

# **Влияние процесса селективной инъекции частиц во вспышечной плазме на ионизационные состояния элементов СКЛ**

**Авдонин Василий Вячеславович**

*студент*

**Орищенко Алексей Васильевич**

*к.ф.-м.н., доцент*

*Филиал Ульяновского Государственного Университета в г. Димитровграде, Россия*

*E-mail: dgrad@ulsu.ru*

В составе солнечных космических лучей (СКЛ) содержание ряда элементов резко отличается от их содержания в солнечной атмосфере – наблюдается обогащения состава тяжелыми элементами и изотопом  $^3\text{He}$ . Для объяснения экспериментального состава была предложена модель резонансного взаимодействия заряженных частиц с ионно-звуковой турбулентностью плазмы солнечного вещества. Эта модель основана на преимущественном вовлечении определенных элементов в ускорительный процесс за счет их особого соотношения величин заряда и масс. Считается, что на стадии преднагрева вспышечной плазмы происходит ускорение быстрых частиц за счет бесстолкновительного поглощения энергии ионно-звуковой турбулентности. Все ионы с энергиями, большими некоторой пороговой, вовлекаются в основной механизм ускорения и покидают атмосферу Солнца – образуются СКЛ.

Ионизационное состояние частиц СКЛ является также одним из важнейших параметров для диагностики вспышечной плазмы солнечной короны, так как оно отражает, с одной стороны, – температуру ионной компоненты солнечной плазмы, но, с другой стороны, – условия формирования их потоков и распространения в толще вещества короны Солнца.

В данной работе анализируется возможность изменения ионизационных состояниях ионов из состава элементов солнечной плазмы на стадии преднагрева вспышечной плазмы, за счёт предполагаемого действия механизма – селективного нагрева ионов при их взаимодействии с ионно-звуковой турбулентностью во время их инъекции в основной механизм ускорения.

Построена зависимость доли вовлечённых в механизм основного ускорения ионов C, N, O, Ne, Mg, S, Ca и Fe от их зарядового числа. Рассчитаны средние зарядовые состояния этих элементов в СКЛ после завершения инъекции этих ионов. При расчетах выбирались значения параметров модели, соответствующие наблюдаемым условиям в области вспышки.

Показано, что на стадии преднагрева вспышечной плазмы Солнца происходит изменение ионизационного состояния элементов, в результате чего средний заряд данного элемента в СКЛ оказывается выше, чем в тепловой зоне инъекции. Показано, что изменённые при инъекции ионизационные состояния согласуются с данными наблюдений и что стартовые ионизационные состояния всех рассмотренных ионов соответствуют представлениям о едином для всех ионов значении температуры в области инъекции частиц.

## О возможности создания тяжелой орбитальной ракеты (ТОР)

Веселинов Недислав Светославов

Студент

Софийский университет "Св. Климент Охридски", София, Болгария

В начале 70-ых годов XX го века все программы, нацеленные на пилотируемые облеты Луны и посадки на ее поверхность, были свернуты. Но в РФ можно (а и кажется уже нужно) сразу же принять программу дальнейшего развития лунной и планетной космонавтики.

**Первая цель программы – создание на орбите на базе РН ПРОТОН и блока БРИЗ М (надежность 93 %) тяжелой орбитальной ракеты с большим запасом скорости для пилотируемого облета Луны на низкой лунной орбите высотой в 120 км (НЛО) с возвращением на Землю.**

**Параллельная цель программы – использование тяжелой орбитальной ракеты для запуска очень массивных спутников (геостационарных и других) и реализации полетов тяжелых космических зондов к Марсу, Венере, к Меркурию и внешним планетам Солнечной системы.**

Программу создания ТОР можно осуществить, используя самой грузоподъемной в России РН ПРОТОН, которая летит в разных модификациях уже 40 лет. Произведено более 310 запусков (данные конца 2004 года) т.е. в среднем 8 раз в году.

В результате небольших доработок – создания стыковочных узлов (опыт СОЮЗ/ПРОГРЕС и соответственно МИР / МКС) создаются две ступени ТОР, которые нужно после двух стартов РН ПРОТОН состыковать на низкой земной орбите:

<b>Первая (разгонная)</b>	<b>БРИЗ М ТА</b>	масса 20860кг;
<b>Вторая (целевая)</b>	<b>БРИЗ М ТБ (с полезным грузом)</b>	масса 19760 кг.

