

# В Е С Т Н И К

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия 10  
Выпуск 4

2013  
Декабрь

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА  
ИНФОРМАТИКА  
ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ. ИЗДАЕТСЯ С АВГУСТА 1946 ГОДА

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА

<i>Даль Ю. М.</i> О решении некоторых дифференциальных уравнений механики операционным методом. ....	3
<i>Кривовичев Г. В.</i> Об одном варианте метода решеточных уравнений Больцмана	10
<i>Лаптин Ю. П.</i> Вопросы построения точных штрафных функций. ....	21
<i>Мазалова А. В.</i> Дуополия в системе обслуживания с очередями. ....	32
<i>Маламанов С. Ю.</i> Асимптотическая модель турбулентного течения вблизи поверхности. ....	42
<i>Мурзинов И. Е.</i> Построение общей функции Ляпунова для семейства механических систем с одной степенью свободы. ....	49
<i>Новоселов В. С.</i> О математической модели возбуждения клеток сердца. ....	58
<i>Трегубов В. П., Радичкина А. О.</i> Математическое моделирование кинематики левого желудочка сердца человека в процессе его сокращения. ....	66

### ИНФОРМАТИКА

<i>Бабин А. В.</i> Математическая обработка данных томоэнцефалографии сердца	73
<i>Буре В. М., Карпенко П. А., Свиржин М. В.</i> Информационно-логическая модель и реализация информационно-аналитического комплекса «Прием в высшее учебное заведение». ....	83



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ОСНОВАН В 1724 ГОДУ  
1824 – ГОД ВЫХОДА В СВЕТ ПЕРВОГО ИЗДАНИЯ УНИВЕРСИТЕТА

© Авторы статей, 2013

© Издательство  
Санкт-Петербургского университета, 2013

<i>Лопаткин Г. С.</i> Подход к автоматизации тестирования электронных цифровых устройств. ....	90
<i>Тимошенко Д. М.</i> Комбинированный метод детектирования лиц на статических изображениях с применением смеси гауссовых распределений и каскадов Хаара. ....	99

## ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

<i>Карелин В. В., Фоминых А. В.</i> Управление процессом измерения в динамических системах. ....	105
--	-----

## ХРОНИКА

<i>Абдуллаев Насрулло, Антончик Т. Н., Виноградова Т. В., Власова Т. В., Войтенко С. С., Захаркина В. В., Иванов Г. Г., Ермолин В. С., Карелин В. В., Левичев Ю. Е., Матвеева Е. Н., Павликов В. Ю., Петросян Л. А., Савченков С. Е., Сивков А. Н., Скалин Н. И., Цой Л. Г., Щербаков П. П., Чауинин М. П., Чистяков С. В., Юрков А. В.</i> Памяти Е. Я. Смирнова. ....	110
---	-----

АННОТАЦИИ .....	112
-----------------	-----

ABSTRACTS .....	117
-----------------	-----

ОТ РЕДАКЦИИ.....	121
------------------	-----

ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ.....	122
----------------------	-----

CONTENTS .....	125
----------------	-----

УДК 539.3

Даль Ю. М. **О решении некоторых дифференциальных уравнений механики операционным методом** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 3–9.

Рассматривается применение операционного метода к решению задачи Коши для неоднородного дифференциального уравнения  $n$ -й степени. Получена формула общего интеграла этого уравнения. Показано, что операционный метод применим также для решения краевых задач механики деформируемого тела. Он оказывается весьма эффективным при аналитическом исследовании изгиба и устойчивости упругих призматических стержней. Библиогр. 6 назв. Ил. 2.

*Ключевые слова:* дифференциальные уравнения, операционный метод, задача Коши, краевые задачи, изгиб и устойчивость стержней.

УДК 517.958:536+519.62/64

Кривовичев Г. В. **Об одном варианте метода решеточных уравнений Больцмана** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 10–20.

Рассмотрен модифицированный метод решеточных уравнений Больцмана. Он основан на использовании расщепления дифференциального оператора в уравнении Навье–Стокса и идее мгновенной максвеллизации функции распределения. При переходе от одного временного слоя к другому последовательно решаются задачи для системы решеточных кинетических уравнений и системы линейных уравнений диффузии. Эффективность предложенного метода по сравнению с обычным методом решеточных уравнений Больцмана показана при решении задачи о каверне в случае различных значений числа Рейнольдса и при разных разбиениях сетки. Библиогр. 41 назв. Ил. 1. Табл. 3.

*Ключевые слова:* метод решеточных уравнений Больцмана, метод расщепления.

УДК 519.8

Лаптин Ю. П. **Вопросы построения точных штрафных функций** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 21–31.

Исследованию и проблемам использования точных штрафных функций посвящено большое количество публикаций. В настоящее время метод точных штрафных функций широко применяется при решении оптимизационных задач с ограничениями. Однако это связано с некоторыми проблемами, в частности отсутствуют простые методики вычисления приемлемых значений штрафных коэффициентов. В статье рассматриваются подходы, позволяющие определять значения штрафных коэффициентов для выпуклых задач по ходу работы оптимизационного алгоритма. Существенные проблемы при формировании эквивалентных безусловных задач оптимизации возникают, если функции, описывающие исходную задачу, определены не на всем пространстве переменных. Для такого случая предлагается использовать специальные продолжения функций с допустимого множества исходной задачи на все пространство переменных. Такой подход позволяет также преодолеть проблему плохого масштабирования исходной задачи. Библиогр. 9 назв. Ил. 1.

