

УДК 517.984.54, 517.968.28

*О. В. Коваленко<sup>1,2</sup>, Н. И. Хочкин<sup>1</sup>*<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

## Решение системы уравнений марковского восстановления с помощью аппроксимации асимптотических рядов

Рассматривается численный метод решения системы уравнений марковского восстановления, описывающих случайный процесс на дискретном множестве состояний и непрерывном времени. В первом шаге метода находится заданное число первых моментов и производных в нуле точного решения системы для каждого состояния. При этом явный вид решения не находится. Полученные моменты и производные соответствуют двум асимптотическим разложениям образа Лапласа решения в нуле и на бесконечности. Во втором шаге строится двухточечная интерполяция Паде по полученным рядам. Далее, используя теорию цепных  $M$ -дробей, в рациональное приближение вводятся два действительных параметра, которые не изменяют асимптотическое разложение в заданном числе членов. Используя введенные параметры, строится ограниченное и вполне монотонное рациональное приближение, соответствующее плотности функции распределения.

**Ключевые слова:** полумарковский процесс, восстановление по моментам, рациональная аппроксимация, цепные  $M$ -дроби.

*O. V. Kovalenko<sup>1,2</sup>, N. I. Hochkin<sup>1</sup>*<sup>1</sup>Russian Federal Nuclear Center<sup>2</sup>Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

## Solution of the system of renewal Markov equations using the approximation of asymptotic series

The numerical method of solution of the system of renewal Markov equations, which describes the stochastic process on a discrete set of states and continuous time, is developed. The necessary number of the first moments and derivatives in zero of the exact solution is found at the first step of the method for all states. Moreover, the explicit form of the system solution is found. Derived moments and derivatives corresponding to two asymptotic series of the expansion of the solution in the form of Laplace image in zero and in the infinity. Two-point Pade approximant is constructed from this series at the second step of the method. Further, using theory of continued  $M$ -fractions, two real parameters appear in the rational approximation so that the asymptotic expansion does not change in the necessary number of terms. Using the parameters, the limit and completely monotonic rational function are constructed, which correspond to some probability density function.

**Key words:** semi-Markovian process, reconstruction by moments, rational approximation, continued  $M$ -fractions.

УДК 519.174.7

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

## О новых нижних оценках хроматического числа сферы

Настоящая работа посвящена исследованию хроматического числа сферы  $\chi(S_r^{n-1})$ . В работе приводятся новые нижние оценки данной величины при разных радиусах. Эти оценки сопоставляются с известными ранее, указываются значения радиусов сферы, при которых новые оценки оказываются лучше результатов предыдущих исследователей.

**Ключевые слова:** хроматическое число сферы, линейно-алгебраический метод, теорема Франкла–Уилсона, проблема Нельсона–Хадвигера, дистанционные графы.

*О. А. Kostina<sup>1</sup>, А. М. Raigorodskii<sup>1,2</sup>*<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University<sup>2</sup>Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

## On the new lower bounds of the chromatic number of sphere

The paper is devoted to the study of the chromatic number of sphere  $\chi(S_r^{n-1})$ . The paper contains the new lower bounds of this value for different radii. These bounds are compared with those obtained earlier. We also give such values of sphere radii that the new bounds appear to be better than the results obtained in previous research.

**Key words:** chromatic number of sphere, linear-algebraic method, Frankl–Wilson theorem, Nelson–Hadwiger problem, distance graphs.

УДК 517.929

*Р. Перез Ортиз*

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова

## Спектральный анализ интегродифференциальных уравнений с ядрами, зависящими от параметра

Изучаются интегродифференциальные уравнения с неограниченными операторными коэффициентами в гильбертовом пространстве, представляющие собой абстрактное волновое уравнение, возмущенное вольтерровыми интегральными операторами, зависящими от параметра. К исследованию указанных уравнений приводят многочисленные задачи, возникающие в приложениях: в теории вязкоупругости, в теории распространения тепла в средах с памятью и в теории усреднения. Основная цель предлагаемой работы — проведение спектрального анализа оператор-функций, являющихся символами указанных уравнений.

**Ключевые слова:** вольтерровые интегральные операторы, интегродифференциальные уравнения, спектральный анализ, уравнение теплопроводности Гуртина–Пипкина.

