

УДК 621.472

В.А. НАСТАСЕНКО

Херсонская государственная морская академия

О ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЛНОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ

Работа относится к областям квантовой физики, физики волн и физических полей, в частности – к исследованиям параметров гравитационного поля. В ее основу положена связь гравитационного поля с гравитационной постоянной G и другими фундаментальными физическими константами – постоянной Планка h , скоростью света в вакууме c . На этой базе получены новые вещественно-волновые характеристики гравитационного поля и найдены их числовые значения.

Ключевые слова: фундаментальные физические константы, гравитационная постоянная, планковские величины длины, времени и массы.

V.A. NASTASENKO

Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine

ABOUT POSSIBILITY OF DETERMINATION OF THE WAVE PARAMETERS OF THE GRAVITATIONAL FIELD

Abstract

The work belongs to the areas of quantum physics, physics of waves and physical fields, in particular – to research parameters of the gravitational field. The table is based on the relationship of the gravitational field with the gravitational constant G and other fundamental physical constants - planck's constant h , the speed of light in vacuum c . On this basis, obtained new substance-wave characteristics of the gravitational field and are found their numeric values.

Keywords: fundamental physical constants, the gravitational constant, planck's length value, time and mass.

Введение. Связь проблемы с основными научными направлениями

Работа относится к областям квантовой физики, физики волн и физических полей, в частности – к исследованиям гравитационного поля, в основу которых положена его связь с гравитационной постоянной G и другими фундаментальными физическими константами. При этом создаются новые возможности не только для определения волновых параметров гравитационного поля, но и для познания основ материального мира, в т.ч. всей Вселенной. Решение данных задач имеет большой теоретический и практический интерес для ведущих научных школ и ученых мира, занимающихся данными проблемами, и является актуальным как для развития физики, так и для развития науки в целом, в рамках потребности постоянного расширения знаний о материальном мире и составляющих его физических полях, а также о Вселенной в целом.

Анализ состояния проблемы и постановка задачи

В настоящее время физические параметры гравитационного поля относятся к малоизученным, поскольку его единственной реально определяемой характеристикой является сила F_G гравитационного взаимодействия физических тел (1), вытекающая из закона всемирного тяготения Ньютона [1]:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

где m_1, m_2 – массы двух точечных объектов, (кг), размещенных на расстоянии r (м) между ними;

G – гравитационная постоянная [2]:

$$G = 6,67390 \pm 0,00130 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \quad (2)$$

Все остальные характеристики гравитационного поля определяют не строго, а лишь подобно аналогичным параметрам электромагнитного поля, на основе эмпирической аналогии закона всемирного тяготения (1) и закона Кулона (3) для электростатического взаимодействия двух точечных тел [1]:

$$|F_e| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} \quad (3)$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная:

$$\epsilon_0 = 8,8541878 \text{ П} \dots \cdot 10^{-12} \frac{\text{А}^2 \text{с}^4}{\text{кг} \cdot \text{м}^3},$$

Q_1, Q_2 – электрические заряды двух взаимодействующих точек, А·с;

r – расстояние между взаимодействующими точками, м.

При этом эмпирическая аналогия подразумевает также волновое строение гравитационного поля, но она не дает строгих оснований для определения его реальных волновых и других вещественно-полевых характеристик, вытекающих из его структуры, в т.ч. – их строгих численных значений.

Устранение указанных недостатков является **главной целью выполняемой работы**. Ее научной новизной является обоснование новой теоретической базы для определения волновых и вещественных параметров гравитационного поля, нахождение на этой базе расчетных зависимостей и определение их численных значений.

Исходные положения для достижения поставленной цели

Исходными в дальнейших исследованиях приняты найденные еще в 1900 г. М.Планком особые физические величины [1]: – гланковская длина l_p^o (4), планковское время t_p^o (5) и планковская масса m_p^o (6), уникальность которых состоит в том, что получены они на базе трех исходных фундаментальных физических констант G (2), c (7), \hbar (8), поэтому могут быть отнесены к основам материального мира:

$$l_p^o = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = \sqrt{\frac{1,054571726 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг}^2 \cdot \text{с}^2}\right)}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)\right)^3}} = 1,61621 \cdot 10^{-35} \text{ м}, \tag{4}$$

$$t_p^o = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = \sqrt{\frac{1,054571726 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг}^2 \cdot \text{с}^2}\right)}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)\right)^5}} = 5,39109 \cdot 10^{-44} \text{ с}, \tag{5}$$

$$m_p^o = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = \sqrt{\frac{1,054571726 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)}{6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг}^2 \cdot \text{с}^2}\right)}} = 2,17650 \cdot 10^{-8} \text{ кг}, \tag{6}$$