*Ключевые слова:* недифференцируемая оптимизация, штрафные функции, выпуклые продолжения функций.

УДК 519.833.2

Мазалова А. В. **Дуополия в системе обслуживания с очередями** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 32–41.

Рассматривается бескоалиционная игра двух лиц с ненулевой суммой, связанная с функционированием системы массового обслуживания  $M/M/2$ . Есть два сервера, которые обслуживают заявки с экспоненциальным распределением времени с параметрами  $\mu_1$  и  $\mu_2$  соответственно. Заявки на обслуживание образуют пуассоновский процесс с интенсивностью  $\lambda$ . Решается задача о ценообразовании и определении оптимальной интенсивности для каждой из фирм при конкуренции и кооперации. Предложенная схема обобщается на случай больше, чем два, числа игроков. Библиогр. 9 назв. Табл. 4.

*Ключевые слова:* дуополия, равновесные цены, система обслуживания с очередями.

УДК 535.517

Маламанов С. Ю. **Асимптотическая модель турбулентного течения вблизи поверхности** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 42–48.

В работе проводится асимптотический анализ уравнений, описывающих пульсационную структуру турбулентного течения несжимаемой жидкости. Помимо общепринятых вязкого подслоя и «буферной» зоны (которые объединяются в единую зону) рассматривается еще одна область, прилегающая к поверхности, размер которой сопоставим с высотой естественной шероховатости. Для этой области получены приближенные уравнения для компонент тензора напряжений Рейнольдса и найдены их решения, в общем случае отличные от нуля. Библиогр. 6 назв.

*Ключевые слова:* асимптотический анализ, турбулентность, пульсации, напряжения Рейнольдса, естественная шероховатость.

УДК 531.36

Мурзинов И. Е. **Построение общей функции Ляпунова для семейства механических систем с одной степенью свободы** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 49–57.

В настоящей статье рассматривается определенный класс семейств нелинейных механических систем с одной степенью свободы, которая описывается дифференциальным уравнением второго порядка, содержащим два параметра (коэффициенты демпфирования и жесткости). Предполагается, что эти параметры могут переключаться с одних значений на другие. Исследуется вопрос устойчивости и диссипативности соответствующей гибридной системы, состоящей из изучаемого семейства уравнений и закона переключения, определяющего, какая система является активной в каждый момент времени. Для решения поставленных задач применяется второй метод Ляпунова, с помощью которого получены условия существования общей функции Ляпунова специального вида. Выполнение этих условий обеспечивает асимптотическую устойчивость положения равновесия или равномерную диссипативность соответствующей гибридной системы при любом допустимом законе переключения. Также доказано, что для рассмотренного семейства нелинейных систем можно гарантировать существование общей функции Ляпунова при более слабых условиях, нежели для семейства линейных систем. Поэтому можно сказать, что нелинейные гибридные системы в некотором смысле «более устойчивы», чем линейные. Теоремы 1 и 2 могут быть использованы для построения стабилизирующих управлений для механических систем. Интересным направлением дальнейшего исследования может быть расширение полученных результатов на системы с несколькими степенями свободы. Библиогр. 16 назв.

*Ключевые слова:* нелинейные системы, механические системы, гибридные системы, устойчивость, функции Ляпунова.

УДК 531:518:577

Новоселов В. С. **О математической модели возбуждения клеток сердца** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 58–65.

Мышечные клетки сердца выполняют три функции. Одни из них автоматически осциллируют, другие возбуждаются и распространяют активный потенциал, остальные мышечные волокна возбуждаются и под действием электрического потенциала сокращаются, этим способствуя откачиванию крови. Каждая клетка специализирована на контакт с воспринимающими клетками. Активный потенциал генерируется в клетках первого типа (водители ритма) в синусно-предсердном узле (SA), в предсердно-желудочковом узле (AV) и даже в волокнах Пуркинье. Затем с помощью клеток второго типа этот потенциал распространяется по проводящей системе сердца и активизирует мышечные волокна предсердий и желудочков (третий тип клеток сердца). В настоящей статье в основном рассматриваются клетки третьего типа. Теория клеток первого и второго типов построена в предшествующих работах [7, 8]. Клетки третьего типа (клетки миокарда) имеют существенно более продолжительный активный потенциал по сравнению со спайком аксона. Эти клетки подобны кабелю. Механическая связь клеток миокарда обеспечивается плотным прилеганием вставочного диска, электрическая стыковка клеток – щелевыми отверстиями в соединении. Такие соединения дают возможность клеткам миокарда одновременно достигать порогового возбуждения. Построена простейшая математическая модель возбуждения клеток миокарда с учетом структуры бегущего импульса и кинетических уравнений мышечного сокращения. Библиогр. 11 назв. Ил. 1.

