

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

ISSN 1991-346X

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

5 (309)

**ҚЫРКҮЙЕК – ҚАЗАН 2016 ж.
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2016 г.
SEPTEMBER – OCTOBER 2016**

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

ҚР ҰҒА ХАБАРЛАРЫ. ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА СЕРИЯСЫ

Бас редакторы
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Жұмаділдаев А.С. проф., академик (Қазақстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Қазақстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Өмірбаев У.У. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Жүсіпов М.А. проф. (Қазақстан)
Жұмабаев Д.С. проф. (Қазақстан)
Асанова А.Т. проф. (Қазақстан)
Бошкаев К.А. PhD докторы (Қазақстан)
Сұраған Д. PhD докторы (Қазақстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Қырғыстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Белорус)
Пашаев А. проф., академик (Әзірбайжан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

ИЗВЕСТИЯ НАН РК. СЕРИЯ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ

Главный редактор
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

Джумадильдаев А.С. проф., академик (Казахстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Казахстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умирбаев У.У. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Жусупов М.А. проф. (Казахстан)
Джумабаев Д.С. проф. (Казахстан)
Асанова А.Т. проф. (Казахстан)
Бошкаев К.А. доктор PhD (Казахстан)
Сураган Д. доктор PhD (Казахстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Кыргызстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Беларусь)
Пашаев А. проф., академик (Азербайджан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая». ISSN 1991-346X

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
[www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz](http://www.nauka-nanrk.kz/physics-mathematics.kz)

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

**NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN. SERIES OF PHYSICS AND MATHEMATICS**

Editor in chief

doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

Editorial board:

Dzhumadildayev A.S. prof., academician (Kazakhstan)
Kalmenov T.Sh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhantayev Zh.Sh. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umirbayev U.U. prof. corr. member. (Kazakhstan)
Zhusupov M.A. prof. (Kazakhstan)
Dzhumabayev D.S. prof. (Kazakhstan)
Asanova A.T. prof. (Kazakhstan)
Boshkayev K.A. PhD (Kazakhstan)
Suragan D. PhD (Kazakhstan)
Quevedo Hernando prof. (Mexico),
Dzhunushaliyev V.D. prof. (Kyrgyzstan)
Vishnevskiy I.N. prof., academician (Ukraine)
Kovalev A.M. prof., academician (Ukraine)
Mikhalevich A.A. prof., academician (Belarus)
Pashayev A. prof., academician (Azerbaijan)
Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.
Tiginyanu I. prof., academician (Moldova)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.
ISSN 1991-346X

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 5, Number 309 (2016), 124 – 128

**B. I. Demchenko¹⁾, A. A. Komarov¹⁾, I. E. Molotov²⁾,
A. V. Serebryansky¹⁾, L. I. Usoltseva¹⁾, V. A. Voropaev²⁾**

¹⁾ Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

²⁾ Keldysh Institute of Applied Mathematics, Moscow, Russia

**SOME FEATURES OF GEOSTATIONARY
SATELLITES ESSEMBLAGE**

Abstract. Geostationary satellites (GSS) are actively used in many different fields of activities. There are more than 1700 currently operational GSS. Most of them could be considered as space debris. In this paper we present raw criteria which can be used to specify if the satellite indeed belongs to GSS assemblage. Classification of GSS using three criteria (correctable, librating, drifting) is provided. The approximate formulas based on theory of motion of simple pendulum with two points of stable equilibrium for analysis of longitude behavior of the non-operational GSS (librating, drifting) are provided. Statistic of GSS distribution over three classes for period of 2016 is given. The evolution of GSS orbital plane for two periods of date is shown. We came to conclusion that avalanche like destruction of the geostationary zone due to dangerous encounters of GSS is likely will take place near longitude 75° .

Keywords: geostationary satellite, orbit evolution, space debris

УДК 523.4

**Б. И. Демченко¹⁾, В. А. Воропаев²⁾, А. А. Комаров¹⁾, И. Е. Молотов²⁾
А. В. Серебрянский¹⁾, Л.А. Усольцева¹⁾**

¹⁾ Астрофизический институт им. Фесенкова, Алматы, Казахстан

²⁾ ИПМ им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

**НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОЖЕСТВА
ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ**

Аннотация. В настоящее время наземными пунктами наблюдений сопровождаются более 1700 геостационарных спутников (ГСС). Большинство из них являются космическим мусором. В статье сформулированы ориентировочные критерии, по которым данный ИСЗ можно считать геостационарным. Все ГСС можно разделить на три класса – корректируемые, либрационные, дрейфующие. Даны простые приближенные формулы для анализа поведения долготы неуправляемых ГСС (либрационных и дрейфующих) на основе теории движения математического маятника с двумя точками устойчивого равновесия. Приведена статистика распределения ГСС по трем классам на начало 2016 года. Показана эволюция плоскости орбит ГСС на два интервала дат. Сделан вывод о том, что лавинное разрушение объектов в геостационарной зоне за счет опасных сближений с большой вероятностью начнется вблизи долготы 75° .