Все аспекты подготовки и реализации двух стартов не отличаются от стартов, реализованных до сих пор. Старты готовятся одновременно примерно на площадке 81/ пусковая установка 23 и на площадке 200/ пусковая установка 39. Интервал времени, через который производятся старты, подлежит обсуждению (но вероятнее всего, после 16 17 витков первого).

Два РН 'ПРОТОН М' выводит на низкую земную орбиту эти два компонента ТОР как следует: первый выводит на орбиту целевую ступень без доразгона (масса 19 760 кг), (САС в случае пилотируемого полета), второй выводит на орбиту с доразгоном разгонную ступень (масса 20 860 кг). Стыковка производится отработанным образом. Активным будет **БРИЗ М ТА**.

Во внештатной ситуации первого пуска, второй отменяется. Спасание СА (САС) происходит штатно. При успешной реализации первого пуска и внештатного второго (разгонщика) или при удаче обоих пусков но неуспешной стыковке есть разные варианты: ждать старт второго разгонщика, выполнение какой-то запасной миссии исследований Земли с высокоапогейных орбит или прекратить полет (по усмотрению);

Тяжелая орбитальная ракета на низкой земной орбите (НЗО) будет иметь массу в 40 620 кг. Нужно отметить что такую массу на НЗО никто в мире не может вывести:

- в США можно создать ТОР примерно в 60 000 кг, но сама схема подготовки **SPASE SHUTLE**, время подготовки и стоимость запуска делает эту возможность эфемерной. Других РН США пока просто можно не принимать в расчет:

- остальных конкурентов пока тоже можно не принимать в расчет.

ТОР дает возможность совершать пилотируемые облеты Луны, создавать постоянные станции на НЛО, запускать более крупные космические зонды к всем объектам Солнечной системы и увеличивать массы геостационарных спутников Земли. Численные моделирования приводят к следующим результатам:

**Облет Луны с полезной возвращаемой массой СА 3 720 кг; посадка на Землю с аэродинамическим торможением. Без возвращения на Землю на НЛО можно доставить полезный груз в 6 300/6600 кг**

**Непилотируемые зонды с полезными грузами как следует: к Венере – 10 500 кг, к Марсу – 9 950 кг, к Меркурию – 3 940 кг, к Юпитере – 2 870 кг.**

**Геостационарный спутник массой в 4 540 кг**

ТОР позволяет реализовать посадку на Луну двумя стартами с земной орбиты.

Лунный корабль (ЛК) выводится на НЛО и консервируется на срок подготовки к полету другого ТОР. Лунный орбитальный корабль (ЛОК) тоже выводится на НЛО, где после стыковки полет продолжает уже по знакомому способу. Реализация такой посадки сложна, неуклюжа, полна неожиданностей, но на сегодня кажется единственно возможной.

**Результат: ЛОК с массой 7 700/8000 кг и ЛК с массой 6 300/6 600 кг. Объемы обитаемого пространства каждого примерно как у КК Союз. Масса СА (посадка на Землю с аэродинамическим торможением) 3 720 кг;**

Соответствующие русские ведомства могут предлагать эти средства всем заинтересованным русским и зарубежным организациям.

# Компьютерное моделирование космического рефлектора: анализ механических и радиотехнических характеристик

*Евдокимов Александр Семенович*

*аспирант*

*Томский государственный университет, Томск, Россия*

*E-mail: [eas1985@mail.ru](mailto:eas1985@mail.ru)*

## Введение

В настоящее время актуально направление развития систем спутниковой связи. Моделирование крупногабаритных трансформируемых рефлекторов является актуальным направлением разработки и создания конструкций систем спутниковой связи и зондирования поверхности Земли, так как экспериментальная отработка подобных конструкций требует больших материальных и временных затрат. Разработка таких конструкций (рисунок 1), позволяющих улучшить качество приема, является одной из главных целей в области космических программ по созданию систем спутниковой связи. Основные требования к конструкциям рефлекторов заключаются в высокой точности формы отражающей поверхности и наведения, высокой температурной стабильности и радиоотражающей способности антенных систем.