*Ключевые слова:* клетки миокарда, структура бегущего импульса, кинетические дифференциальные уравнения.

УДК 501.531/534

Трегубов В. П., Радичкина А. О. **Математическое моделирование кинематики левого желудочка сердца человека в процессе его сокращения** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 66–72.

Работа посвящена математическому моделированию работы левого желудочка (ЛЖ) сердца человека, который выполняет функцию выброса крови в кровеносную систему. В отличие от предшествующих работ в предложенной модели, во-первых, выполняется условие постоянства размера выходного отверстия, во-вторых, форма модели строится, исходя из реальных контуров ЛЖ, полученных при ультразвуковых исследованиях сердца, и, в-третьих, алгоритм сокращения модели ЛЖ строится так, чтобы поток выбрасываемой из ЛЖ крови соответствовал экспериментально измеренному потоку крови через выходное отверстие. С этой целью был выделен параметр модели, который управляет процессом сокращения. Его зависимость от времени была установлена в результате численного решения интегрального уравнения. Полученная таким образом интегральная характеристика процесса сокращения может служить дополнительной информацией для определения патологических отклонений в работе ЛЖ. Библиогр. 4 назв. Ил. 10.

*Ключевые слова:* левый желудочек, математическая модель, интегральная характеристика процесса сокращения, интегральное уравнение, численное решение.

УДК 536.4.033

Бабин А. В. **Математическая обработка данных томовентрикулографии сердца** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 73–82.

В статье рассматривается задача математической обработки данных, полученных в результате томовентрикулографического исследования сердца. Томовентрикулография – это радионуклидный томографический метод, который, благодаря своей высокой диагностической точности и большого объема получаемых данных, является одним из самых востребованных

в задачах оценки и визуализации насосной функции желудочков сердца. Для решения поставленной задачи предлагаются алгоритмы: построения параметрических изображений сердца с использованием вейвлет-преобразований; определения объемов левого и правого желудочков; построения кривых «активность/время», отражающих изменение кровенаполнения желудочков; построения параметрических изображений, представленных в виде полярных диаграмм, на основании которых можно судить о временной последовательности движения различных отделов желудочка. Также определяются основные диагностические параметры, характеризующие работу желудочков сердца. Библиогр. 21 назв. Ил. 7.

*Ключевые слова:* вейвлет, полярные диаграммы, томоэнцефалография.

УДК 519.688

Буре В.М., Карпенко П.А., Свиркин М.В. **Информационно-логическая модель и реализация информационно-аналитического комплекса «Прием в высшее учебное заведение»** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 83–89.

Статья посвящена разработке методологии автоматизации процесса приема в высшее учебное заведение. На основе анализа и формализации предметной области, построения информационно-логической модели приведена реализация программного комплекса, охватывающего весь спектр задач по автоматизации процесса приема. Изложены основные положения по использованию аппаратных средств, информационных технологий и программных решений рассматриваемого комплекса, освещены вопросы администрирования и возможности его математического и информационно-аналитического модулей. Библиогр. 4 назв. Ил. 4.

*Ключевые слова:* прием в вуз, прием в СПбГУ, архитектура сети, Microsoft SQL, .NET.

УДК 530.34.013.4

Лопаткин Г.С. **Подход к автоматизации тестирования электронных цифровых устройств** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 90–98.

Рассматривается методика автоматизации процесса разработки тестов цифровых устройств. Предлагается способ, основанный на представлении устройства в виде программной модели. Описывается метод получения модели входных воздействий. Библиогр. 5 назв. Ил. 7.

*Ключевые слова:* тестовый контроль, цифровые устройства, моделирование, логический интерфейс, программная модель.

УДК 519.6

Тимошенко Д.М. **Комбинированный метод детектирования лиц на статических изображениях с применением смеси гауссовых распределений и каскадов Хаара** // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 99–104.

Предлагается комбинированный подход к детектированию лиц на основе метода Виолы–Джонса и смеси гауссовых распределений, который обеспечивает высокий процент обнаружения лиц и достаточно малое количество ложных срабатываний. Проводится численный эксперимент, в ходе которого устанавливаются оптимальные параметры алгоритма. Выполняется сравнение качества работы комбинированного метода и алгоритма Виолы–Джонса. Библиогр. 17 назв. Ил. 4. Табл. 2.

*Ключевые слова:* детектирование лиц, обработка изображений, распознавание образов, алгоритм Виолы–Джонса, смесь гауссовых распределений, двухмерное косинусное преобразование.

УДК 539.3

Карелин В.В., Фоминых А.В. **Управление процессом измерения в динамических системах** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2013. Вып. 4. С. 105–109.