*R. Perez Ortiz*

Lomonosov Moscow State University

## Spectral analysis of integro-differential equations with kernels depending on the parameter

We study integro-differential equations with unbounded operator coefficients in a Hilbert space, which represents abstract wave equations perturbed by terms that include Volterra integral operators with kernel depending on the parameter. These equations can be regarded as an abstract form of the Gurtin–Pipkin equation, which describes the evolution of thermal phenomena, heat transfer in materials with memory or sound propagation in viscoelastic media. The main objective of the proposed work is to study the spectral analysis of operator functions, which are symbols of mentioned equations.

**Key words:** Volterra integral operators, integrodifferential equations, spectral analysis, Sobolev space, Gurtin–Pipkin heat equation.

УДК 519.174

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

## Об одной задаче, связанной с оптимальной раскраской пространства без одноцветных равнобедренных треугольников

В настоящей работе предложена модификация линейно-алгебраического метода в комбинаторике, позволяющая получать новые экспоненциальные нижние оценки в задаче о минимальном числе цветов, в которые можно так покрасить пространство, чтобы точки одного цвета не могли образовать равнобедренный треугольник с длинами сторон из некоторого множества.

**Ключевые слова:** хроматические числа, евклидова теория Рамсея, дистанционный граф.

*D. V. Samirov<sup>1</sup>, A. M. Raigorodskii<sup>1,2</sup>*<sup>1</sup>Moscow Institute of Physics and Technology (State University)<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University

## On colorings with forbidden isosceles triangles in Euclidean spaces

In this paper, we propose a modification of the linear algebra method in combinatorics that enables us to obtain new exponential lower bounds in a problem of the minimum number of colors needed to color the space so that no three points of the same color form an isosceles triangle with side lengths of a given set.

**Key words:** chromatic numbers, Euclidean Ramsey theory, distance graph.

УДК 519.63

*И. В. Цыбулин, Ю. И. Скалько, Е. С. Павлова*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

## **Распределенный метод длинных характеристик для решения уравнения переноса излучения**

В работе предлагается модификация метода длинных характеристик, используемого для решения задачи переноса излучения. Предлагаемый метод позволяет решать уравнение переноса на декомпозированных неструктурированных тетраэдральных сетках. Коллективное взаимодействие процессов требуется только для решения задачи на границах области. Благодаря тому, что в основе метода лежат длинные характеристики, вспомогательная задача допускает простое представление и сводится в решению небольшой разреженной системы линейных уравнений.

**Ключевые слова:** перенос излучения, метод длинных характеристик, неструктурированные сетки, распределенная реализация, графические ускорители.

*I. V. Tsybulin, Y. I. Skalko, E. S. Pavlova*

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

## **A distributed version of the long characteristics method for the equation of radiative transfer**

A modified version of the long characteristics method used for the radiative transfer problem is proposed. The method is suitable for solving the equation on a decomposed unstructured tetrahedral grid. Interprocess communication is required only for solving an auxiliary problem on the domain interfaces. Utilization of the long characteristics admits a simple representation of the auxiliary problem which reduces to solving a small sized sparse linear system of equations.

**Key words:** radiative transfer, long characteristics method, unstructured grid, distributed implementation, GPU.

УДК 519.688

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

Московский физико-технический институт

## Моделирование процессов фильтрации в коллекторах с переменной пористостью

При разработке сланцевых месторождений и месторождений баженовской свиты для адекватного моделирования тепловых методов воздействия на пласт существенным является учёт химических реакций, приводящих к изменению пористости коллектора. В данной работе рассматривается математическая модель и вычислительный алгоритм, реализованный в симуляторе, предназначенном для моделирования данных процессов; производится сравнение с коммерческим симулятором, а также приводятся примеры расчётов с изменением пористости.

**Ключевые слова:** многофазная многокомпонентная фильтрация, переменная пористость, кероген.

*A. V. Shevchenko, I. V. Tsybulin, Y. I. Skalko*

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

## Modeling of the filtration process in reservoirs with variable porosity

The accountment of chemical reactions that leads to a significant change in porosity is crucial for adequate modeling of thermal EOR methods on shale and Bazhenov Formation reservoirs. In this paper, we construct a mathematical model and a computation algorithm designed for simulation of these problems. The simulator is compared with its commercial analogs. Examples of calculations with variable porosity are given.