где c – скорость света в вакууме:

$$c = 0,299792458 \cdot 10^9 \frac{\text{М}}{\text{с}}, \tag{7}$$

\hbar – круговая постоянная Планка:

$$\hbar = 1,054571726 \pm 0,000000047 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}. \tag{8}$$

В рамках традиционных знаний о материальном мире, применение величин l_p^o, t_p^o, m_p^o в научных исследованиях ограничено сверхплотным (сингулярным) периодом рождения Вселенной [3], результатом которого является возникновение материальной Вселенной и формирование в ней исходных физических полей и веществ, с которыми связаны фундаментальные физические константы G, c, \hbar . На основе этого переходного состояния Вселенной, в работе [4] была предположена возможность и найдена связь гравитационной постоянной G с планковскими величинами l_p^o, t_p^o, m_p^o , вытекающая из ее размерности

$$\left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг}^2 \cdot \text{с}^2}\right): \tag{9}$$

$$G = \frac{\text{М}^3}{\text{кг}^2 \cdot \text{с}^2} = \frac{\left(\overset{\circ}{\underset{\circ}{l_p^o}}\right)^3}{\left(\overset{\circ}{\underset{\circ}{m_p^o}}\right) \cdot \left(\overset{\circ}{\underset{\circ}{t_p^o}}\right)^2} = \frac{\left(61621 \cdot 10^{-35} (\text{М})\right)^3}{5,39109 \cdot 10^{-44} (\text{с}) \cdot \left(17650 \cdot 10^{-8} (\text{кг})\right)^2} = 6,67390 \cdot 10^{-11} \frac{\text{М}^3}{\text{кг}^2 \cdot \text{с}^2}. \tag{9}$$

Другим исходным положением является предположение, что реальная физическая величина – гравитационная постоянная, найденная на основе планковских величин l_p^o, t_p^o, m_p^o , позволяет эти величины также считать реальными. На этой базе в работе [4] были определены минимально возможные волновые параметры (10)...(13), которые в работе [5] были связаны с параметрами гравитационного поля:

– амплитуда колебаний: $A_p^o = l_p^o = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,61621 \cdot 10^{-35} (\text{М}); \tag{10}$

– период колебаний: $T_p^o = t_p^o = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = 5,39109 \cdot 10^{-44} (\text{с}); \tag{11}$

– частота колебаний: $\nu_p^o = (T_p^o)^{-1} = \frac{1}{t_p^o} = \sqrt{\frac{c^5}{\hbar G}} = 1,85491 \cdot 10^{43} (\Gamma\text{ц}); \tag{12}$

– длина несущих волн:
$$\lambda_p^o = \frac{c}{\nu_p^o} = l_p^o = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,61621 \cdot 10^{-35} (м). \quad (13)$$

Третьим исходным положением является обоснованная в работе [6] потребность перехода от круговой постоянной Планка \hbar , полученной искусственно делением постоянной Планка h (14) на число 2π (15) [1], к исходной ее величине h , и последующее получение на ее базе новых, или “естественных” планковских величин l_p, t_p, m_p (16)...(18):

$$h = 6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}, \quad (14)$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = \frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{2 \cdot 3,14159256} = 1,054571726 \pm 0,000000047 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}. \quad (15)$$

$$l_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = \sqrt{\frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{м^3}{кг \cdot с^2}\right)}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с}\right)\right)^3}} = 4,05123 \cdot 10^{-35} (м). \quad (16)$$

$$t_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = \sqrt{\frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{м^3}{кг \cdot с^2}\right)}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с}\right)\right)^5}} = 13,5134 \cdot 10^{-44} (с). \quad (17)$$

$$m_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = \sqrt{\frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с}\right)}{6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{м^3}{кг \cdot с^2}\right)}} = 5,45568 \cdot 10^{-8} (кг). \quad (18)$$

В этом случае гравитационная постоянная G , в рамках своей размерности $\left(\frac{м^3}{кг \cdot с^2}\right)$, также может быть получена на базе планковских величин l_p, t_p, m_p :

$$G = \frac{м^3}{кг \cdot с^2} = \frac{l_p^3}{m_p \cdot t_p^2} = \frac{(4,05123 \cdot 10^{-35} (м))^3}{13,5134 \cdot 10^{-44} (с) \cdot (5,45568 \cdot 10^{-8} (кг))^2} = 6,67390 \cdot 10^{-11} \frac{м^3}{кг \cdot с^2}. \quad (19)$$