Рассматривается проблема оптимизации процесса наблюдения за движением динамических систем при случайных возмущениях. При этом все типы неопределенности (как внешние возмущения, так и погрешности измерений) трактуются как случайные величины с заданными статистическими характеристиками. Переходная функция рассматриваемого динамического процесса содержит вектор неизвестных параметров. С помощью метода Байеса исходная задача свелась к решению некоторой детерминированной задачи оптимального управления. В работе продемонстрирована возможность применения принципа динамического программирования Беллмана к задаче быстрогодействия с нелинейной системой. При рассмотренных ограничениях на управления определены необходимые и достаточные условия оптимального управления. Полученные результаты иллюстрируются на примере. Библиогр. 4 назв.

*Ключевые слова:* случайная величина, негладкий анализ, динамическое программирование, строгий экстремум, необходимые и достаточные условия.

## ABSTRACTS

**Dahl Yu. M. On solution of some differential equations of mechanics by operating method** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 3–9.

*Dahl Yurij Michailovich* – doctor of physical and mathematical sciences, professor, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: ymdahl@yandex.ru.

Application of an operating method to the solution of Cauchy problem for heterogeneous differential equation of  $n$ -degree is considered. The formula of this equation general integral is obtained. The operating method is also used for solving boundary-value problems of mechanics of solids. It appears very effective in analytical examination of bend and stability of elastic-prismatic rods. Bibliogr. 6. Il. 2.

*Key words:* differential equation, operating method, Cauchy problem, boundary-value problems, bend and stability of rods.

**Krivovichev G. V. On one variant of the lattice Boltzmann equation method** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 10–20.

*Krivovichev Gerasim Vladimirovich* – candidate of physical and mathematical sciences, associated professor, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: gera1983k@bk.ru.

Modification of the lattice Boltzmann method is considered. The modified method is based on splitting of differential operator in Navier–Stokes equation and on the idea of instantaneous Maxwellisation of the distribution function. The problems for the system of lattice kinetic equations and for the system of linear diffusion equations are solved while one time step is realized. The efficiency of the method proposed in comparison with the ordinary lattice Boltzmann equation method is demonstrated on the solution of the problem of planar flow in cavern in wide range of Reynolds number and various grid resolution. Bibliogr. 41. Il. 1. Table 3.

*Key words:* lattice Boltzmann method, splitting method.

**Laptin Yu. P. On constructing exact penalty functions** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 21–31.

*Laptin Yuriy Petrovich* – candidate of physical and mathematical sciences, senior research worker, V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of the National Academy of Sciences of Ukraine, 03650 Kiev, Ukraine; e-mail: laptin\_yu\_p@mail.ru.

There are a large number of publications dedicated to investigation and problems of using exact penalty functions. At present the method of exact penalty functions is widely used for solving optimization problems with constraints. But using this method involves certain difficulties. Particularly there are no simple techniques of calculating the acceptable values of penalty coefficients. The article discusses approaches to determine the value of penalty coefficients for convex problems during the execution of the optimization algorithm. Significant difficulties in forming the equivalent unconstrained optimization problems arise if the functions describing the original problem are not defined on the whole variable space. For such case it is proposed to use special extensions of functions from a feasible set of the original problem to the whole variable space. This approach also allows to overcome the problem of bad scalability of the original problem. Bibliogr. 9. Il. 1.

*Key words:* nondifferentiable optimization, penalty functions, convex extension of functions.

**Mazalova A. V. Duopoly in queueing system** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 32–41.

*Mazalova Anna Vladimirovna* – post-graduate student, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: annamazalova@yandex.ru.



A non-cooperative two-person game which is related to the queueing system  $M/M/2$  is considered. There are two services which serve the stream of customers with exponential distribution with parameters  $\mu_1$  and  $\mu_2$  respectively. The stream forms the Poisson process with intensity  $\lambda$ . The problem of pricing and determining the optimal intensity for each firm in the competition and cooperation is solved. Increase of the number of players is also carried out. Bibliogr. 9. Tabl. 4.

*Key words:* duopoly, equilibrium prices, queueing system.

**Malamanov S.U. Asymptotic behavior model of turbulence near the surface** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 42–48.

*Malamanov Stepan Yurievich* – candidate of physical and mathematical sciences, doctorant, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: stevma@mail.ru.

The paper deals with the asymptotic analysis of the equations describing fluctuating structure of the turbulent flow of incompressible fluid. In addition to conventional viscous sublayer and a “buffer” zone – another area adjacent to the surface, and whose size of comparable with the height of natural roughness is considered. For this region approximate equations for the components of the Reynolds stress tensor are obtained and their solutions are found. Bibliogr. 6.

*Key words:* asymptotic analysis, turbulence, pulsation, Reynolds stress, the natural roughness.

**Murzinov I.E. On construction of common Lyapunov function for a family of mechanical systems with one degree of freedom** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 49–57.

*Murzinov Ilya Evgenievich* – student, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: murz42@gmail.com.