**Key words:** multiphase multicomponent filtration, variable porosity, kerogen.

УДК 622.276.031:532.529.5

*Т. С. Ющенко*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

## Математическое моделирование трехфазного равновесия в природных газоконденсатных системах при наличии минерализованного раствора воды

Рассматривается применение современного метода расчета фазового равновесия в природных газоконденсатных системах с учетом наличия минерализованного раствора воды в порах коллектора. Метод моделирования основан на использовании трехпараметрического уравнения состояния Peng–Robinson и правила смешивания Huron–Vidal.

Предлагаются новые значения параметров, используемых в правиле смешивания Huron–Vidal, позволяющие повысить точность описания фазового равновесия в бинарных смесях компонент природной углеводородной системы и воды в широком диапазоне изменений давлений и температур.

Влияние остаточной воды на поведение пластовой газоконденсатной системы при разработке залежи оценивается на основе результатов математического моделирования исследования на истощение при постоянном объеме (CVD-тест) с применением указанного метода расчета многофазного равновесия. Приводятся примеры влияния остаточной воды на PVT-свойства реальных газоконденсатных систем, различающихся начальными пластовыми термобарическими условиями, потенциальным содержанием стабильного конденсата ( $C_{5+}$ ) и компонентным составом.

**Ключевые слова:** PVT-модель, пластовая газоконденсатная смесь, трехфазное равновесие, остаточная вода, правила смешивания Huron–Vidal, CVD-тест.

*T. S. Yushchenko*

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

## Mathematical modeling of three-phase equilibria in natural gas condensate systems in the presence of mineralized water

The paper considers a mathematical method of phase equilibria calculation in natural gas condensate systems taking into account the presence of brine in reservoir media. This mathematical method is based on the three-parameter Peng–Robinson cubic equation of state and the Huron–Vidal mixing rule.

The new values of Huron–Vidal mixing rule parameters are proposed, allowing us to phase equilibria calculation for binary mixtures of the natural gas condensate systems component and water in a wide range of pressure and temperature.

The effect of the presence of residual water on the phase behavior of constant volume depletion test mathematical modeling results using the discussed method. the residual water presence effect on the PVT-properties of natural gas condensate systems distinguished by the initial reservoir conditions, the potential content of stable condensate ( $C_{5+}$ ) and compositions are given.

**Key words:** PVT-model, gas condensate mixture, three-phase equilibria, residual water, Huron–Vidal mixing rule, CVD.

УДК 532.527

*И. С. Босняков<sup>1,2</sup>, Г. Г. Судаков<sup>1</sup>*<sup>1</sup>Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н. Е. Жуковского<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

## **Верификация инженерной модели разрушения вихревого следа за самолетом с помощью метода моделирования больших вихрей**

Представлены результаты верификации инженерной модели ЦАГИ разрушения вихревого следа за самолетом с помощью метода моделирования больших вихрей (LES). Инженерная модель разрушения вихревого следа за самолетом разрабатывалась коллективом авторов на протяжении ряда лет. Эта модель описывает все этапы эволюции следа и опирается на весь имевшийся у авторов модели экспериментальный и расчетный материал по разрушению вихревого следа за самолетом. В данной работе рассматривается уточненная математическая модель исследуемой задачи, и с учетом этих уточнений проводится глубокое тестирование инженерной модели разрушения вихревого следа по всем параметрам: «потеря» циркуляции; максимальная окружная скорость вихря; положение вихрей, включая разброс, вызванный турбулентностью атмосферы; время до касания вихрей.

*I. S. Bosnyakov<sup>1,2</sup>, G. G. Soudakov<sup>1</sup>*<sup>1</sup>Central Aerohydrodynamic Institute (TsAGI)<sup>2</sup>Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

## **Verification of an engineering model for vortex wake decay behind a plane by large eddy simulation**

This paper is devoted to computations of vortex wake decay behind a large civil aircraft. The simulations are performed by large eddy simulation. The results obtained by this contemporary mathematical model are compared with predictions of the engineering decay model obtained in numerous experiments and previous computations.