Ключевые слова: геостационарный спутник, эволюция орбит, космический мусор

Обычно под множеством геостационарных спутников (ГСС) понимают космические объекты, имеющие период обращения вокруг Земли от 22 до 26 часов, наклон плоскости орбиты к плоскости экватора не более 15° и эксцентриситет до 0.15. Указанные пределы не являются общепринятыми. В настоящее время в каталоги ГСС включают такие объекты, которые трудно

относительно к геостационарным или даже геосинхронным, но которые способны периодически проходить вблизи геостационарной зоны, [1-3].

Период обращения идеального ГСС составляет ровно одни звездные сутки, или 1436.0682 минут солнечного времени, а эксцентриситет и наклон плоскости орбиты к плоскости земного экватора равны нулю. При таких параметрах космический объект в любой момент времени будет находиться над одной и той же точкой земной поверхности, причем сама эта «подспутниковая» точка расположена на земном экваторе. Движение реального ГСС всегда отличается от идеального по многим причинам. Главные из них – гравитационные возмущения от Луны, Солнца и от высших гармоник в разложении геопотенциала.

Все ГСС можно разделить на три больших класса: корректируемые, либрационные и дрейфующие. Корректируемые ГСС – это работающие спутники, которые удерживаются на заданной долготе с помощью собственных двигателей. Средний период между коррекциями – около 2 - 3 месяцев. На интервалах времени между коррекциями они двигаются по законам либрационных спутников.

Подавляющее большинство либрационных и дрейфующих ГСС – это брошенные пассивные спутники, представляющие собой фрагменты космического мусора (space debris). Дрейфующие спутники всегда двигаются в одном направлении, с востока на запад или с запада на восток. Либрационные ГСС совершают колебания по долготе около одной из двух точек устойчивого равновесия. Половину периода они двигаются с востока на запад, и половину периода – с запада на восток.

Под долготой ГСС понимается восточная долгота подспутниковой точки на поверхности Земли. Если известен «мгновенный» инерциальный период обращения ГСС вокруг Земли, то скорость изменения долготы (дрейф по долготе) в данный момент можно вычислить по формуле:

$$D = 360 \cdot \left(\frac{1440}{P_s} - 1.0027379093 \right) \text{ град/сутки,}$$

здесь P_s – сидерический период обращения ГСС в минутах солнечного времени. Если $P_s = 1436.0682$, то $D = 0$. При $D < 0$ объект в данное время дрейфует с востока на запад (долгота убывает), при $D > 0$ ГСС движется с запада на восток (долгота возрастает). Если инерциальный период P_s измерять в минутах звездного времени, то формула примет вид:

$$D = 360 \cdot \left(\frac{1440}{P_s} - 1 \right) \cdot 1.0027379093$$

Резонансное влияние долготных членов в разложении геопотенциала, прежде всего секториальной гармоники $J_{2/2}$, приводит к тому, что на геостационарной орбите имеются два устойчивых положения равновесия с долготами $\lambda_1 = 75^\circ$ и $\lambda_2 = 255^\circ$ (они же точки либрации), и два неустойчивых положения, отстоящих от устойчивых точек примерно на 90° . Первая точка либрации близка к долготе двух астрономических обсерваторий вблизи г. Алматы ($\lambda \approx 77^\circ$) и пункта «Сажень-С», г. Приозерск ($\lambda = 73^\circ$). Вторая точка близка к средней долготе США.

Для упрощенной трехосной модели Земли зависимость долготы λ пассивного ГСС от времени достаточно хорошо описывается дифференциальным уравнением типа уравнения математического маятника на жестком невесомом стержне, [3]:

$$\frac{d^2 \lambda}{dt^2} + \frac{D_k^2}{2} \cdot \sin(2(\lambda - \lambda_L)) = 0, \quad (1)$$

где $\lambda_L = 75^\circ$ или 255° . Для нас удобнее брать первое значение, $\lambda_L = 75^\circ$. Параметр $D_k = 0.437$ град/сутки имеет смысл критического дрейфа, [1,2].

Решение этого уравнения выражается через эллиптические функции, [3,4]. Введем следующие обозначения. Пусть $D_0 = (d\lambda/dt)_0$ – дрейф в начальный момент t_0 , λ_0 – долгота ГСС на этот же момент. Эти два параметра определяются из наблюдений и играют роль начальных условий. В рамках модели (1) максимальный дрейф ГСС по долготе D_m , т.е. есть дрейф при прохождении какой-либо точки либрации, равен:

$$D_m = \pm \sqrt{D_0^2 + D_k^2 \cdot \sin^2(\lambda_0 - \lambda_L)}; \quad (2)$$

Этот параметр вычисляется по начальным условиям. Формула (2) верна как для либрационных, так и для дрейфующих спутников. Знак D_m совпадает со знаком D_0 . Для конкретного пассивного ГСС модуль D_m постоянен и может служить одной из его характеристик. Далее обозначим:

$$k^2 = (D_m/D_k)^2; \quad k_1 = 1/k; \quad K(k) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2 \sin^2(\varphi)}}, \quad (3)$$

где $K(k)$ – полный эллиптический интеграл 1-го рода. Для его вычисления можно воспользоваться алгоритмами, изложенными в [5,6]. Режим движения пассивного ГСС зависит от значения параметра k .