Предпочтительность использования естественных Планковских величин l_p, t_p, m_p обоснована также в работе [7], на базе их более строгого квантования: 1) с единицей времени 1 с (20); 2) с длиной пути (21), которую свет проходит за 1 с со скоростью c ; 3) с выделившейся за 1 с планковской энергией E_p и связанной с ней массой m_p (22):

$$n_t = \frac{1 (с)}{t_p} = \frac{1 (с)}{13,5134 \cdot 10^{-44} (с)} = 7,40006 \cdot 10^{42}, \quad (20)$$

$$n_l = \frac{c \cdot 1(с)}{l_p} = \frac{0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с}\right) \cdot 1 (с)}{4,05123 \cdot 10^{-35} (м)} = 7,40004 \cdot 10^{42}, \quad (21)$$

$$n_E = \frac{E_p \cdot 1(с)}{h} = \frac{m_p \cdot c^2 \cdot 1(с)}{h} = \frac{5,45568 \cdot 10^{-8} (кг) \cdot \left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с}\right)\right)^2 \cdot 1(с)}{6,62606957 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot с)} = 7,40004 \cdot 10^{42} \quad (22)$$

Исходя из предпочтительности “естественных” величин l_p, t_p, m_p , следует пересмотреть ранее предложенные [4, 5] величины волновых параметров гравитационного поля.

Обоснование новых численных величин и возможности определения волновых параметров гравитационного поля

Дальнейший анализ расчетной зависимости (19), на основе которой могут быть получены новые волновые параметры гравитационного поля, показал, что связь с волнами величин l_p, t_p, m_p является лишь предположительной. Для более строгого обоснования в данной работе была использована найденная в работе [7] новая зависимость для определения величины гравитационной постоянной G (23):

$$G = \frac{t_p^2 c^5}{h} = \frac{c^5}{\nu_p^2 h}. \quad (23)$$

Особенностью зависимости (23) является переход к строго определенным параметрам скорости света в вакууме c (7) и постоянной Планка h (14) при исключении всех планковских величин, кроме планковского времени t_p , которое может быть выражено в виде строгой волновой характеристики –

гланковской частоты ν_p . Выделение в гравитационной постоянной G именно волновой характеристики – частоты ν_p , на строгой физической базе подтверждает ее связь с частотой гравитационного поля, поскольку G является компонентой гравитационных сил, входящих в закон Всемирного тяготения (1).

Таким образом, на более строгой физической базе, чем это было сделано в работах [4, 5], а также с учетом обоснованной в работах [6, 7] потребности перехода в определении планковских параметров к величине постоянной Планка h , можно считать найденные параметры (24)...(27) реальными волновыми параметрами гравитационного поля, основными из которых являются:

– амплитуда колебаний: $A_p = l = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = 4,05123 \cdot 10^{-35} (м);$ (24)

– период колебаний: $T_p = t_p = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} = 13,5134 \cdot 10^{-44} (с);$ (25)

– частота колебаний: $\nu_p = (T_p)^{-1} = \frac{1}{t_p} = \sqrt{\frac{c^5}{hG}} = 7,40004 \cdot 10^{42} (Гц);$ (26)

– длина несущих волн: $\lambda_p = \frac{c}{\nu_p} = l_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = 4,05123 \cdot 10^{-35} (м).$ (27)

В рамках аналогий гравитационного и электромагнитного полей, на базе найденных волновых параметров (24)...(27), можно определить все остальные волновые характеристики гравитационного поля: поток, напряженность, индуктивность и др., а также оценить возможности их взаимодействия с другими физическими объектами и полями материального мира, что позволяет углубить и расширить знания о гравитационном взаимодействии и о строении Вселенной в целом.