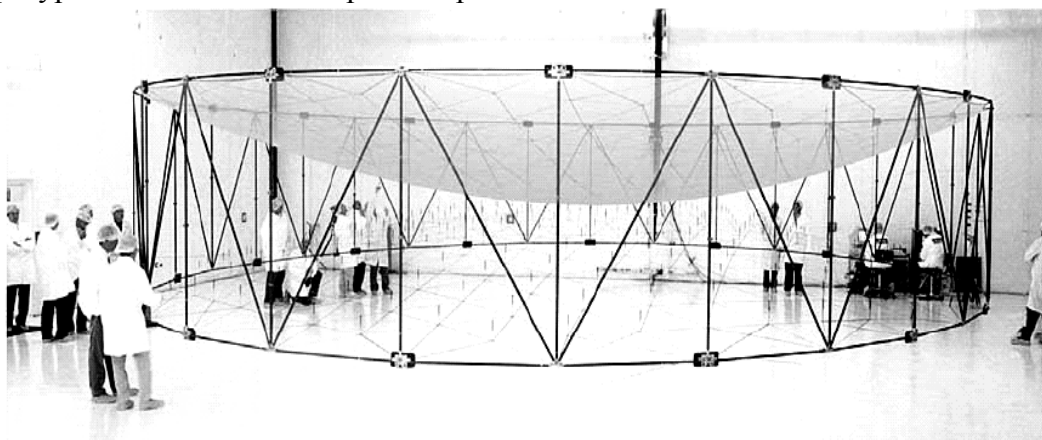


Рисунок 1. Рефлекторная антенна для спутника Thuraya

Основными компонентами рефлектора являются две ферменные конструкции (фронтальная и тыльная опорные сети) и разворачиваемая ободная ферма (рисунок 2), изготовленная из графитовых композиционных труб с металлическими фитингами.

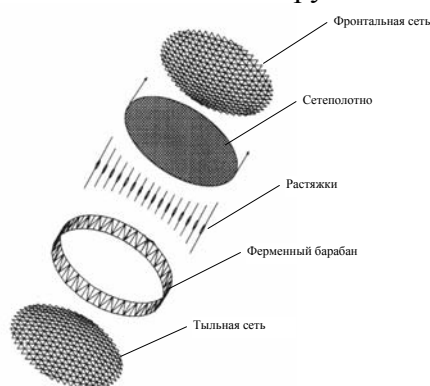


Рисунок 2. Основные элементы конструкции рефлектора

Задача о напряженно-деформированном состоянии подобных вантово-оболочечных конструкций является нелинейной математической задачей. Методика решения разработана на основе конечно-элементного подхода и позволяет прогнозировать напряженно-деформированное состояние рефлектора на различных этапах эксплуатации КА.

## Методы

Решение проводилось шаговым способом методом конечных элементов, реализованным в программном комплексе ANSYS. Следующим этапом был переход к стадии решения задачи, включающий в себя задание вида анализа и его опций, нагрузок, количества итерационных шагов решения. Затем полученная равновесная форма отражающей поверхности рефлектора использована для расчетов диаграмм направленности космического рефлектора. Расчет проводился с помощью программы электромагнитного моделирования FEKO.

### **Результаты**

Результаты моделирования показывают, что наиболее неблагоприятными на качество приема информации оказывают температурные или иные искривления штанги, крепящей рефлектор к КА, в меридиональной плоскости родительского параболоида. Это приводит к смещению фазового центра относительно вершины родительского параболоида (параболоида наилучшего приближения), что является нежелательным, т.к. сильно влияет на диаграмму направленности всей антенны. На основе подходов механики деформируемого твердого тела и радиофизики реализована комплексная методика компьютерного моделирования перспективных трансформируемых космических рефлекторов, позволяющая более точно учитывать форму и напряженность отражающей сетчатой поверхности, сократить объем экспериментальных работ при создании оптимальных конструкций ободных рефлекторов по заданным ДН и прогнозировать эффективность функционирования рефлекторов с космическим аппаратом в условиях космического пространства.

### **Литература**

1. Ruze J. (1966)// Antenna Tolerance Theory – A Review. Proceedings of the IEEE, Vol. 54 pp. 633-640.
2. Thomson M.W. // Astromesh deployable reflectors for Ku- and Ka-band commercial satellites. AIAA-2002-2032.
3. Гряник М. В., Ломан В. И. (1987) Развертываемые зеркальные антенны зонтичного типа. – М.: Радио и связь.
4. Усманов Д.Б. (2006) Моделирование напряженно-деформированного состояния крупногабаритного трансформируемого рефлектора. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. – Томск.
5. FEKO User's Manual Suite 4.2., (2004).