Certain classes of families of nonlinear mechanical systems with one degree of freedom, which is described by second order differential equation are studied. There are two parameters, damping and rigidity coefficients, in these equations and we assume that switching can take place in these coefficients. The problem of stability and dissipativity of corresponding hybrid system, which contains a considered family of systems and a switching law, defining which system is active in every moment is investigated. Conditions of the existence of CLFs of the a given form are obtained using second Lyapunov method. Fulfilment of these conditions provides asymptotic stability of equilibrium positions of corresponding switched systems for any switching law. It is proved that for considered families of essentially nonlinear systems we can guarantee the existence of CLFs under weaker assumptions than for linear ones. Thus, in comparison with linear systems, nonlinear ones are “more stable” with respect to switching of parameters values. Theorems 1 and 2 can be used for the design of stabilizing controls for mechanical systems. Challenging direction for further research is extension of the obtained results to the switched nonlinear mechanical systems with several degrees of freedom. Bibliogr. 16.

*Key words:* nonlinear systems, mechanical systems, hybrid systems, stability, Lyapunov functions.

**Novoselov V.S. On mathematical model of cardiac cells excitation** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 58–65.

*Novoselov Victor Sergeevich* – doctor of physical and mathematical sciences, professor, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: novoselov@apmath.spbu.ru.

Cardiac muscle cells perform three functions. Some of them automatically oscillate, others get excited and propagate active potential, the rest muscle fibers get excited and under electrical potential action contract thereby enabling pumping of blood. Each cell has specialized contacts with its neighboring cells. Active heart potential is generated in the first type cells (pacemaker synchrony) in the sinoatrial node (SA), in the atrioventricular node (AV) and even in Purkinje fibers. Then with the help of the second type cells this potential propagates through the cardiac

conduction system and activates atria and ventricular muscle fibers (the third type of cardiac cells). In the article the third type of cardiac cells are mainly examined. Mathematical models of the first and second types of cells are constructed in preceding works [7, 8]. The third type cardiac cells (myocardial cells) have a substantially more prolonged active potential as compared with axon spike. These cells are cable-like. The mechanical adhesion of myocardial cells is provided by adhering junction of an intercalated disk. The electrical joining of cells is provided by fissure openings in a junction. Such junctions make it possible for myocardial cells to reach threshold excitation (cut-off) at the same time. The simplest mathematical model of myocardial cell excitation with regard to traveling pulse structure and kinetic differential equations of cardiac cell contraction is constructed. Bibliogr. 11. II. 1.

*Key words:* myocardial cells, structure of a traveling pulse, kinetic differential equations.

**Tregubov V.P., Radichkina A.O. Mathematical model of left ventricle during the process of contraction // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 66–72.**

*Tregubov Vladimir Petrovich* – doctor of physical and mathematical sciences, professor, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: tregubov@apmath.spbu.ru.

*Radichkina Anna Olegovna* – credit specialist, OOO “HKF Bank”, 197227 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: radichkina@mail.ru.

The paper is devoted to mathematical modeling of left ventricle (LV) work during contraction and blood ejection to the blood vessel system. As opposed to preceding works actual left ventricle contours obtained by means of ultrasonic investigation was used in the construction of a proposed model. In addition the algorithm of contraction was constructed in such a manner that the blood stream volume flowing from the model corresponded to the experimentally measured stream volume ejected through the LV outlet hole, whose diameter stayed constant. For this purpose the special model parameter was defined for control of the contraction process. The dependence of this parameter on time was obtained as a result of the integral equation in which the desired function entered both in explicit and implicit forms and also entered the variable limit of integration. This desired function was obtained by means of the special algorithm for numerical solution. As a result the integral characteristic of the contraction process was obtained which may be used as additional information of pathology cases of LV work. Bibliogr. 4. II. 10.

*Key words:* left ventricle, mathematical model, integral characteristic of contraction process, integral equation, numerical solution.

**Babin A.V. Mathematical data processing of gated blood pool SPECT // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 73–82.**

*Babin Andrey Vladimirovich* – post-graduate student, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russia Federation; e-mail: babinandrew@mail.ru.

The problem of mathematical data processing of gated blood pool SPECT is considered. Gated blood pool SPECT is a radionuclide tomographic method which due to its high diagnostic accuracy and the large volume of the data is one of the most popular in the problems of estimation and visualization of the pumping function of heart ventricles. To solve the problem the following algorithms: building parametric heart images using wavelet transforms; determining volumes of left and right ventricles; building activity/time curve reflecting changes of blood filling of ventricles; building parametric images presented in the form of polar diagrams on whose grounds it is possible to judge time sequence of various ventricle departments movement are suggested. The problem of determine basic diagnostic parameters that characterize the work of heart ventricles is also defined. Bibliogr. 21. II. 7.

*Key words:* wavelet, polar diagrams, gated blood pool SPECT.

Bure V.M., Karpenko P.A., Svirkin M.V. **Information-logical model and implementation of information-analytical complex “Admission to higher education institution”** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 83–89.

*Bure Vladimir Mansurovich* – doctor of technical sciences, professor, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russia Federation; e-mail: vlmbure@mail.ru.

*Karpenko Pavel Alekseevich* – graduate student, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russia Federation; e-mail: karpenko\_pavel@mail.ru.

*Svirkin Mikhail Vladimirovich* – candidate of physical and mathematical sciences, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russia Federation; e-mail: smv01\_01@mail.ru.

