малости угла между свободной поверхностью жидкости и поверхностью конуса получено приближенное решение задачи. Рассмотрены установившийся и неустановившийся режимы. Представлены результаты численного моделирования зависимости амплитуды возвышения свободной поверхности от угла между поверхностью конуса и свободной поверхностью.

*Ключевые слова:* идеальная несжимаемая жидкость, генерация поверхностных волн, поверхность конуса — наклонное дно, перемещение поверхности конуса.

Библиогр. 12 назв. Ил. 3.

УДК 539.3

Волкова Д. О., Фрейдин А. Б. **Влияние внешних деформаций и параметров материала на кинетику плоских межфазных границ** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 99–108.

В приближении малых деформаций исследуется кинетика стационарного движения плоской межфазной границы в упругом материале, допускающем в процессе деформирования фазовые превращения мартенситного типа. Для случая линейно-упругих фаз формулируются условия на квазистатически движущейся межфазной границе. Строятся модифицированные зоны фазовых переходов, образованные всеми деформациями, которые могут существовать на границе, движущейся с заданной скоростью. Рассматриваются межфазные границы, соответствующие границам зон фазовых переходов. На примере осесимметричных деформаций исследуется, как вид деформированного состояния и величина собственной деформации превращения влияют на скорость и ориентацию межфазной границы.

*Ключевые слова:* фазовые превращения, упругие тела, кинетика межфазных границ, зоны фазовых переходов.

Библиогр. 21 назв. Ил. 4.

УДК 533.6.011

Истомин В. А., Кустова Е. В. **Коэффициенты переноса в пятикомпонентных ионизированных смесях азота и кислорода с учетом электронного возбуждения** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 109–116.

В работе построена математическая модель для расчета коэффициентов переноса в квазинейтральных слабоионизированных пятикомпонентных смесях азота  $N/N_2/N^+/N_2^+/e^-$  и

кислорода  $O/O_2/O^+/O_2^+/e^-$  в отсутствии магнитного поля. Предложен алгоритм для расчета коэффициентов теплопроводности и электропроводности, диффузии и термодиффузии, сдвиговой и объемной вязкости с учетом электронных, вращательных и колебательных степеней свободы нейтральных молекул и электронного возбуждения нейтральных атомов. Проведен расчет коэффициента теплопроводности в диапазоне температур 500–50000 К, оценен вклад поступательных и внутренних степеней свободы в коэффициент теплопроводности. Результаты работы могут применяться для расчета теплового потока у поверхности летательного аппарата, входящего в атмосферу планеты.

*Ключевые слова:* кинетическая теория процессов переноса, коэффициенты переноса, плазма, электронное возбуждение.

Библиогр. 13 назв. Ил. 3.

УДК 548.4; 539.5:539.8

Кац В. М., Морозов В. А. **Применение динамической диаграммы напряжение—деформация для исследования магнитоэластического эффекта при импульсном нагружении диамагнитных кристаллов** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 117–121.

На основе предложенного метода построения диаграммы напряжения—деформации исследована зависимость предела текучести в кристалле NaCl от предварительной обработки образца в поле постоянного магнита при его последующем импульсном нагружении.

Предложенный метод построения диаграммы напряжения—деформации в приближении Прандтля при импульсном нагружении монокристаллов основывается на полученной в эксперименте зависимости амплитуды напряжения в образце от энергии нагружающего устройства. Переход от энергии к деформации основывается на линейной зависимости этих параметров.

*Ключевые слова:* динамическая диаграмма напряжение—деформация, приближение Прандтля, магнитоэластический эффект.

Библиогр. 11 назв. Ил. 3.

УДК 533.6:536

Рыдалевская М. А., Морозов А. А. **Равновесный состав и скорость звука реагирующих газовых смесей** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 122–130.

Рассматриваются пространственно-однородные смеси идеальных газов, химический состав которых известен при определенных значениях температуры и давления. Выписываются равновесные функции распределения молекул по скоростям, внутренним энергиям и химическим сортам для всех веществ, которые могут присутствовать в рассматриваемой смеси при заданных значениях температуры и давления. В результате решения уравнений материального баланса определяются равновесные функции распределения, химический состав и скорость звука газовой смеси в широком диапазоне температур. Реализация предлагаемых методов исследования равновесных состояний проиллюстрирована на примере пятикомпонентной воздушной смеси.