## К вопросу о распространении космических лучей в пеноподобной Вселенной.

Золотарев Павел Сергеевич

студент

филиал УлГУ в г. Димитровграде E-mail zoloto@vinf.ru

В современной астрофизике вопрос о природе темной материи (ТМ) является исключительно актуальным. Общепринято, что ТМ образована гипотетическими небарионными тяжелыми частицами, которые взаимодействуют с веществом только через гравитацию [1,2]. Существует также подход, основанный на модификации закона тяготения (т.е., различные модификации ОТО). На наш взгляд гипотеза нетривиальной топологии пространства (реликтов пространственно-временной пены ранней Вселенной) представляется наиболее адекватной [3].

В связи с этим была поставлена задача о прохождении частиц через модельную пеноподобную среду – газ кротовых нор в пространстве Минковского. В этом контексте решается кинетическое уравнение Больцмана [4]

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \dot{r} \frac{\partial f}{\partial r} + \dot{p} \frac{\partial f}{\partial p} = C[f] + \alpha(r, p, t) - |v| \int \beta(\Gamma, \Gamma') f(\Gamma') d\Gamma', \quad (1)$$

где  $f(r, p, t)$  – число частиц в элементарном фазовом объеме  $d\Gamma$ ,  $C[f]$  – интеграл столкновений,  $\alpha(r, p, t)$  – описывает источник частиц,  $\beta(\Gamma, \Gamma')$  – рассеяние на кротовых норах.

В случае, когда источник  $\alpha(r, p, t)$  формирует достаточно узкий луч, решение (1) имеет вид

$$f = e^{-\tau} \tilde{f}, \quad (2)$$

где  $\tilde{f}$  есть решение в пренебрежении рассеянием ( $\beta = 0$ )  $\frac{d\tilde{f}}{dt} = \alpha(t)$ , а величина  $\tau$

$$\tau(t) = \int_0^l \beta_1(r(s)) ds \quad (3)$$

-оптическая толщина, описывающая поглощение вдоль луча с координатой  $l$ .  $\beta = -\beta_1 + \beta_2$  – слагаемые описывают поглощение и переизлучение частиц кротовыми норами. Поглощение  $\beta_1(r)$  выражается через плотность кротовых нор.

Плотность темной материи связана с плотностью видимого вещества через топологическое смещение следующим образом [5]

$$\rho_{DM}(r) = \int b(r-r') \rho_{LM}(r') d^3 r'. \quad (4)$$

Ядро оператора смещения можно выразить в виде

$$b(r) = \frac{1}{4\pi r^2} \frac{d}{dr} \frac{1}{1 - \frac{4}{3} a \beta_1(r)}, \quad (5)$$

где  $a$  – характеристический размер горловины кротовых нор.

Таким образом, базовым наблюдательным эффектом при этом является снижение концентрации частиц вдоль луча, коррелированное с плотностью распределения кротовых нор (и тем самым количеством темной материи в соответствующем месте) и длиной пройденного пути.

### Литература

1. G.Borner, The Early Universe: Facts and Fiction, Springer-Verlag, New York (1992).
2. J.A. Peacock, Cosmological Physics, Cambridge University Press, Cambridge (1998).
3. Kirillov, A.A., Turaev D., Foam-like structure of the Universe, Phys. Lett. B, 656, 1 (2007).
4. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Теоретическая физика: В 10 т. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – Т.10. Физическая кинетика, – 2002. – 536с.
5. Kirillov, A.A., Savelova E.P., Dark matter from a gas of wormholes, Phys. Lett. B, 660, 93 (2008).

# Применение многофакторного анализа в обработке данных по потокам СКЛ

*Летуновский Сергей Владимирович<sup>1</sup>*

*аспирант*

*Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия*

*E-mail: grayser@rambler.ru*

Одна из главных проблем, которую приходится решать при обработке экспериментальных данных по потокам солнечных космических лучей (СКЛ) – это анализ больших объемов информации. Обработка и интерпретация данных с множества различных приборов представляет достаточно сложную и трудоёмкую проблему. Использование факторного анализа может сократить объем анализируемых данных, выделяя среди них наиболее значимые.

Задачей факторного анализа является объединение большого количества параметров, признаков, которыми характеризуется процессы генерации СКЛ, в меньшее количество искусственно построенных на их основе факторов, так что полученная в итоге система факторов становится более удобной с точки зрения содержательной интерпретации данных.