The article is devoted to the development of methodology to automate the process of admission to a higher educational institution. On the base of analysis and formalization of the domain, construction of an information-logical model the implementation of a program complex that covers the entire spectrum of admission process automation is presented. Main propositions of using of hardware, information technology and software solutions of this complex are presented, items of administration and possibility of mathematical and analytical modules are highlighted. Bibliogr. 4. Il. 4.

*Key words:* admission to higher education, admission to St. Petersburg University, network architecture, Microsoft SQL, .NET.

Lopatkin G.S. **Approach to automated testing digital devices** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 90–98.

*Lopatkin Grigoriy Sergeevich* – post-graduate student, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russia Federation; e-mail: destator@gmail.com.

The methodology for automating the process of test development for electronic digital devices is described. The mode based on representation of the device as a software model is suggested. The method for creating a model of input signals is described. Bibliogr. 5. Il. 7.

*Key words:* test control, digital devices, modeling, logical interface, software model.

Timoshenko D.M. **Combined method of face detection on images using Gaussian mixture model and Haar’s cascades** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 99–104.

*Timoshenko Denis Maksimovich* – post-graduate student, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: timoshenko.d.m@gmail.com.

The well known Gaussian mixture model and the Viola–Jones algorithm are combined into one method which provides a high detection rate and a low false negative rate. A two-dimensional windowed discrete cosine transform is shown. Discrete cosine transform coefficients were used as learning features for a mixture model. Optimal parameters of Gaussian mixture model and the number of the first cosine coefficients are found out. The proposed method is compared with Viola–Jones approach on a large image database from social networks. Bibliogr. 17. Il. 4. Table 2.

*Key words:* face detection, image processing, pattern recognition, Viola–Jones, Gaussian mixture model, cosine transform.

Karelin V.V., Fominyh A.V. **Measurement process control in dynamical systems** // Vestnik St. Petersburg University. Ser. 10. 2013. Issue 4. P. 105–109.

*Karelin Vladimir Vitalievich* – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: vlkarelin@mail.ru.

*Fominyh Aleksander Vladimirovich* – student, St. Petersburg State University, 199034 St. Petersburg, Russian Federation; e-mail: alexfomster@mail.ru.

The problem of observation process optimization of dynamical system motion under random perturbations is considered. Moreover, all types of uncertainty (both external perturbations and

measurement error) are treated as random variables with given statistical characteristics. The transition function of the considered dynamic process contains a vector of unknown parameters. Using Bayesian method the original problem is reduced to the solution of a determinate optimal control problem. The paper demonstrates the possibility of using Bellman's principle of dynamic programming to the quick action problem with a nonlinear system. Under constrains on control examined the necessary and sufficient conditions of optimal control are found. The obtained results are illustrated on an example. Bibliogr. 4.

*Key words:* random variable, nonsmooth analysis, dynamic programming, strict extremum, necessary and sufficient conditions.

---

---

## О Т Р Е Д А К Ц И И

Подробная информация о правилах предоставления статей и порядке их рецензирования приведена в выпусках журнала за 2009 г., в вып. 1 за 2010 г. и на сайте факультета прикладной математики–процессов управления СПбГУ (e-mail: vkarelin@apmath.spbu.ru).

ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ  
 «ВЕСТНИК САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА»  
 В 2013 ГОДУ.

СЕРИЯ 10: ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА,  
 ИНФОРМАТИКА, ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