*Ключевые слова:* кинетическая теория газов, химический состав, скорость звука, воздушная смесь.

Библиогр. 14 назв. Ил. 2.

УДК 532.70; 542.12; 532.5:532.135

Цибаров В. А., Юдинцева Д. А. **Метод оптимизации в гемодинамике сосуда** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 131–138.

Кровь рассматривается как гетерогенная среда. Исследуется гемодинамика участка кровеносного сосуда с квазиэллиптическими подвижными и переменными границами при

наличии предельных напряжений сдвига в среде. Результаты основаны на сочетании стохастического (кинетического) подхода, методов оптимизации и расщепления. С точностью до сглаженных по сечению параметров получено аналитическое решение задачи о медленном течении жидкости Шведова—Бингама—Оствальда. Найдена скорость движения жидкости вблизи стенки сосуда, обусловленная подвижностью границы. Вычислен ряд гемодинамических параметров. Предложенный метод оптимизации описывает наиболее существенные качественные особенности течения класса степенных вязких и степенных вязко-пластичных гетерогенных сред при недостатке априорной информации. Полученные в настоящей работе аналитические выражения могут быть применены при решении ряда задач о медленном квазиосесимметричном течении жидкости Шведова—Бингама—Оствальда. Они носят более общий характер, чем ряд известных из научной литературы решений о медленном течении неньютоновских жидкостей.

*Ключевые слова:* стохастический (кинетический) метод, гидровзвесь, гемодинамика, кровеносный сосуд, политропа, неньютоновская среда, форменные элементы, коэффициенты переноса, реология.

Библиогр. 16 назв.

УДК 521.937, 52-17

Витязев В. В., Миллер Н. О., Прудникова Е. Я. **Использование сингулярного спектрального анализа при исследовании движения полюса** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 139–147.

Метод сингулярного спектрального анализа относится к классу методов естественных ортогональных функций, для которых базисные функции определяются из самих данных. В случае вейвлет-анализа, который в настоящее время наиболее часто используется для исследования нестационарных временных рядов, разложение ряда выполняется по выбранному базису. Метод SSA имеет хорошее разрешение как по времени, так и по частоте и позволяет исследовать ряды со сложной структурой, а также проследить динамику поведения амплитуды, фазы и частоты во времени. Кроме того, отделяет полезный сигнал от шума в очень зашумленных рядах, даже если уровень шума меняется на разных участках ряда, что является характерным для рядов координат полюса. В данной работе будут продемонстрированы различные возможности метода. Приводится сопоставление результатов, полученных с помощью других наиболее часто используемых для этих задач методов (Фурье анализ, вейвлет-анализ, метод полосовой фильтрации).

*Ключевые слова:* сингулярный спектральный анализ, колебание Чандлера, наблюдения широты Пулкова.

Библиогр. 8 назв. Ил. 8.

УДК 528.021, 528.061, 551.24

Горшков В. Л., Смирнов С. С., Щербакова Н. В. **Нагрузочные эффекты в ГНСС-наблюдениях при исследовании региональной геодинамики** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. 2012. Вып. 2. С. 148–156.

По данным перманентных ГНСС-станций, охватывающих бассейн Финского залива, исследовано влияние атмосферных и гидрологических нагрузочных эффектов на положения станций за период 2006–2010 гг. Вычисленные после учета нагрузок горизонтальные скорости станций использованы для оценки поля деформаций исследованного региона.

*Ключевые слова:* нагрузочный эффект в GPS-наблюдениях, GPS-оценка деформаций.

Библиогр. 12 назв. Табл. 1. Ил. 5.

## ABSTRACTS

UDK 517.977, 519.173

*Abramovskaya T. V.* **The problem of the realizability of a function with properties of the Golovach function** // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 3–10.