При $k < 1$ – либрационный режим. Долгота ГСС совершает периодические колебания около одной из двух точек либрации: 75^0 или 255^0 . Амплитуда A (град) и период P (сутки) этих колебаний определяются формулами:

$$A = 57.29578 \cdot \arcsin(k); \quad P = \frac{4 \cdot K(k)}{D_k} \cdot 57.29578 \quad (4)$$

Параметры A и P также являются характеристиками конкретного либрационного ГСС, их можно использовать для идентификации объекта.

При $k > 1$ – дрейфующий режим. Период изменения долготы определяется формулой:

$$P = \frac{4 \cdot K(k_1)}{D_m} \cdot 57.29578 \text{ (сутки)} \quad (5)$$

Реальное движение ГСС немного отличается от модели (1). Основные отличия:

- формулы (4, 5) дают завышенный период изменения долготы ГСС. Частично этот недостаток можно устранить вариацией параметра D_k в пределах от 0.480 до 0.437 (первое значение – для либрационных ГСС с небольшой амплитудой, второе – для ГСС с максимальным дрейфом, близким к критическому значению);

- долготы двух точек неустойчивого равновесия в действительности равны 161^0 и 348^0 , [1], а не 165^0 и 345^0 , как это следует из уравнения (1).

В настоящее время (2016 г.) в АФИФ имеется достаточно полный каталог ГСС, содержащий орбитальную и иную информацию примерно о 1700 объектах. Для сопровождения и постоянного обновления каталога используются собственные наблюдения и информация из внешних источников, [7-9]. Ниже приведено распределение ГСС по классам на начало 2016 года. В скобках дается процент данного класса от общего количества объектов, включенных в каталог.

Класс С – корректируемые ГСС (26%). Около 2/3 из них корректируются в плоскости экватора, то есть удерживаются на постоянной долготе и нулевой широте. Остальные корректируются в плоскости собственной орбиты. Они удерживаются только по долготе, а плоскость орбиты эволюционирует примерно так же, как у пассивных ГСС.

Класс L – либрационные ГСС (13%), из них 3/4 принадлежат точке 75^0 (класс L1), и только 1/4 – точке 255^0 (класс L2), то есть имеется явная асимметрия. Период колебаний либрационных ГСС меняется от 2 до 6 лет, амплитуда – до 85^0 .

Класс D – дрейфующие ГСС (61%). Примерно 2/3 из них постоянно двигаются с востока на запад (класс D1), и 1/3 – в обратном направлении (класс D2). Почти все эти объекты представляют собой космический мусор и находятся на так называемых «орбитах захоронения», выше или ниже геостационарной зоны. Однако многие из дрейфующих ГСС с большими эксцентриситетами способны проходить вблизи геостационарной зоны или пересекать ее.

Существует также небольшое количество объектов (менее 1%, класс L3) с максимальным дрейфом, близким к критическому. Под воздействием лунно-солнечных возмущений они способны переходить из одной точки либрации в другую, либо временно менять режим движения с либрационного на дрейфующий и обратно. При движении в либрационном режиме амплитуда либрации для таких ГСС превышает 85^0 .

Положение плоскости орбиты ГСС задается двумя параметрами: i – наклон плоскости орбиты к плоскости земного экватора, и Ω – долгота восходящего узла орбиты, отсчитывается от точки весеннего равноденствия.

Как известно, если тело вращается, и на него действуют внешние силы, то плоскость вращения этого тела начинает медленно прецессировать вблизи некоторой основной плоскости.

Например, экваториальная плоскость Земли под воздействием лунно-солнечных возмущений прецессирует с периодом около 26 тыс. лет, а основная плоскость – это плоскость эклиптики, которая практически совпадает с плоскостью Лапласа для Солнечной системы. Под действием гравитационных возмущений орбиты пассивных ГСС также прецессируют, и здесь тоже есть своя «плоскость Лапласа». Период прецессии для ГСС составляет 54 года, [1,2].

На рисунке показаны две эволюционные диаграммы «наклон-узел» для ГСС в полярной системе координат на разные интервалы дат. По радиусу отложен угол наклона плоскости орбиты ГСС к плоскости экватора i , по полярному углу – долгота восходящего узла Ω . Время существования ГСС на орбите увеличивается по часовой стрелке вдоль основной ветви диаграмм, начиная от точки $(0,0)$.

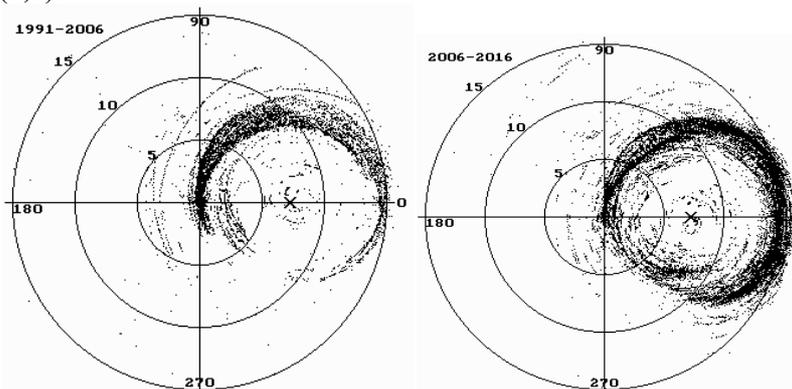


Рисунок – Эволюционная диаграмма «наклон-узел» для интервала 1991-2006 г.г. (слева) и 2006-2016 г.г. (справа). Крестиком отмечено положение плоскости Лапласа

Каждая точка на диаграммах соответствует положению некоторой плоскости орбиты. Начало координат – это плоскость экватора ($i = 0$, Ω не определено). Крестиком на горизонтальной оси отмечено положение плоскости Лапласа для ГСС ($i = 7.3^\circ$, $\Omega = 0$). Полное время одного оборота по диаграмме равно 54 года.