Достоверность выдвинутых выше научных положений и найденных на их базе вещественных (16)...(18) и полевых параметров (24)...(27) гравитационного поля подтверждается:

1) законом неопределенности импульса (28) Гейзенберга [1]:

$$m_p \nu_p = \frac{h}{\lambda_p} = 5,45568 \cdot 10^{-8} \left(\frac{кг \cdot с}{с} \right) > 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с} \right) = \frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot с)}{4,05123 \cdot 10^{-35} (м)} = 16,32257 \left(\frac{кг \cdot м}{с} \right);$$
 (28)

2) волновым законом (29) де Бройля [1], если энергию излучения гравитационного поля связать с полной энергией массы составляющего его вещества, найденной по закону Эйнштейна о связи массы и энергии $E_p = m_p c^2$:

$$\nu_p = \frac{E_p}{h} = \frac{m_p c^2}{h} = 7,40004 \cdot 10^{42} (с^{-1}) = \frac{5,45568 \cdot 10^{-8} \left(\frac{кг \cdot с}{с} \right) \cdot \left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с} \right) \right)^2}{6,62606957 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot с)}.$$
 (29)

Наличие массы в волновых параметрах гравитационного поля является дополнительным, хотя и косвенным, доказательством их верности, поскольку без массы гравитационное поле не существует.

Кроме зависимости (29), равенство волновой энергии излучения и полной энергии вещества на планковском уровне подтверждается:

1) косвенно – численным равенством величин энергий:

$$E_p = h \nu_p = m_p c^2 = 6,62606957 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot с) \cdot 7,40004 \cdot 10^{42} (с^{-1}) = 5,45568 \cdot 10^{-8} \left(\frac{кг \cdot с}{с} \right) \cdot \left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с} \right) \right)^2 = 4,90332 \cdot 10^9 (Дж);$$

2) строго – общей для всех этих энергий функциональной зависимостью (30), полученной при подстановке в преобразованную зависимость (29) зависимостей (26) и (18):

$$E_p = h \nu_p = m_p c^2 = h \sqrt{\frac{c^5}{hG}} = c^2 \sqrt{\frac{hc}{G}} = \sqrt{\frac{hc^5}{G}} = \sqrt{\frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot с) \cdot \left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{м}{с} \right) \right)^5}{6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{м^3}{кг \cdot с^2} \right)}} = 4,90332 \cdot 10^9 (Дж).$$
 (30)

Значения (28)...(30) позволяют утверждать, что поле с планковской массой (18) и волновыми параметрами (24)...(27), минимально возможными во Вселенной [4], является гравитационным полем.

На базе работы [8] можно утверждать, что такая волновая структура гравитационного поля, формируемого материальной точкой, представляет созданные вокруг нее сферические слои, с толщиной

$l_p = \lambda_p$, время прохождения которых со скоростью света c составляет величину t_p . На базе работы [6], в которой величина постоянной Планка h представлена, как максимально возможный квант энергии, формируемый в одном частотном импульсе $h_\gamma = 6,62906957$ (Дж), эти сферические слои могут иметь эквивалентную данной энергии массу (31):

$$m_\gamma = \frac{h_\gamma}{c^2} = \frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ (Дж)}}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)\right)^2} = 7,37250 \cdot 10^{-51} \text{ (кг)} \quad (31)$$

Массу (31) можно связать с массой гравитонов, формирующих гравитационное поле, при этом устраняется парадокс планковской массы $m_p = 5,45568 \cdot 10^{-8}$ кг, несоизмеримо большой, по сравнению с остальными планковскими параметрами l_p , t_p , поскольку она формируется за 1 с, в течение которой создается $\nu_p' = 7,40004 \cdot 10^{42}$ таких импульсов (32):

$$m_p = m_\gamma \nu_p' = 7,37250 \cdot 10^{-51} \cdot 7,40004 \cdot 10^{42} = 5,45569 \cdot 10^{-8} \text{ (кг)}. \quad (32)$$

Совокупность полученных параметров, подтвержденных строгими расчетными зависимостями, расширяет знания о гравитационном поле.

Общие выводы и рекомендации

1. Впервые показана строго формализованная возможность определения волновых параметров гравитационного поля расчетным путем, основанная на базе фундаментальных физических констант: гравитационной постоянной G , постоянной Планка h и скорости света в вакууме c , для которых найдены соответствующие закономерности (24)...(27).

2. Показано, что гравитационное поле имеет как волновую, так и вещественную структуру, параметры которой связаны с окружающими материальное тело сферическими слоями, с планковскими величинами толщины l_p (16), время прохождения которых со скоростью света c составляет величину t_p (17), а масса слоя, с которой можно связать массу гравитона, составляет величину m_γ (31).

3. Найденные вещественно-полевые параметры гравитационного поля подтверждаются законом неопределенности импульса (28) Гейзенберга, волновым законом (29) де Бройля, а также энергетическими законами Планка и Эйнштейна (30).

4. Подобные вещественно-волновые параметры в продольном и сферическом направлениях могут иметь гравитационные поля любых объектов – носителей массы во Вселенной, что существенно усложняет общую картину мироздания.