The problem mentioned in the title is stated as follows. A function  $f$  with some necessary conditions of the Golovach function in general is considered. It is supposed that  $f$  is specified on each nonnegative real number, is piecewise constant, non-increasing, right continuous, is imaged in the positive integers, and starting with a certain sufficiently great argument is equal to 1. The problem of the realizability of the function  $f$  within a certain class of the topological graphs  $\mathbb{G}$  is to find a graph  $G \in \mathbb{G}$  with the Golovach function equaled to  $f$ . For the functions with the properties listed above, some examples of the realizations are considered. The trivial case is fully examined and the whole set of the feasible realizations is described. In more complicated cases, the criteria of realizability of the function with properties of the Golovach function within the class of trees and the class of minimal trees with the given edge-search number are proved.

*Keywords:* guaranteed search, team of pursuers, evader,  $\varepsilon$ -capture, search numbers, the Golovach function, realizability, minimal trees.

Bibliogr. 7 references. Fig. 3.

UDK 519.7

*Amelina N. O.* **Scheduling in networks with switched topology, noise and delay in the measurements** // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 11–15.

In this paper load balancing algorithms are designed and analyzed for decentralized network with incomplete information about the current state of nodes, changing set of communication links and delay. For solving this problem, a stochastic approximation type algorithm was suggested. The performance of the system is evaluated both analytically and by simulation. To analyze closed loop systems, we propose to use a method of continuous models. The use of this method reduces the computation load.

*Keywords:* decentralized network, switched topology, load balancing.

Bibliogr. 12 references. Fig. 1.

UDK 517.977

*Bodunov N. A., Kolbina S. A., Pilyugin S. Yu.* **Locally parameter identifiable systems are generic** // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 16–20.

We consider the problem of local parameter identifiability for an «input-output» system. It is shown that if the dimension of the parameter space does not exceed the dimension of the space of output signals, then a generic system is locally parameter identifiable for almost all values of input signals and parameters.

An example shows that if the number of parameters is larger than the dimension of the output signal, then the corresponding statement fails. Bibliography: 9 titles

*Keywords:* control system, parameter identifiability, genericity.

Bibliogr. 9 references.

UDK 517.977

*Kvitko A. N., Yakusheva D. B.* **Solution of the synthesis problem for a nonlinear steady-state controlled system concerning a discrete control function and incomplete information** // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 21–30.

In this work, one obtains a synthesis algorithm for discrete control functions concerning incomplete information and discrete measure where decisions of a wide class of nonlinear stationary systems pass from the set of initial state in any vicinity of the origin taking the restrictions on the control function into account. Constructive criteria of initial states selection and the step

of discreteness, guaranteeing the realization of the derived algorithm, are obtained. The effectiveness of the suggested algorithm is illustrated by the solution of a specific practical interorbital flight problem.

*Keywords:* controlled system, discrete control, Cauchy problem, stabilization, state vector, incomplete information, observer.

Bibliogr. 10 references. Fig. 1.

UDK 514.752.8:514.822

*Krym V. R. The index form of a nonholonomic distribution // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 31–40.*

The purpose of this paper is to obtain the invariant Jacobi equation for horizontal curves on a nonholonomic distribution. The classical theory of G. A. Bliss is not geometrically invariant and leads to “excessive” conjugate points. The attached problem in optimal control theory also leads to “excessive” conjugate points. Therefore we restrict the functional of the index form of a curve on a distribution. We assume that the distribution satisfies the cyclicity condition. We obtain a sufficient condition for the index form to be positive definite and for the geodesic to be optimal.

*Keywords:* nonholonomic distributions, second variation theory, index form, Jacobi equation, symplectic form, sub-Riemannian geometry, Euler–Lagrange method.

Bibliogr. 16 references. Fig. 1.

UDK 519.6

*Makarov A. A. A wavelet compression algorithm of linear spline spaces // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 41–51.*

Splines and wavelets are widely used in information theory. Wavelet decompositions are connected with the construction of effective algorithms for processing (compressing) large digital information flows. If the used interval is equal to the real line and the grid is uniform, one can apply the powerful tools of harmonic analysis, lifting schemes or wavelet schemes. For digital information flows with rapidly varying characteristics it is reasonable to use a nonuniform grid adapted to the flow being processed. This allows us to improve the approximation of functions without difficult calculations. The situation, where the grid is nonuniform and the used interval does not coincide with the real axis, has not been well studied since methods of harmonic analysis are not easily applicable in this case.