**Key words:** vortex wake decay, LES, wake encounter.



УДК 532.527

*И. С. Босняков<sup>1,2</sup>, Г. Г. Судаков<sup>1</sup>*<sup>1</sup>Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н. Е. Жуковского<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

## Моделирование явления «отскока» вихревого следа за самолетом от поверхности земли с помощью LES

При пролете самолета на небольшой высоте над землей образуется вихревой след, эволюция которого существенно отличается от эволюции следа за самолетом, пролетающим на большой высоте. Пара вихрей на малой высоте над землей ведет себя аномально: один вихрь движется параллельно земле, а второй – «подскакивает» примерно на 15–20 м вверх. Существенно меняется также темп «потери» циркуляции вихрей по сравнению со случаем движения вихревой пары на большой высоте. Это явление в данной работе изучается с помощью метода моделирования больших вихрей (LES), который позволяет провести аккуратное моделирование происходящих физических процессов.

*I. S. Bosnyakov<sup>1,2</sup>, G. G. Soudakov<sup>1</sup>*<sup>1</sup>Central Aerohydrodynamic Institute (TsAGI)<sup>2</sup>Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

## Simulation of aircraft's vortex wake bounce effect in the surface vicinity by LES

The evolution of the vortex wake behind an aircraft sufficiently differs in flight at low altitude over earth's surface as compared to high altitude flight. A vortex pair in earth proximity shows an abnormal behaviour: one vortex moves parallel to the surface, the other bounces up by 15–20 meters. The rate of circulation «loss» changes sufficiently as compared to the case of vortex pair movement at high altitude. This phenomenon is studied by LES allowing us accurate physics modelling.

**Key words:** vortex wake decay, LES, wake encounter, wake bounce effect.

УДК 533.6.011

*Г. Б. Сизых*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

**Признак наличия точки торможения в плоском  
безвихревом течении идеального газа**

На основе анализа полных уравнений Эйлера исследуются плоские безвихревые течения идеального совершенного газа. Предлагается признак наличия точки торможения в установившемся потоке.

**Ключевые слова:** уравнения Эйлера, дозвуковой принцип максимума, признак точки торможения.

*G. B. Sizykh*

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

**Sign of the presence of braking points in a planar  
irrotational flow of an ideal gas**

Based on the analysis of the full Euler equations, the planar irrotational flow of an ideal gas is investigated. A sign of the presence of braking points in a steady flow is proposed.

**Key words:** Euler equations, the maximum principle subsonic, a sign of braking points.

УДК 538.915

*П. С. Захаров<sup>1,2</sup>, А. Г. Итальянцев<sup>1,2</sup>*<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)<sup>2</sup>ОАО «НИИМЭ и Микрон»

## Эффект переключения электрической проводимости в структурах металл–диэлектрик–металл на основе нестехиометрического оксида кремния

Исследован эффект переключения электрической проводимости в МДМ-структурах на основе нестехиометрического оксида кремния, химический состав которого контролировался посредством эллипсометрии. Показано, что такой эффект может устойчиво достигаться на атмосферном воздухе. Многократное и воспроизводимое переключение проводимости наблюдается в структурах с  $\text{SiO}_{0,66}$ – $\text{SiO}_{0,95}$ . Отношение сопротивлений в высокоомном и низкоомном состояниях составляет  $10^4$  –  $10^5$ . Структуры с окислом слабого отклонения от стехиометрии склонны к необратимому электрическому пробое диэлектрика. На основе изложенного делается предположение о двух возможных механизмах эффекта переключения проводимости, связанных с периодическим выстраиванием и разрушением токопроводящих каналов в окисле: с участием избыточных атомов кремния и/или кислородных вакансий.

**Ключевые слова:** структуры металл-диэлектрик-металл, нестехиометрический оксид кремния, переключение электрической проводимости, эффект памяти, кислородные вакансии, резистивная память.

*P. S. Zakharov<sup>1,2</sup>, A. G. Italyantsev<sup>1,2</sup>*<sup>1</sup>Moscow Institute of Physics and Technology (State University)<sup>2</sup>Mikron

## Effect of electrical conductivity switching in metal–dielectric–metal structures based on nonstoichiometric silicon oxide

The effect of electrical conductivity switching in MIM structures based on nonstoichiometric silicon oxide is been investigated. The silicon oxide chemical composition is controlled by ellipsometry. It is shown that this effect can be achieved persistently in atmospheric environment. Repeated and reproducible switching is observed in  $\text{SiO}_{0,66}$ - $\text{SiO}_{0,95}$  - based structures. The high and low resistance ratio is  $10^4$  –  $10^5$ . Samples with silicon oxide slightly deviated from stoichiometry are subject to hard dielectric breakdown. According to this dependence the hypothesis of two possible mechanisms of the conductivity switching effect caused by discontinuous filament renewal and destruction is made. One of them is based on excess silicon atoms, the other implies oxygen vacancies.