Как видно из этого рисунка, наклон орбиты ГСС к плоскости Лапласа почти постоянен. Можно также показать, что долгота восходящего узла относительно этой плоскости зависит от времени почти по линейному закону [1,3]. Если по радиусу откладывать не сам угол i , а $\sin(i)$, то каждая точка на диаграмме будет представлять собой проекцию конца единичного вектора, направленного вдоль момента импульса ГСС, на плоскость экватора.

Первый геостационарный спутник, Syncom-1, был выведен на орбиту в феврале 1963г. Следовательно, диаграмма «наклон-узел» должна полностью замкнуться в 2017 г. На рисунке хорошо видно, что фактически она замкнулась уже в 2016 г. Начиная с 2017 г. старые пассивные ГСС будут снова выходить в плоскость экватора, то есть в ту самую плоскость, где находится большинство работающих ГСС. Так будет повторяться каждые 54 года. Отметим два негативных следствия этого эффекта. Во-первых, повышается вероятность опасных сближений работающих ГСС со спутниками, запущенными 54 года назад. Во-вторых, затрудняется идентификация ГСС только по элементам орбиты. В этом смысле возрастает ценность фотометрической информации, см., например, [3, 10-13].

Самые яркие ГСС из нашего каталога имеют интегральную звездную величину около 8.0^m , но некоторые из них в моменты зеркальных отражений от элементов конструкции могут повышать блеск до 5^m - 6^m . Многие ГСС периодически меняют яркость в результате собственного вращения. Особенно это характерно для пассивных объектов: либрационных и дрейфующих. По многолетним наблюдениям в АФИФ, основной период изменения блеска варьируется от 0.5 сек (дрейфующий, Transtage-17 rocket, запуск 1969 г, NORAD=03692, зв.вел.=13.1^m) до 420 сек (либрационный, Kosmos-2085, запуск 1990 г, NORAD=20693, зв.вел.=11.2^m).

Заметим, что «естественное» средство очистки околоземного пространства в результате торможения в верхних слоях атмосферы Земли, работает максимум до высоты 1000км. На геостационарной орбите это средство не работает. Время жизни пассивного ГСС оценивается в миллион лет. Как отмечено выше, количество либрационных спутников вблизи долготы 75° довольно велико, и с течением времени только возрастает. Поэтому можно предположить, что

лавиное разрушение объектов в геостационарной зоне в результате опасных сближений начнется именно вблизи этой долготы, или, с меньшей вероятностью, вблизи долготы 255⁰. Такой же вывод следует из работы [14].

Работа выполнена в рамках проекта: «Информационные технологии в научном и образовательном процессах», шифр 0069/ГФ4.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Социлина А. С., Вершков А. Н., Григорьев К. В., Киладзе Р. И., Гаязов И. С. Каталог улучшенных орбит неуправляемых геостационарных объектов // С.-Петербург, ИТА РАН. 1994. т.1. 102с. т.2. 95с.
- [2] Социлина А. С., Киладзе Р. И., Григорьев К. В., Вершков А. Н. Каталог орбит геостационарных спутников // С.-Петербург, ИТА РАН.- 1996.- 104с.
- [3] Диденко А. В., Демченко Б. И., Усольцева Л. А., Афонин А. Н., Калюжный Е. А., Гордыгага Н. Н., Старожилов Н. И., Зикрань В. А., Есенгали С. Р., Кабенко Ф. Х. Зональный каталог геостационарных спутников. Вып.2. // Алматы, Гылым.- 2000.- 108с.
- [4] Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М., Наука, 1971.- 576с.
- [5] Справочник по специальным функциям. под ред. М. Абрамовица и И. Стигана М., Наука.- 1979.- 832с.
- [6] Агеев М. И., Алик В. П., Марков И. Ю. Библиотека алгоритмов 151Б-200Б. Вып.4// М. - "Радио и связь". 1981. 184с.
- [7] <http://celestrak.com/NORAD/elements/geo.txt>
- [8] <http://www.planet4589.org/space/log/geo.log>
- [9] <http://spacedata.vimpel.ru/ru>
- [10] Didenko A.V., Usoltzeva. L.A. Methods of geostationary satellites' identification by the photometric information // Transaction of the KAU.- 2001.- № 2.- P. 83-91.
- [11] Диденко А.В., Усольцева Л.А. Определение типа геостационарного спутника по данным фотометрических наблюдений // Научно-технический сборник "Новости науки Казахстана". Алматы.- 2002.- № 2.- С. 17-22.
- [12] Didenko A.V., Demchenko B.I, Nifontov S.G., Usoltseva L.A. Zone Catalogue and Principles of Identification of Geostationary Satellites // Fifth US / Russian Space Surveillance Workshop. September 24-27.- 2003.- P.316-324.
- [13] Диденко А.В. Оптические и орбитальные характеристики некоторых ГСС США и их разгонных блоков // II Международная научная конференция «Наблюдение околоземных космических объектов», Звенигород, 24-28 января 2008 г., <http://lfvn.astronomer.ru/report/0000027/index/htm>
- [14] Демченко Б. И., Диденко А. В. Фрактальная размерность взаимных сближений ГСС и некоторые статистические оценки. // Экологический Вестник ЧЭС.- т.3.- №4.- 2013.- С. 63-66.