В нашей работе обсуждается результат многофакторного анализа при обработке данных по потокам низкоэнергичных легких ионов СКЛ.

Анализировались данные о потоках СКЛ полученных со спутника ACE (ULEIS). В качестве переменных были выбраны данные по каналам спектрометра в диапазоне энергий 0,16 МэВ – 10 МэВ. Расчет проводился для ионов  $H^+$ ,  ${}^3He^{++}$ ,  ${}^4He^{++}$ .

Промежуток времени включал в себя как вспышечные события, так и спокойные периоды. Внутри выбранного временного отрезка было выбрано «окно», шириной ~48 часов, внутри которого и проводился расчет факторных нагрузок. Вращения матрицы не проводилось. Перемещая выбранное окно по временному отрезку, был определен вид зависимости факторных нагрузок от времени.

Обнаружено 4 значимых фактора, связанных с уровнем загрузки того или иного канала изотопного спектрометра. Из них  $F_1$  сильно связан с низкими энергиями частиц, а  $F_2$  с высокими. Данная зависимость прослеживается для всех трех видов ионов. Исследуя временные зависимости, замечено, что в одних вспышках факторы  $F_1$  и  $F_2$  действуют синхронно, а в других со сдвигом по фазе в 5-6 часов. Помимо этого обнаружен еще ряд закономерностей.

В дальнейшем необходима интерпретация механизмов действия обнаруженных факторов и расширения области анализа поступающих со спутников данных как по различным ионам, так и по их различным ионизационным состояниям.

---

<sup>1</sup> Автор выражает признательность доценту, к.ф.-м.н. Орищенко А.В. за помощь в подготовке тезисов.

## Фазированные антенные решетки переменной конфигурации

**Фундаев Сергей Валерьевич**

магистрант

Ульяновский государственный университет, Ульяновск, Россия

E-mail: fundaev@gmail.ru

Фазированная антенная решетка это набор приемников какой-либо волны, расположенных на некоторых известных расстояниях друга от друга и позволяющих определять фазу регистрируемой волны в каждый момент времени. Под волной следует понимать любой волновой процесс: электромагнитное излучение, акустические волны и т.п.

Фазированная антенная решетка позволяет не только восстанавливать спектр излучения, но и определять направление распространения каждой отдельной моды. Это оказывается возможным благодаря двум обстоятельствам:

1. Конфигурация решетки заранее известна, т.е. известны расстояния между ее узлами (базы).
2. Поскольку каждый узел решетки позволяет определить фазу волны, становится возможным определение сдвига фаз между отдельными узлами.

Сопоставление сдвига фаз между узлами антенной решетки с их базисами и приводит к восстановлению волнового вектора  $\vec{k}(\omega)$  для моды с частотой  $\omega$ . Чтобы определить направление излучения какой-либо частоты в трехмерном пространстве требуется использовать фазированную антенную решетку, состоящую не менее чем из четырех узлов.

Область практического применения фазированных антенных решеток довольно широка. В частности, астрономы используют их для точной локализации источников какого-либо излучения. Ими проводились измерения, например, с использованием в качестве узлов решетки радиотелескопов, расположенных в Крыму, Иркутске и Москве. Базисные расстояния в этом эксперименте оказались не менее 3000 км. Эта же технология используется и в радиолокации. В этом случае радар представляет собой набор независимых приемников, регистрирующих отраженный электромагнитный импульс в узком диапазоне частот с высоким временным разрешением. Его использование позволяет существенно повысить точность определения положения цели.

Разрешение решетки по волновому вектору существенным образом зависит от величины максимальной базы решетки - чем она больше, тем выше точность. В ряде случаев, как, например, при астрономических измерениях, для достижения достаточной точности приходится располагать узлы решетки в разных точках планеты. При этом размеры полученной решетки ограничиваются следующим условием: вся она должна быть «видна» источнику излучения в течение некоторого промежутка времени, достаточного для получения требуемого объема статистики. Поэтому перспективным выглядит расположение узлов решетки на искусственных спутниках Земли. Такая антенная решетка будет обладать следующими преимуществами перед решеткой, расположенной на земле:

1. Существенно возрастают базисные расстояния;
2. Возрастает время наблюдения источника излучения, а при использовании специальных орбит оно может оказаться не ограниченным.
3. Возможность использования уже имеющихся данных, накопленных за время полета различных ИСЗ.