**Key words:** metal–dielectric–metal structures, nonstoichiometric silicon oxide, electrical conductivity switching, memory effect, oxygen vacancy, resistive memory.

УДК 519.872.6

*Т. С. Бабичева*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

**Методы теории массового обслуживания  
при исследовании и оптимизации движения  
на управляемых перекрёстках**

Описываются методы теории массового обслуживания при решении задачи об оптимизации светофорных режимов на регулируемых перекрёстках. Поток автомобилей на многополосной дороге описывается пуассоновскими процессами. В работе использовано понятие «эффективного числа полос», характеризующего максимальный поток автомобилей при различных светофорных режимах. Методы теории массового обслуживания помогли получить явные решения задачи минимизации задержек на управляемом перекрёстке.

**Ключевые слова:** транспортные потоки, многополосные дороги, светофоры, регулируемый перекресток, эргодичность, оптимизация, высокая загрузка, численные методы, теория массового обслуживания.

*T. S. Babicheva*

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

**Use of queuing theory at research and traffic optimization  
on the signal-controlled road intersections**

The paper describes methods of queuing theory for solving the problem of optimizing traffic light phases on signal-controlled road intersections. The flow of vehicles on multi-lane roads is described by Poisson processes. In this paper, the concept of the effective number of lanes is used, which indicates the maximum flow of cars with different modes of traffic lights. Methods of queuing theory help to obtain explicit solutions of the problem of minimizing delays at signal-controlled road intersection.

**Key words:** transportation network analysis, traffic simulation, traffic flows, multilane roads, traffic lights, signal-controlled road intersections, ergodicity, optimization, high load, numeric methods, queuing theory.

УДК 004.031.43

*П. М. Вдовин*

Московский государственный университет

## **Инструментальная система проектирования сетей AFDX**

В данной работе описана задача организации периодически передаваемых сообщений для бортовых сетей, основанных на стандарте Avionics Full Duplex Ethernet (AFDX), и предложен общий подход к ее решению. На основе описанного подхода разработана инструментальная система, которая предоставляет возможность интерактивного редактирования входных данных задачи, запуска реализованного алгоритма и отображения результатов его работы. Благодаря высокой модульности системы возможен запуск отдельных этапов алгоритма, а также запуск с выключением отдельных процедур, что позволяет в дальнейшем исследовать их эффективность.

**Ключевые слова:** AFDX, инструментальная система, виртуальный канал, бортовая сеть, система реального времени.

*P. M. Vdovin*

Lomonosov Moscow State University

## **A tool for AFDX networks design**

In this paper, the task of periodically transmitted messages organization for onboard data networks based on Avionics Full Duplex Ethernet (AFDX) standard is formalized and the common approach to its solution is proposed. Based on this approach, a tool is designed, which provides an opportunity for task input data editing, running implemented algorithm and presenting the results of its solution. Due to the high modularity of the tool, running of algorithm's separate steps is possible, as well as execution without some procedures, which provides a further examine of their effectiveness.

**Key words:** AFDX, tool for network design, virtual link, onboard network, real-time system.

УДК 621.396.677.85

*В. В. Гаврилин*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

## **Разработка линзовой антенны в виде волноводной решетки с веерной диаграммой направленности**

Рассматривается задача моделирования линзовой антенны, которая формирует косекансный луч. Особенностью антенны является то, что луч поворачивается за счет механического поворота линзы при неподвижном облучателе. Задача формирования веерного луча осуществляется путем профилирования поверхности линзы, которая состоит из волноводов квадратного сечения.

**Ключевые слова:** линзовая антенна, волноводная решётка, веерный луч, косекансная диаграмма направленности.

*V. V. Gavrilin*

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

## **Development of waveguide lens antenna array with fan-shaped radiation pattern**

In this article, the problem of cosecant beam lens antenna modeling is considered. The feature of the antenna is that the beam is rotated through mechanical rotation of the lens with a stationary irradiator. The task of forming a fan-shaped beam is carried out by profiling the surface of the lens, which consists of square cross-section waveguides.