REFERENCES

- [1] Didenko A. V., Demchenko B. I., Usoltseva L. A., Afonin A. N., Kaljuzhnyj E. A., Gordygaga N. N., Starozhilov N. I., Zikran' V. A., Esengali S. R., Kabenko F. H. *Zonal'nyj katalog geostacionarnyh sputnikov*. Вып.2. Алматы, Gылым, 2000, p.108. (in Russ).
- [2] Kamke Je. *Spravochnik po obyknovennym differencial'nym uravnenijam*. М., Nauka, 1971, p.576. (in Russ).
- [3] Sochilina A. S., Vershkov A. N., Grigor'ev K. V., Kiladze R. I., Gajazov I. S. *Katalog uluchshennyh orbit neupravljajemyh geostacionarnyh ob'ektov*. S.-Peterburg, ITA RAN, 1994, t.1, 102s: v.2, p.95. (in Russ).
- [4] Sochilina A. S., Kiladze R. I., Grigor'ev K. V., Vershkov A. N. *Katalog orbit geostacionarnyh sputnikov*. S.-Peterburg, ITA RAN, 1996, p.104. (in Russ).
- [5] *Spravochnik po special'nym funkcijam*. /pod red. M. Abramovica i I. Stigan/ М., Nauka, 1979, p.832. (in Russ).
- [6] Ageev M. I., Alik V. P., Markov I. Ju. *Biblioteka algoritmov 151B-200B*. Вып.4, М., Radio i svjaz', 1981, p.184. (in Russ).
- [7] <http://celestrak.com/NORAD/elements/geo.txt>
- [8] <http://www.planet4589.org/space/log/geo.log>
- [9] <http://spacedata.vimpel.ru/ru>
- [10] Demchenko B. I., Didenko A. V. *Fraktal'naja razmernost' vzaimnyh sblizenij GSS i nekotorye statisticheskie ocenki*, Jekologicheskij Vestnik ChJeS, t.3, №4, 2013, pp.63-66. (in Russ).

**Б. И. Демченко¹⁾, В. А. Воропаев²⁾, А. А. Комаров¹⁾, И. Е. Молотов²⁾
А. В. Серебрянский¹⁾, Л.А. Усольцева¹⁾**

¹⁾ Фесенкова атындағы Астрофизика институты, Алматы, Қазақстан

²⁾ РФА М.В. Келдыш атындағы ИПМ, Мәскеу, Россия

КӨПТЕГЕН ГЕОТҰРАҚТЫ СЕРІКТЕРДІҢ КЕЙБІР СИПАТТАМАЛАРЫ

Аннотация. Қазіргі таңда жердегі бақылау орындарымен 1700-ден аса геотұрақты серіктер бақыланады (ГТС). Олардың көпшілігі ғарыш қалдығы болып табылады. Мақалада ЖЖС мәліметтері бойынша геотұрақты деп есептеуге болатын бағдарлану белгілері қалыптасқан. Барлық ГТС үш топқа бөлуге болады – түзетілген, либрацияланған, ауытқыған. Тұрақты теңсіздік екі нүктесімен математикалық маятник қозғалысы теориясы негізінде басқарылмайтын ГТС (либрациялық және ауытқыған) ұзақтық жүрісі талдауы үшін қарапайым жақындастырылған формула берілді. 2016 жылдың басында үш тобы бойынша ГТС таралу статистикасы келтірілді. Күннің екі интервалына ГТС орбиталарының жазықтығының дамуы көрсетілді. Геотұрақты аймақта объектілердің селдік бұзылуы қауіпті жақындаудардың есебінен үлкен шамамен 75⁰С бойлыққа жақынырақ басталады деген шешім жасалды.

Түйін сөздер: геотұрақты серік, орбиталардың дамуы, ғарыш қалдығы.

МАЗМҰНЫ

Жұлдыздардың және тұмандықтардың зерттеулері

| | |
|---|----|
| <i>Серебрянский А.В., Гайнуллина Е.Р., Халикова А.В.</i> , ТУС3215-906-1 айнымалы жұлдыз: бүгілген жаркылдың талдауы және жіктеуі..... | 5 |
| <i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К., Отебай А.Б.</i> , V725 Тау объектісінің спектрлік және фотометрлік бақылауларының нәтижелері..... | 12 |
| <i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К.</i> , M1-65 планеталық тұмандықтың айнымалылығы..... | 22 |
| <i>Павлова Л.А.</i> , Жұлдыз маңындағы құрылымдардың қалыптасуына магниттік өрістердің әсері..... | 29 |
| <i>Кокумбаева Р.И., Хруслов А.В., Кусакин А.В.</i> , GSC 3601-01531 және GSC 3601-01504 екі жаңа айнымалы жұлдыздар | 35 |