**Прикладная математика**

<i>Аббасов М. Э.</i> Условия экстремума в терминах обобщенных несобственных экзостеров .....	3	3–8
<i>Александров А. Ю., Косов А. А.</i> Об устойчивости гироскопических систем .....	2	3–13
<i>Андерсен А. А., Чистяков С. В.</i> Методологические основы разработки интерактивной системы построения шкалы ставок подоходного налога .....	3	9–19
<i>Бальжина Ю. Е., Колтак Е. П.</i> Математические модели функционирования фолликула щитовидной железы .....	3	20–31
<i>Брэгман К. М.</i> Алгоритм дифференцирования, основанный на методе дополнительных переменных .....	2	14–25
<i>Буре В. М., Сергеева А. А.</i> Метод определения равновесия при условии штрафных санкций за задержку в обслуживании на строительном рынке .....	3	32–38
<i>Васин А. В.</i> Определение линии раздела областей вихревых течений .....	1	3–10
<i>Волкова А. С.</i> Обобщенные решения краевой задачи для уравнения теплопроводности на графе .....	3	39–47
<i>Даль Ю. М.</i> О работах В. В. Новожилова по теории упругости .....	2	26–34
<i>Даль Ю. М.</i> О решении некоторых дифференциальных уравнений механики операционным методом .....	4	3–9
<i>Демьянов В. Ф., Долгополк М. В.</i> Кодифференцируемые функции в банаховых пространствах: методы и приложения к задачам вариационного исчисления .....	3	48–66
<i>Демьянович Ю. К., Дронь В. О., Иванцова О. Н.</i> Об аппроксимации $V_\varphi$ -сплайнами .....	3	67–72
<i>Ермолаева Н. Н., Курбатова Г. И.</i> Анализ подходов к моделированию термодинамических процессов в газах при высоких давлениях .....	2	35–44
<i>Калинина Е. А.</i> О числе обусловленности Гёльдера .....	2	45–53
<i>Костюнин С. Ю., Палестини А., Шевкопляс Е. В.</i> Об одной дифференциальной игре, моделирующей разработку невозобновляемого ресурса .....	3	73–82
<i>Кривовичев Г. В.</i> Об одном варианте метода решеточных уравнений Больцмана .....	4	10–20
<i>Лаптин Ю. П.</i> Вопросы построения точных штрафных функций .....	4	21–31
<i>Лебедев Д. М., Полякова Л. Н.</i> Задача проектирования нулевой точки на квадрату .....	1	11–17
<i>Мазалова А. В.</i> Дуополия в системе обслуживания с очередями .....	4	32–41
<i>Маламанов С. Ю.</i> Асимптотическая модель турбулентного течения вблизи поверхности .....	4	42–48
<i>Мальков В. М., Малькова Ю. В.</i> Плоские задачи о сосредоточенных силах для полулинейного материала .....	3	83–96
<i>Мирошин Р. Н.</i> Обобщение неравенства Левина–Стечкина .....	1	18–21
<i>Михеев С. Е.</i> Об одном парадоксе в теоремах о методе Ньютона .....	1	22–36
<i>Мурзинов И. Е.</i> Построение общей функции Ляпунова для семейства механических систем с одной степенью свободы .....	4	49–57
<i>Надымов Е. Н.</i> Расчет присоединенных масс с помощью каплевидных осесимметричных тел .....	3	97–101
<i>Новоселов В. С.</i> О математической модели возбуждения клеток сердца .....	4	58–65
<i>Norkin V. I., Wets R. J.-B.</i> On a strong graphical law of large numbers for random semicontinuous mappings .....	3	102–111

<i>Овсянников А. Д.</i> Об оптимизации динамики заряженных частиц в электростатическом поле .....	2	54–59
<i>Овсянников Д. А., Едаменко Н. С.</i> Моделирование динамики пучков заряженных частиц .....	2	60–65
<i>Провоторов В. В., Гнилицкая Ю. А.</i> Граничное управление волновой системой в пространстве обобщенных решений на графе .....	3	112–120
<i>Прудников И. М.</i> Метод построения исчерпывающего множества верхних выпуклых аппроксимаций .....	1	37–51
<i>Ряжских В. И., Слюсарев М. И., Попов М. И.</i> Численное интегрирование бигармонического уравнения в квадратной области .....	1	52–62
<i>Трегубов В. П., Радичкина А. О.</i> Математическое моделирование кинематики левого желудочка сердца человека в процессе его сокращения .....	4	66–72
<i>Фирюлина О. С.</i> Нахождение всех максимальных независимых множеств неориентированного графа .....	1	63–69
<i>Чернузцану Е. К.</i> Метод градиентного типа для решения задачи строгого $h$ -отделения .....	2	66–74
<i>Шиманчук Д. В., Шмыров А. С.</i> Построение траектории возвращения в окрестность коллинеарной точки либрации системы Солнце–Земля .....	2	75–84
<i>Yeung D. W. K.</i> Optimal consumption under an uncertain inter-temporal budget: stochastic dynamic Slutsky equations .....	3	121–141

## **Информатика**

<i>Амелин К. С.</i> Рандомизация в контуре управления легкого БПЛА при полете в условиях неизвестных изменений направления ветра .....	2	85–101
<i>Бабин А. В.</i> Математическая обработка данных томоэнцефалографии сердца .....	4	72–82
<i>Богданов А. В., Е Мьинт Найнг.</i> Сравнение нескольких платформ облачных вычислений .....	2	102–110
<i>Буре В. М., Карпенко П. А., Свиркин М. В.</i> Информационно-логическая модель и реализация информационно-аналитического комплекса «Прием в высшее учебное заведение» .....	4	83–89
<i>Буре В. М., Щербакова А. А.</i> Применение дискриминатного анализа и метода деревьев принятия решений для диагностики офтальмологических заболеваний .....	1	70–76
<i>Гордеев Д. Ф.</i> Моделирование и расчет дозного распределения в тканеквивалентной среде .....	3	142–149
<i>Дурновцева С. А.</i> Метод синтеза сейсмических колебаний, соответствующих заданному семейству спектров ответа .....	2	111–119
<i>Климаков А. А.</i> Моделирование электронной пушки с системой фокусирующих линз с учетом распределения пространственного заряда .....	3	150–156
<i>Лопаткин Г. С.</i> Подход к автоматизации тестирования электронных цифровых устройств .....	4	90–98
<i>Макарова М. А.</i> Моделирование цилиндрического и сферического диодов с учетом объемного заряда .....	2	120–126
<i>Маламанов С. Ю., Павловский В. А.</i> Моделирование турбулентности в струйном течении с помощью гидродинамического модуля ANSYS.CFX .....	1	77–84
<i>Медведева О. А.</i> Задача о назначениях с возможностью обучения .....	1	85–94
<i>Никифоров К. А., Егоров Н. В.</i> Моделирование эмиссионных процессов в среде MATLAB .....	2	127–134
<i>Сухомлин В. А.</i> Анализ международных стандартов магистерского образования в области информационных технологий .....	1	95–105
<i>Тимошенко Д. М.</i> Комбинированный метод детектирования лиц на статических изображениях с применением смеси гауссовых распределений и каскадов Хаара .....	4	99–104