Однако использование ИСЗ в качестве узлов антенной решетки приведет тому, что ее конфигурация окажется переменной: базисные расстояния теперь не являются постоянными, а представляют собой функции времени. Последнее обстоятельство не позволяет в явном виде использовать математические соотношения, применяемые для фазированных антенных решеток, конфигурация которых неизменна. Требуется

разработать новый «инструмент» для обработки данных, получаемых с антенных решеток переменной конфигурации. Эта задача и является главной в настоящей работе.



# Методология анализа флуктуаций сигналов спутника «Университетский» Эспиноса Мильян Адан

аспирант

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: [adessatex@yahoo.com.mx](mailto:adessatex@yahoo.com.mx)

В течение периода работы спутника «Университетский» было осуществлено около 7500 сеансов. В каждом из этих сеансов были получены отчеты сигнала с целью их последующего анализа. В рамках данной работы была решена задача по нахождению оптимального метода по обнаружению флуктуаций.

В первую очередь были проанализированы сигналы посредством их статистических параметров второго порядка (автокорреляция, среднее значение, дисперсия и т.д.). Также была проведена фильтрация на разных частотах и определена спектральная мощность.

В связи с тем, что данный анализ оказался недостаточным для обнаружения флуктуаций, мы были вынуждены использовать другие методы. Первый метод основывается на установлении функции передачи системы, которая представляет собой передачу сигнала. Второй метод состоит в получении кумулянта третьего порядка и биспектра [1],[2]. Данный метод применяется для установления аритмии сердца или ряда умственных процессов у больных, для обнаружения отказов в оборудовании, для обработки голосовых сигналов и т.д. Были созданы две программы в MatLab для анализа сигналов. Интерфейс одной из этих программ представлена на рис. 1.

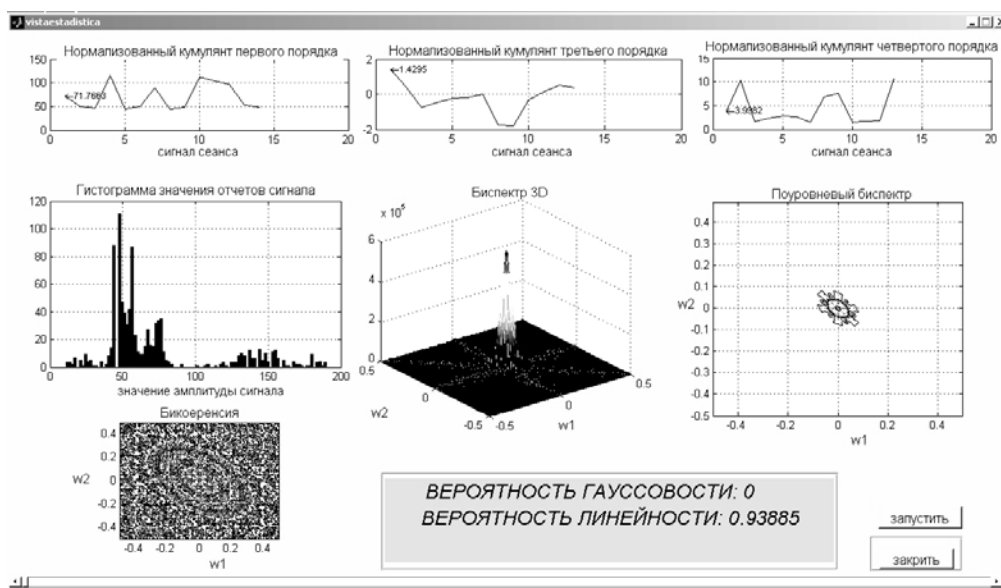


Рис. 1 Интерфейсы для анализа флуктуаций сигналов спутника «Университетский»

Результаты, полученные на данный момент, позволили нам получить индикаторы того, в каких сигналах присутствуют флуктуации. Однако для проведения более детального анализа флуктуаций необходимо использовать статистику высшего порядка или же, по нашему предложению, провести анализ посредством вейвлет-преобразования.

## Библиография

- [1] : M. J.Hinich, "Detecting a transient signal by bispectral analysis", IEEE trans on ASSP, vol 38, no 7, pp1277-1283, July 1990.
- [2] : M.J.Hinich and M.A. Wolinsky, "A test for aliasing using bispectral analysis", J. Amer., Stat. ASSOSV., ol 83, No 402, December 2001.