Аспан механикасының және жұлдыздар жүйесінің мәселелері

| | |
|--|----|
| <i>Дубовиченко С.Б., Джазаиров-Кахраманов А.В., Буркова Н.А., Ткаченко А.С.</i> , Астрофизикалық энергия кезінде радиациялық ${}^2\text{H}^3\text{He}$ басып алу | 41 |
| <i>Зулыхаров А.Т., Коньсбаев Т.К., Чечин Л.М.</i> , Қараңғы материя есебімен ғаламдар релаксацияларының уақытын бағалау..... | 50 |

Күннің және күн жүйесі денелерінің физикасы

| | |
|---|-----|
| <i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , А тобы жұлдыздары дискілерінде атомдар мен иондар динамикасына бүгілген жарық қысымының әсері..... | 55 |
| <i>Демченко Б.И., Шестакова Л.И.</i> , Күн маңындағы сублимация процессінде оливин тозақ бөлшектерінің орбиталық дамуы | 64 |
| <i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , А тобы жұлдыздары маңындағы сублимация процессінде силикатты тозақ бөлшектерінің орбиталық дамуы..... | 73 |
| <i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Күннің минимум белсенді кезіндегі иондық энергиямен Fe/O қатынасының өзгеруі. I. күнде дақтар жоқ болғанда Fe және O иондарының энергетикалық спектрлері..... | 81 |
| <i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Күн белсенділігі минимумында иондар қуатымен Fe/O мәнінің өзгеруі. II. Циклдің минимумында ғарыш сәулелерінің аномалды компоненттерінің ролі..... | 86 |
| <i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Харитонова Г.А.</i> , Сатурндағы аммиактың жұтылуы – 2009 жылы күн мен түннің теңелуі кезеңінде ендік вариациялар асимметриясы | 91 |
| <i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г.</i> , Сатурнның солтүстік жартышары - 2015 жылы метан және аммиактың жұтылуы | 97 |
| <i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> 2016 жылдың көріну маусымында юпитер дискісі бойынша метанның-аммиактың жұтылуын зерттеу I. Экватор аймағы | 104 |
| <i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> жылдың көріну маусымында юпитер дискісі бойынша метанның-аммиактың жұтылуын зерттеу. II. Ендік вариациялар | 110 |
| <i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> 2016 жылдың көріну маусымында Юпитерде метан-аммиак жұтылуын зерттеу III. Үлкен Қызыл Дақ (ҮҚД)..... | 118 |
| <i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Молотов И.Е., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Көптеген геотұрақты серіктердің кейбір сипаттамалары..... | 124 |
| <i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Нифонтова М.В., Усольцева Л.А.</i> , Көру шегі аз CCD-матрицада ГТС бақылауларының астрометриялық өңдеулерінің әртүрлі әдістерінің салыстырмалы талдауы..... | 129 |
| <i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясы бекетінде геотұрақты серіктерді бақылау жағдайы..... | 135 |
| <i>Шомищева С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н., Отебай А.Б.</i> , Тянь-Шань Астрономиялық Обсерваториясының 1-метрлік телескобында фотометрлік жүйесін стандарттау..... | 140 |
| <i>Терещенко В.М.</i> , SSP-5A фотоэлектрлік фотометрі жұмысының сипаттамасы және ерекшеліктері..... | 146 |
| <i>Терещенко В.М., Шамро А.В.</i> , Абсолютті өлшемдер үшін спектрограф. Оптика-механикалық блоктың сызбасы және құрылымы..... | 155 |

Теориялық зерттеулер

| | |
|---|-----|
| <i>Қалдыбекова Б.Қ., Решетова Г.В.</i> Арнайы ішектен жасалған тордың сандық нәтижелері..... | 160 |
| <i>Бакирова Э.А., Қадырбаева Ж.М.</i> Жүктелген дифференциалдық теңдеулер үшін сызықты көпнүктелі шеттік есептің шешілімділігі туралы..... | 168 |
| <i>Бесбаев Г.А., Көпжасарова А.А., Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш.</i> Гурса операторының Крейн кеңістігіндегі жалқылығы туралы..... | 176 |
| <i>Жұмәлі А.С., Решетова Г.В.</i> Жерасты ерітінділеудің микроскопиялық динамикасын сандық моделдеу..... | 188 |
| <i>Бақтыбаев Қ., Дәлелханқызы А., Қиқымова І., Мырзагулов А.</i> Әсерлесуші бозондар моделін уран ядросының деформацияланған изотоптарына қолдану..... | 195 |
| <i>Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Абылкасымова Э. А., Шалданбаев А.Ш.</i> Толқын теңдеуінің шартарапты волтерлі есептерінің Крейннің кеңістігіндегі спектралдік таралымдары..... | 203 |
| <i>Шоманбаева М.Т., Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Толқындық теңдеуінің шартарапты шекаралық есебінің спектрлік қасиеттері..... | 213 |
| Қазақстанның астрономиялық ғылым 75 жыл. | 224 |