## Процессы управления

<i>Егоров А. В., Mondié S.</i> Критерий устойчивости линейных уравнений с одним запаздыванием в терминах матриц Ляпунова. ....	1	106–115
<i>Карелин В. В., Фоминых А. В.</i> Управление процессом измерения в динамических системах. ....	4	105–109
<i>Ушаков В. Н., Успенский А. А., Лебедев П. Д.</i> Геометрия сингулярных кривых для одного класса задач быстрогодействия. ....	3	157–167
<i>Якушев В. П., Карелин В. В., Буре В. М.</i> Байесовский подход в задаче управления кислотностью среды. ....	3	168–179

## Хроника

<i>Абдуллаев Насрулло, Антончик Т. Н., Виноградова Т. В., Власова Т. В., Войтенко С. С., Захаркина В. В., Иванов Г. Г., Ермолин В. С., Карелин В. В., Левичев Ю. Е., Матвеева Е. Н., Павликов В. Ю., Петросян Л. А., Савченков С. Е., Сивков А. Н., Скалин Н. И., Цой Л. Г., Шербаков П. П., Чаунин М. П., Чистяков С. В., Юрков А. В.</i> Памяти Е. Я. Смирнова. ....	4	110–111
<i>Веремей Е. И., Демьянов В. Ф., Дривотин О. И., Егоров Н. В., Жабко А. П., Камачкин А. М., Карелин В. В., Мышков С. А., Петросян Л. А., Полякова Л. Н., Шамберов В. Н., Чистяков С. В.</i> Р. А. Нелепин (к 85-летию со дня рождения). ....	3	183–184
<i>Куржанский А. Б., Демьянов В. Ф.</i> Международная научная конференция «Конструктивный негладкий анализ и смежные вопросы» (CNSA-2012). ....	1	116–118

## Обзоры и рецензии

<i>Батаронов И. Л., Провоторов В. В.</i> – А.Ю. Александров, А.В. Платонов. Метод сравнения и устойчивость движений нелинейных систем. ....	3	180–181
<i>Жабко А. П.</i> – В.В. Провоторов. Собственные функции краевых задач на графах и приложения. ....	3	181–182

<b>Аннотации</b> .....	1	119–122
	2	135–139
	3	185–190
	4	112–116

<b>Abstracts</b> .....	1	123–131
	2	140–143
	3	191–197
	4	117–121

<b>От редакции</b> .....	4	121
--------------------------	---	-----

# CONTENTS

## APPLIED MATHEMATICS

<i>Dahl Yu. M.</i> On solution of some differential equations of mechanics by operating method.....	3
<i>Krivovichev G. V.</i> On one variant of the lattice Boltzmann equation method .....	10
<i>Lapin Yu. P.</i> On constructing exact penalty functions .....	21
<i>Mazalova A. V.</i> Duopoly in queueing system .....	32
<i>Malamanov S. U.</i> Asymptotic behavior model of turbulence near the surface .....	42
<i>Murzinov I. E.</i> On construction of common Lyapunov function for a family of mechanical systems with one degree of freedom .....	49
<i>Novoselov V. S.</i> On mathematical model of cardiac cells excitation .....	58
<i>Tregubov V. P., Radichkina A. O.</i> Mathematical model of left ventricle during the process of contraction .....	66

## INFORMATICS

<i>Babin A. V.</i> Mathematical data processing of gated blood pool SPECT .....	73
<i>Bure V. M., Karpenko P. A., Svirkin M. V.</i> Information-logical model and implementation of information-analytical complex "Admission to higher education institution" .....	83
<i>Lopatkin G. S.</i> Approach to automated testing digital devices .....	90
<i>Timoshenko D. M.</i> Combined method of face detection on images using Gaussian mixture model and Haar's cascades .....	99

## CONTROL PROCESSES

<i>Karelin V. V., Fominyh A. V.</i> Measurement process control in dynamical systems .....	105
--	-----

## CHRONICLE

<i>Abdullaev Nasrullo, Antonchik T. N., Vinogradova T. V., Vlasova T. V., Vojtenko S. S., Zaharkina V. V., Ivanov G. G., Ermolin V. S., Karelin V. V., Levichev Ju. E., Matveeva E. N., Pavlikov V. Ju., Petrosjan L. A., Savchenkov S. E., Sivkov A. N., Skalin N. I., Coj L. G., Shherbakov P. P., Chaunin M. P., Chistjakov S. V., Jurkov A. V.</i> The memory of E. Ya. Smirnov ..	110
--	-----

ABSTRACTS .....	112
-----------------	-----

FROM EDITORIAL STAFF .....	121
----------------------------	-----

LIST OF ARTICLES .....	122
------------------------	-----