The goal of this paper is to construct continuous first-order splines of the Lagrange type to prove embedding of spline spaces for arbitrary grid refinements. This provides a simple realization of the system of functionals which are biorthogonal to the coordinate splines and to obtain a wavelet decomposition of the chain of embedded spaces of splines for an arbitrary refinement of a nonuniform grid. Finally, one derives the corresponding decomposition and reconstruction formulas to construct wavelet decomposition and reconstruction algorithms in the case of an infinite flow for a grid on an open interval and a finite flow for a grid on a segment.

Note that the obtained splines are not polynomial generalizations of  $B$ -splines. The splines include as a special case trigonometric, hyperbolic, and exponential splines.

*Keywords:* approximation theory, splines, wavelets, data compression, parallel algorithms.

Bibliogr. 13 references.

UDK 517.518.14

*Merkulov A. S., Shirokov N. A. Weighted inequalities of Calderòn commutators // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 52–56.*

We introduce a new class of singular integral operators  $P_F^*$  acting as follows

$$P_F^* f(z) = \sup_{\varepsilon > 0} \left| \int_{|\zeta - z| > \varepsilon} F \left( \frac{V(\zeta) - V(z)}{\zeta - z} \right) \frac{f(\zeta)}{(\zeta - z)^2} d\sigma(\zeta) \right|,$$

where  $F$  is an entire function,  $V$  is a complex-valued function satisfying a property  $|V(z) - V(\zeta)| \leq w|z - \zeta|$ .

We prove that for a weight  $\omega$  meeting a Muckenhoupt  $A_p$  condition,  $1 < p < \infty$ , the following estimate holds

$$\|P_F^* f\|_{p, \omega} \leq C(F, w, p) \|f\|_{p, \omega}.$$

*Keywords:* singular integrals, Muckenhoupt weights, Calderón commutators.

*Bibliogr.* 4 references.

UDK 515.162.8

*Nezhinskij V. M., Maslova Yu. V. Links of graphs with framed vertices // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 57–60.*

Our aim is to reduce the problem of isotopy classification of links of graphs with framed vertices to a standard classical link theory problem.

*Keywords:* graph, link, string link, isotopy.

*Bibliogr.* 3 references.

UDK 519.2:539.3

*Tovstik P. E., Tovstik T. M., Shekhovtsov V. A. The effect of the spectral density of random surface waves on the vibrations of a marine stationary platform // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 61–68.*

Vibrations of a marine stationary platform (MSP) under the action of random surface gravity waves are investigated. In previous works, the spectral density of waves was accepted in the form proposed in the Second International Ship Congress (Delft, 1964). Then a number of analytical expressions for the spectral density were suggested. In this paper four of these densities are considered and their effect on the MSP vibrations is investigated. The platform is studied as a flexible rod with rigid body on the upper end. The wave forces contain two parts, the first part is proportional to the relative water acceleration and the second part is proportional to the square of the relative water velocity. Therefore, the rod moves under the action of nonlinear random forces. A stationary random process with given spectral density is simulated as the sum of a large number of harmonic summands with random independent amplitudes and phases. For a platform, the simplest model with one degree of freedom is accepted, and the upper body motion is obtained by the numerical solution of an ordinary differential equation of second order. We take zero initial conditions, but, due to the introduced damping force, the solution becomes a stationary process after some time from the beginning. The root mean square of this process which describes the amplitude of the MSP vibrations is found. A comparison of the amplitudes for four given spectral wave densities is fulfilled. It is established that, far from resonance, the amplitude depends mainly on the wave average length and height. Near resonance the dependence of the amplitude on the type of spectral density has a marked difference. A comparison with harmonic waves shows that for waves with large height the MSP amplitude vibration for the harmonic waves is essentially larger than the amplitude for the random waves with the same average length and height as for the harmonic waves.

*Keywords:* marine stationary platform, random vibrations, spectral density.