СОДЕРЖАНИЕ

Исследование звезд и туманностей

| | |
|--|----|
| <i>Серебрянский А.В., Гайнуллина Е.Р., Халикова А.В.</i> , Переменная звезда TYC3215-906-1: анализ кривой блеска классификация..... | 5 |
| <i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К., Отебай А.Б.</i> , Результаты спектральных и фотометрических наблюдений объекта V725 Тау..... | 12 |
| <i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Аймуратов Е.К.</i> , Переменность планетарной туманности M1-65 | 22 |
| <i>Павлова Л.А.</i> , Влияние магнитных полей на формирование околосветных структур | 29 |
| <i>Кокумбаева Р.И., Хруслов А.В., Кусакин А.В.</i> , Две новые переменные звезды GSC 3601-01531 и GSC 3601-01504... .. | 35 |

Проблемы небесной механики и динамики звездных систем

| | |
|--|----|
| <i>Дубовиченко С.Б., Джазаиров-Кахраманов А.В., Буркова Н.А., Ткаченко А.С.</i> , Радиационный $^2\text{H}^3\text{He}$ захват при астрофизических энергиях | 41 |
| <i>Зулыхаров А.Т., Коньсбаев Т.К., Чечин Л.М.</i> , Оценка времени релаксации галактик с учетом темной материи..... | 50 |

Физика Солнца и тел солнечной системы

| | |
|---|-----|
| <i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , Действие светового давления на динамику атомов и ионов в осколочных дисках звезд класса А..... | 55 |
| <i>Демченко Б.И., Шестакова Л.И.</i> , Орбитальная эволюция пылевых частиц оливина в процессе сублимации около Солнца | 64 |
| <i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.</i> , Орбитальная эволюция силикатных пылевых частиц в процессе сублимации около звезд класса А | 73 |
| <i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Изменение отношения Fe/O с энергией ионов в минимуме солнечной активности. I. Энергетические спектры ионов Fe и O при отсутствии пятен на Солнце..... | 81 |
| <i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М., Томозов В.М.</i> Изменение отношения Fe/O с энергией ионов в минимуме солнечной активности. II. Роль аномальной компоненты космических лучей в минимуме цикла..... | 86 |
| <i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Харитонова Г.А.</i> , Аммиачное поглощение на Сатурне - асимметрия широтных вариаций в период равноденствия 2009 года..... | 91 |
| <i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г.</i> , Северное полушарие Сатурна - поглощение метана и аммиака в 2015 году | 97 |
| <i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Исследование молекулярного поглощения по диску Юпитера в сезон видимости 2016 года I. экваториальная область..... | 104 |
| <i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> , Исследование молекулярного поглощения на Юпитере в сезон видимости 2016 года II. Широтные вариации..... | 110 |
| <i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Исследование молекулярного поглощения на Юпитере в сезон видимости 2016 года. III. Большое Красное Пятно (БКП) | 118 |
| <i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Молотов И.Е., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Некоторые характеристики множества геостационарных спутников..... | 124 |
| <i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Нифонтова М.В., Усольцева Л.А.</i> , Сравнительный анализ различных методов астрометрической обработки наблюдений ГСС на CCD-матрице с малым полем зрения..... | 129 |
| <i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.</i> , Условия наблюдений геостационарных спутников на пункте Тянь-Шанская Астрономическая Обсерватория..... | 135 |
| <i>Шомищева С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н., Отебай А.Б.</i> , Стандартизация фотометрической системы 1-метрового телескопа Тянь-Шанской Астрономической Обсерватории..... | 140 |
| <i>Терещенко В.М.</i> , Характеристики и особенности работы фотоэлектрического фотометра SSP-5A | 146 |
| <i>Терещенко В.М., Шамро А.В.</i> , Спектрограф для абсолютных измерений. Схема и конструкция оптико-механического блока..... | 152 |

Теоретические исследования

| | |
|--|------------|
| <i>Калдыбекова Б. К., Решетова Г. В.</i> Численные результаты специальной сетки из струн..... | 160 |
| <i>Бакирова Э.А., Кадирбаева Ж.М.</i> О разрешимости линейной многоточечной краевой задачи для нагруженных дифференциальных уравнений..... | 168 |
| <i>Бесбаев Г.А., Көпжасарова А.А., Сапрыгина М.Б., Шалданбаев А.Ш.</i> О самосоряженности оператора Гурса в пространстве Крейна..... | 176 |
| <i>Жумали А.С., Решетова Г.В.</i> Численное моделирование микроскопической динамики подземного выщелачивания..... | 188 |
| <i>Бактыбаев К., Далелханкызы А., Кикымова I., Мырзабаев А.</i> Применение модели взаимодействующих бозонов в деформированных изотопах ядра урана..... | 195 |
| <i>Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Абылкасымова Э. А., Шалданбаев А.Ш.</i> Спектральные разложения решения вольтерровых нелокальных краевых задач волнового уравнения..... | 203 |
| <i>Шомамбаева М.Т., Көпжасарова А.А., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Спектральные свойства нелокальной краевой задачи волнового уравнения | 213 |
| 75 лет казахстанской астрономической науке..... | 224 |

CONTENTS

Investigation of stars and nebulae

| | |
|--|----|
| <i>Serebryanskiy A.V., Gaynullina E.R., Khalikova A.V.</i> Variable star TYC3215-906-1: light curve analyses and classification | 5 |
| <i>Kondratyeva L., Rspaev F., Aimuratov Ye., Otebay A.</i> Results of the spectral and photometric observations of the object V725 Tau | 12 |
| <i>Kondratyeva L., Rspaev F., Aimuratov Ye.</i> , Variability of the planetary nebula M1-65 | 22 |
| <i>Pavlova L.A.</i> , The influents magnetic field on the forming circumstellar structure | 29 |
| <i>Kokumbaeva R.I., Khruslov A.V., Kusakin A.V.</i> , GSC 3601-01531 and GSC 3601-01504, two new variable stars | 35 |