**Key words:** lens antenna, waveguide array, fan-shaped beam, cosecant radiation pattern.

УДК 004.4'24

*О. А. Дерюгина*Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники  
и электроники

## Семантика и семантически эквивалентные трансформации UML-диаграмм классов

В статье формализуются такие понятия, как объектно-ориентированная архитектура ПС, диаграмма классов, класс, интерфейс, отношение наследования, агрегация и т.д. В статье описывается формальная семантика UML-диаграмм классов, на основе которой возможно выполнять сравнение двух диаграмм классов между собой, производить трансформации, проверяя инвариантность семантического значения.

**Ключевые слова:** архитектура программного обеспечения, проектирование программного обеспечения, объектно-ориентированная архитектура, UML, семантика UML-диаграмм, формальная семантика.

*О. А. Deryugina*

Moscow State Institute of Radio Engineering, Electronics and Automation

## UML class diagrams: semantics and semantically equivalent transformations

The paper formalizes such concepts as object-oriented software architecture, class diagram, class, interface, inheritance, aggregation, etc. The paper describes the formal semantics of UML class diagrams, which allows one to compare two class diagrams with each other, to check the semantic invariance after transformation.

**Key words:** software architecture, software architecture design, object-oriented architecture, UML, UML diagram semantics, formal semantics.

УДК 621.396.96

*М. А. Трофименко<sup>1,2</sup>, В. Е. Фарбер<sup>1,2</sup>*<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)<sup>2</sup>ПАО «Радиофизика»

**Оценка влияния скоростного смещения в  
радиолокационных станциях с ЛЧМ-сигналом на  
границы устойчивости сопровождения входящих в  
атмосферу космических объектов**

Рассматриваются особенности функционирования системы радиолокационного автосопровождения космических объектов по дальности, связанные с использованием зондирующих сигналов с линейной частотной модуляцией. Оцениваются границы устойчивости и точностные характеристики алгоритма оценки параметров движения входящих в атмосферу космических объектов, реализующего процесс автосопровождения по дальности.

**Ключевые слова:** сигнал с линейной частотной модуляцией, коэффициент скоростного смещения, границы устойчивости, фильтр Калмана, фильтр с эффективной конечной памятью (фильтр с постоянными параметрами сглаживания).

*М. А. Trofimenko<sup>1,2</sup>, V. Ye. Farber<sup>1,2</sup>*<sup>1</sup> Moscow Institute of Physics and Technology (State University)<sup>2</sup> JSC «Radiophysika»

**Estimation of velocity offset influence on stability  
boundaries of tracking reentering spatial objects in radar  
stations with LFM signal**

Features of the spatial objects radar automatic range tracking system are studied using linear frequency modulated probing signals. Stability boundaries and accuracy characteristics of algorithm implementing automatic range tracking for parameters estimation of reentering spatial object motion are evaluated.

**Key words:** linear frequency modulated signal, coefficient of velocity offset, stability boundaries, Kalman filter, effective finite-memory filter (smoothing filter with constant parameters).



УДК 577.356

*П. Н. Пилипенко, А. М. Выродова*

Московский физико-технический институт (государственный университет)

## **Биологическая активность воды после мембранной фильтрации**

Обнаружено увеличение интенсивности биолюминесценции светящегося штамма бактерии *E. Coli* в растворе фосфатно-солевого буфера после его предварительной фильтрации через мембрану из эфиров целлюлозы. Величина эффекта возрастает с уменьшением размера пор мембраны. Показано, что эффект связан с экстрагированием из мембран биологически активных веществ. Высказано предположение об их строении. Предложены возможные пути для экспрессного тестирования качества мембран с помощью флуоресцентного и биолюминесцентного методов анализа.

**Ключевые слова:** мембранная фильтрация, биологическая активность, люминесценция бактерий, экспрессное тестирование.

*P. N. Pilipenko, A. M. Vyrodova*

Moscow Institute of Physics and Technology (State University)

## **Biological activity of the water after membrane filtration**

It is discovered that the bioluminescence intensity of *E. Coli*'s bacterial luminescent a cellulose ester membrane. The magnitude of the effect increases with decreasing the membrane pore size. It is shown that the effect is associated with the extraction of biologically active substances from membranes. An assumption of their structure is made. Possible ways of membrane quality expresses testing using fluorescent and bioluminescent assay methods are suggested.

**Key words:** membrane filtration, biological activity, bacteria luminescence, expresses testing.