5. Рекомендуется использовать найденные волновые параметры гравитационного поля для его дальнейших исследований.

6. Полученные результаты являются новыми, в них установлены объективно существующие законы и закономерности материального мира, значительно расширяющие имеющийся уровень знаний о гравитационном поле и гравитонах, как важнейших составных частях материального мира и Вселенной, что отвечает всем признакам научных открытий.

Литература

1. Физический энциклопедический словарь / Под общ. ред. А.М. Прохорова. // Д.М. Алексеев, А.М. Бонч-Бруевич, А.С.Воронов-Романов и др. – М.: Сов. Энциклопедия, 1983. – 928 с.
2. Phys.Web.Ru >> Постоянные | Беспрецедентное измерение гравитационной постоянной (по материалам бюллетеня The American Institute of Physics. Bulletin of Physic News. Number 482. May 3, 2000).
3. Силк Дж. Большой взрыв: Пер. с англ. / Под ред. И.Д. Новикова. – М.: Мир, 1982. – 391 с.
4. Настасенко В.А. Открытие предельно возможных величин волновых параметров // 10-я Юбилейная Междунар. науч. конф. “Теория и техника передачи, приема и обработки информации”. Сб. тезисов докладов. Ч.1. – Харьков: ХНУРЭ, 2004, – С. 30-31.
5. Настасенко В.А. Открытие волновых параметров гравитационного поля – V Всеукраїнська наук.-техн.конф. “Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об’єктів” Тези наук. доповідей. – Кременчук: КДПУ, 2006. – С. 19-20.
6. Настасенко В.А. О потребности введения нового численного значения постоянной Планка / Науковий вісник ХДМІ: науковий журнал. – Херсон, ХДМІ, 2011. №.1(4). – С. 222-234.
7. Настасенко В.А. О возможности уточнения значения гравитационной постоянной расчетным путем / Материалы Междунар. науч.-техн. конф. “Высокопроизводительные вычислительные системы 2013”. – Киев, НУТУ «КПИ». 2013. с 266-272 www.HPS-UA-13
8. Настасенко В.О. Аналіз гранично можливих шаруватих структур // Фізика і хімія твердого тіла. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т, 2006. Т.7. №4. – С.793-797.

References

1. Fizicheskiy ehnciklopedicheskiy slovarj / Pod obth. red. A.M. Prokhorova // D.M. Alekseev, A.M. Bonch-Bruevich, A.S.Voronov-Romanov i dr. –M.: Sov. Ehnciklopediya, 1983. – 928 s.
2. Phys.Web.Ru >> Postoyanniye | Besprecedentnoe izmerenie gravitacionnoy postoyannoy (po materialam byulletenya The American Institute of Physics. Bulletin of Physic News. Number 482. May 3, 2000).
3. Silk Dzh. Boljshoy vzrihv: Per. s angl. /Pod red. I.D. Novikova. – M.: Mir, 1982. – 391 s.
4. Nastasenko V.A. Otkrihtie predeljno vozmozhnikh velichin volnovihk parametrov // 10-ya Yubileyjnaya Mezhdunar. nauch. konf. "Teoriya i tekhnika peredachi, priema i obrabotki informacii". Sb. tezisov dokladov. Ch.1. – Kharjov: KhNUREh, 2004, -s.30-31.
5. Nastasenko V.A. Otkrihtie volnovihk parametrov gravitacionnogo polya – V Vseukrainsjka nauk.-tekhn.konf. "Fizichni procesi ta polya tekhnichnikh i biologichnikh ob'ektiv" Tezi nauk. dopovideyj. – Kremenjuk: KDPU, 2006. -S. 19-20.
6. Nastasenko V.A. O potrebnosti vvedeniya novogo chislennogo znacheniya postoyannoy Planka / Naukoviy visnik KhDMI: naukovyj zhurnal. - Kherson, KhDMI, 2011. №.1(4). - S. 222-234.
7. Nastasenko V.A. O vozmozhnosti utochneniya znacheniya gravitacionnoy postoyannoy raschetnim putem / Materialih Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Vihsokoproizvoditeljniye vihchisliteljniye sistemih 2013". – Kiev, NUTU «KPI». 2013. s 266-272 www HPS-UA-13.
8. Nastasenko V.O. Analiz granichno mozhlivihk sharuvatikh struktur // Fizika i khimiya tverdogo tila. –Ivano-Frankivsk: Prikarp. nac. un-t, 2006. T.7. №4. – S.793-797.