*Bibliogr.* 15 references. Fig. 4. Tabl. 2.

UDK 004.8+519.17

*Filchenkov A. A., Tulupyev A. L. Equality of the sets of minimal and irreducible join graphs built on the algebraic Bayesian network primary structure // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 69–78.*

Algebraic Bayesian network (ABN) is a logical and probabilistic graphical model of bases of knowledge patterns with uncertainty. The ABN primary structure is a set of knowledge patterns,

representing the ideals of conjunctions of positive literals except the empty conjunction with given scalar or interval probability estimates. The ABN secondary structure is represented as a graph built over the primary structure, called the join graph. Minimal (that has a minimum number of edges) and an irreducible join graphs are remarkable in terms of global structure learning.

A theorem about the minimal and irreducible join graphs built on the same primary structure equality is proven. A greedy algorithm, that synthesizes a random minimal join graph on the given primary structure is formulated. A theorem expressing the number of edges of the minimal graphs in terms of the sum of the maximal join-graph strict-restriction-adjacency matrices, reduced by the number of useful weights is formulated and proven. A generalized graph of maximal knowledge patterns (GGMKP) is used to sign the graph built on the same vertex set as the join graph, but for which no restrictions on the possibility of an edge between two vertices are imposed.

It is proved that the pair consisting of the maximum GGMKP edge set and all its subsets, such that the result of subtracting them from the maximum GGMKP is the edges of a join graph built on the same vertices set, is a matroid.

*Keywords:* probabilistic graphical models, secondary structures, join graphs, graph theory, matroid, greedy algorithm.

Bibliogr. 32 references.

UDK 517.977:531.36:521.1

*Aleksandrov A. Yu., Tikhonov A. A. **Electrodynamical stabilization of the programmed rotation of a satellite in an orbital frame** // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 79–90.*

A satellite with an electrodynamic attitude control system is considered. The problem of stabilization of the programmed motion under which the axis of the satellite's dynamic symmetry is stabilized along the local vertical, and the satellite rotates around this axis is solved. On the basis of the Lyapunov functions method, sufficient conditions for the asymptotic stability of the stabilized programmed motion in the presence of gravitational disturbing torque are obtained. These conditions provide a rational choice of the coefficients of the parametric control depending on the parameters of the satellite and its orbit.

*Keywords:* artificial Earth's satellite, electrodynamic stabilization, programmed rotation, asymptotic stability, Lyapunov functions.

Bibliogr. 9 references. Fig. 3.

UDK 532.591

*Bestuzheva A. N. **Diffraction problem of surface waves on a cone generated by the movement of the cone surface** // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 91–98.*

The wave motion problem of an ideal non-compressible fluid for the field of variable depth is considered. A fluid fills a volume with free surface and a bottom formed by the surface of a cone. Wave are generated by the movement of the surface of the cone. The wave movement is considered as potential. Laplace's equation with dynamic boundary conditions is used for solving the velocity potential.

An analytical solution of the problem is obtained with the method of integral transforms. The form of the solution depends on a function for which a functional equation is displayed. Extreme cases are considered for which the functional equation can be solved explicitly. Some numerical calculations are displayed graphically.

An approximate solution of the problem is obtained under the assumption that a little corner lies between the fluid free surface and the surface of the cone. Both the steady-state and transient regimes are considered. The results of the dependency of the computational modeling

on the amplitude of the elevation of the free surface from the inclined angle between the fluid free surface and the surface of the cone are displayed.

*Keywords:* ideal non-compressible fluid, generation of surface waves, surface of a cone with inclined bottom, movement of the surface cone.

Bibliogr. 12 references. Fig. 3.

UDK 539.3

*Volkova D. O., Freidin A. B. The influence of external strains and material parameters on the kinetics of plane phase interface zones // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 99–108.*

We study the kinetics of a stationary moving plane interface in an elastic isotropic solid undergoing martensite phase transformations. For a case of linear-elastic phases we formulate conditions on quasistatically moving interfaces. We construct modified phase transition zones formed by all strains which can exist on the interfaces moving with a given velocity. We focus on the interfaces which correspond to the phase transition zones boundaries. Giving an example of axially symmetric deformation, we study how a type of a strain state and the transformation strain affect the interface velocity and orientation.