Problems of celestial mechanics and dynamics of stellar systems

| | |
|---|----|
| <i>Dubovichenko S.B., Dzhazairov-Kakhramanov A.V., Burkova N.A., Tkachenko A.S.</i> , Radiative ${}^2\text{H}^3\text{He}$ capture at astrophysical energies | 41 |
| <i>Zulpykharov A. T., Konysbayev T.K., Chechin L.M.</i> The relaxation time estimation for galaxies with account of Dark matter | 50 |

Physics of sun and bodies of the Solar system

| | |
|--|-----|
| <i>Shestakova L.I., Demchenko B.I.</i> , The action of radiation pressure on the dynamics of atoms and ions in debris disks of A-type stars | 55 |
| <i>Demchenko B.I., Shestakova L.I.</i> , Orbital evolution of olivine dust grain during sublimation process near the Sun | 64 |
| <i>Shestakova L.I., Demchenko B.I.</i> , Orbital evolution of silicate dust particles during sublimation near A-type stars | 73 |
| <i>Minasyants G.S., Minasyants T.M., Tomozov V.M.</i> Variations of Fe/O Ratio with Ion's Energies in the Solar Activity Minimum. I. Energy Spectra of Fe and O Ions on the Spotless Sun | 81 |
| <i>Minasyants G.S., Minasyants T.M., Tomozov V.M.</i> Variations of Fe/O Ratio with Ion's Energies in the Solar Activity Minimum. II. Role of anomalous component of the cosmic rays in a cycle minimum | 86 |
| <i>Tejfe V.G.I., Karimov A.M., Kharitonova G.A.</i> The ammonia absorption in Saturn – an asymmetry of latitudinal variations at the 2009 equinox | 91 |
| <i>Karimov A.M., Lysenko P.G., Tejfe V.G.I., Kharitonova G.A.</i> , Northern hemisphere of SATURN – the methane and ammonia absorption in 2015 | 97 |
| <i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> , The study of molecular absorption over Jovian disk in season of 2016 visibility. I. Equatorial area | 104 |
| <i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> The study of molecular absorption on Jupiter in visibility season of 2016. II. Latitudinal variations | 110 |
| <i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> The study of molecular absorption on Jupiter in visibility season of 2016. III. Great Red Spot (GRS) | 118 |
| <i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Molotov I. E., Serebryansky A. V., Usoltseva L. I., Voropaev V.A.</i> Some features of geostationary satellites ensemble | 124 |
| <i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Nifontova M.V., Usoltseva L. I.</i> , Comparative analysis of several methods of astrometric processing of the GSS observations using CCD-cameras with narrow field of view | 129 |
| <i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Krugov M.A., Reva I.V., Serebryansky A. V., Usoltseva L. I.</i> , Condition of observations of geostationary satellites at Tien Shan astronomical observatory | 135 |
| <i>Shomshenkova S. A., Reva I.V., Kondratyeva L.N., Otebay A.B.</i> , Standardization of the photometric system of the 1-meter telescope of Tien-Shan Astronomical Observatory | 140 |
| <i>Tereschenko V. M.</i> , The characteristics and peculiarities of the photoelectrical photometer SSP-5A operation | 146 |
| <i>Tereschenko V. M., Shamro A. V.</i> , Spectrograph for absolute measurements. Scheme and construction of the optic-mechanic block | 152 |

Theoretical studies

| | |
|---|-----|
| <i>Kaldybekova B.K., Reshetova G. V.</i> Numerical results of special grid of strings | 160 |
| <i>Bakirova E.A., Kadirbayeva Zh.M.</i> On a solvability of linear multipoint boundary value problem for the loaded differential equations | 168 |
| <i>Besbayev G. A., Kopzhasarova A.A., Saprygina M.B., Shaldanbayev A.Sh.</i> On self-conjugation of the operator of goursat in crane space | 176 |
| <i>Zhumali A.S., Reshetova G.V.</i> Numerical modelling of microscopic dynamics of in-situ leaching | 188 |
| <i>Baktybaev K., Dalelkhankyzy A., Kyqymova I., Myrzabaev A.</i> Applying the model of interacting bosons in a deformed nucleus of uranium isotopes | 195 |
| <i>Kopzhasarova A.A., Besbayev G. A., Abylkassymova E.A., Shaldanbayev A.SH.</i> Spectral resolutions of solution of voltaire nonlocal boundary value problems of a wave equation | 203 |
| <i>Shomanbayeva M. T., Kopzhasarova A.A., Besbayev G. A., Shaldanbayev A.Sh.</i> Spectral properties of a nonlocal boundary value problem of a wave equation | 213 |
| 75 years of Kazakhstan's astronomical science | 224 |

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.physics-mathematics.kz>

<http://road.issn.org/issn/2518-1726>

Редактор *М. С. Ахметова, Д.С. Аленов, Т.А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 25.09.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
14 п.л. Тираж 300. Заказ 5.