*Keywords:* stress-induced phase transformations, elastic solids, kinetics of interfaces, phase transition.

Bibliogr. 21 references. Fig. 4.

UDK 533.932

*Istomin V. A., Kustova E. V. Transport coefficients of five-component ionized mixtures of nitrogen and oxygen with electronically excited states // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 109–116.*

In the present paper, transport processes in five-component weakly ionized quasi-neutral mixtures of nitrogen and oxygen with electronically excited neutral atoms and molecules are studied. A mathematical model of a non-equilibrium weakly ionized quasi-neutral one-temperature viscous gas flow taking into account rotational, vibrational, and electronic degrees of freedom of the neutral components is developed. An algorithm for the evaluation of the thermal and electrical conductivity, shear and bulk viscosity, diffusion and thermal diffusion coefficients is suggested. The thermal conductivity coefficients are calculated in the temperature range 500 to 50 000 K, and the contribution of the translational and internal degrees of freedom is estimated. The results can be applied for the calculation of the heat flux to the surface of a spacecraft entering into a planet atmosphere.

*Keywords:* kinetic theory of transport processes, transport coefficients, plasma, electronic excitation.

Bibliogr. 13 references. Fig. 3.

UDK 548.4; 539.5:539.8

*Kats V. M., Morozov V. A. Application of a dynamic stress-strain curve to study the magnetoplastic effect on a pulse mechanical load of diamagnetic crystals // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 117–121.*

The dependency between the dynamic yield strength and the prior sample exposure in the field of ferrite magnet is investigated at pulse mechanical load of NaCl crystals. The investigation is based on the proposed method of construction of Prandtl's bilinear approximation of a dynamic stress-strain curve.

The proposed method uses experimental dependency between stress amplitude and loading device energy. The transition between the loading device energy and the considered sample strain is linear.

*Keywords:* dynamic stress-strain curve, Prandtl's bilinear approximation, magnetoplastic effect.

Bibliogr. 11 references. Fig. 3.

UDK 533.6:536

*Rydalevskaya M. A., Morozov A. A. Equilibrium composition and sound velocity of reacting gas mixtures // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 122–130.*

Space-uniform gas mixtures with internal degrees of freedom and chemical reactions are considered. Their equilibrium composition and sound velocity are investigated. Concrete calculations are realized for five-component air mixture.

*Keywords:* kinetic gas theory, chemical composition, sound velocity, air mixture.

Bibliogr. 14 references. Fig. 2.

UDK 533.70; 542.12; 532.5:532.135

*Tsibarov V. A., Yuditseva D. A. Optimization methods in hemodynamics // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 131–138.*

Blood is seen as a heterogeneous media. We investigate the hemodynamics of the vessel area with quasi-elliptic mobile and variable boundaries in the presence of limiting shear stress in the medium. Results are based on a combination of the stochastic approach display techniques, optimization and splitting. Up to a smooth cross-sectional parameters of the analytical solution of the problem, the slow flow is of Shvedov—Bingham—Ostwald fluids. We find the velocity of the fluid near the wall vessel due to the mobility of the border. A number of hemodynamic parameters are evaluated.

*Keywords:* stochastic (kinetic) method, fluid-particles systems, fluid-solid suspension, hemodynamics, transport equations, blood vessel, vascular, polytropic, polytropic curve, non-Newtonian medium, structural elements of the blood, transport coefficients, rheology.

Bibliogr. 16 references.

UDK 521.937, 52-17

*Vityazev V. V., Miller N. O., Prudnikova E. Ja. The use of the Singular Spectrum Analysis for investigating the pole motion // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 139–147.*

The Singular Spectrum Analysis (SSA) belongs to the class of empirical orthogonal functions methods for which the basis functions are calculated from the data themselves. The SSA method has a good resolution both in time and frequency and permits to analyse time series of compound structure as to get the variations of time-dependent amplitude, phase and frequency. Moreover, it permits to separate signal from noise even if the noise level varies in different parts of the data, as is usually the case with observed time series. This paper deals with different possibilities of SSA. The comparison of results obtained by other more often used methods (Fourier Transform, Wavelet Transform, different filter methods) are given.

*Keywords:* Singular spectral analysis, Chandler wobble, the observation of the latitude in the Pulkovo.

Bibliogr. 8 references. Fig. 8.

UDK 528.021, 528.061, 551.24

*Gorshkov V. L., Smirnov S. S., Scherbakova N. V. GNSS loading effect in regional geodynamics study // Vestnik St.Petersburg University. Ser. 1. 2012. Issue 2. P. 148–156.*

GPS data of Finnish Golf region permanent stations for 2006–2010 years were used for study of atmospheric and hydrologic loading effect on position of stations. Corrected for loading effect velocity of stations were used for assessment of strain field of this region.

*Keywords:* loading effect in GPS observations, strain estimation by GPS.

Bibliogr. 12 references. Fig. 5. Tabl. 1.

## CONTENTS

### Mathematics

<i>Abramovskaya T. V.</i> The problem of the realizability of a function with properties of the Golovach function .....	3
<i>Amelina N. O.</i> Scheduling in networks with switched topology, noise and delay in the measurements .....	11
<i>Bodunov N. A., Kolbina S. A., Pilyugin S. Yu.</i> Locally parameter identifiable systems are generic .....	16
<i>Kvitko A. N., Yakusheva D. B.</i> Solution of the synthesis problem for a nonlinear steady-state controlled system concerning a discrete control function and incomplete information .....	21
<i>Krym V. R.</i> The index form of a nonholonomic distribution .....	31
<i>Makarov A. A.</i> A wavelet compression algorithm of linear spline spaces .....	41
<i>Merkulov A. S., Shirokov N. A.</i> Weighted inequalities of Calderón commutators .....	52
<i>Nezhinskij V. M., Maslova Yu. V.</i> Links of graphs with framed vertices .....	57
<i>Tovstik P. E., Tovstik T. M., Shekhovtsov V. A.</i> The effect of the spectral density of random surface waves on the vibrations of a marine stationary platform .....	61
<i>Filchenkov A. A., Tulupyev A. L.</i> Equality of the sets of minimal and irreducible join graphs built on the algebraic Bayesian network primary structure .....	69

### Mechanics

<i>Aleksandrov A. Yu., Tikhonov A. A.</i> Electrodynamical stabilization of the programmed rotation of a satellite in an orbital frame .....	79
<i>Bestuzheva A. N.</i> Diffraction problem of surface waves on a cone generated by the movement of the cone surface .....	91
<i>Volkova D. O., Freidin A. B.</i> The influence of external strains and material parameters on the kinetics of plane phase interface zones .....	99
<i>Istomin V. A., Kustova E. V.</i> Transport coefficients of five-component ionized mixtures of nitrogen and oxygen with electronically excited states .....	109
<i>Kats V. M., Morozov V. A.</i> Application of a dynamic stress-strain curve to study the magneto-plastic effect on a pulse mechanical load of diamagnetic crystals .....	117
<i>Rydalevskaya M. A., Morozov A. A.</i> Equilibrium composition and sound velocity of reacting gas mixtures .....	122
<i>Tsibarov V. A., Yudintseva D. A.</i> Optimization methods in hemodynamics .....	131

### Astronomy

<i>Vityazev V. V., Miller N. O., Prudnikova E. Ja.</i> The use of the Singular Spectrum Analysis for investigating the pole motion .....	139
<i>Gorshkov V. L., Smirnov S. S., Scherbakova N. V.</i> GNSS loading effect in regional geodynamics study .....	148

### Chronicle

On the 80th anniversary of A. Kh. Gelig .....	157
On the 85th anniversary of V. A. Yakubovich .....	159
Sessions of Section of the House of scientists of the Russian Academy of Sciences on the theoretical mechanics of prof. N. N. Poljakhov	
March 23, 2011 .....	30
April 27, 2011 .....	51
May 18, 2011 .....	68
October 12, 2011 .....	78, 90
November 23, 2011 .....	130

<b>Abstracts</b> .....	169
------------------------	-----