

УГЛЫ ЭЙЛЕРА КАК ЭЛЕМЕНТЫ ПРОСТРАНСТВА СОБЫТИЙ ПРИ ОПИСАНИИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Г.И. Шипов

Институт физики вакуума, email: waprdrive09@gmail.com

Ключевые слова: углы Эйлера, неголономная механика, кручение Риччи, геометризация уравнений классической механики, гироскоп, пространственно-временная прецессия.

OF THE EULER ANGLES AS ELEMENTS OF THE EVENT SPACE WHEN DESCRIBING ROTATIONAL MOTION

G. I. Shipov

Institute of Physical Vacuum, email: waprdrive09@gmail.com

Аннотация

В рамках геометризированной неголономной механики получены уравнения движения триады Эйлера. Показано, что геометрия пространства событий в неголономной механике включает углы Эйлера как элементы пространства событий так, что пространство становится шестимерным пространством абсолютного параллелизма $A_3(3)$, а вращение материи порождает кручение Риччи этого пространства (гипотеза Картана). Рассматривается управление пространственно-временной прецессии 4D гироскопа и экспериментально доказана возможность использования этой прецессии для движения в космическом пространстве.

Abstract

Equations of motion Euler triad within geometrical nonholonomic mechanics are derived. It is shown that the geometry of space in nonholonomic mechanics include the Euler angles as elements of the space of events. That space becomes six-dimensional space of absolute parallelism $A_3(3)$, and a rotation of matter gives rise to the Ricci torsion of the space (Cartan's hypothesis). Discusses the management of space-time precession of the 4D gyroscope and experimentally proved the possibility of using this precession for movement in the space.

Для описания собственного вращения твердых тел, Л. Эйлер ввел три неголономные угловые координаты – углы Эйлера $\varphi_1 = \varphi$, $\varphi_2 = \theta$, $\varphi_3 = \psi$, при этом бесконечно малый поворот вокруг трех осей задается соотношением $\vec{d}\vec{\chi} = d\chi \vec{e}_\chi = \vec{e}_3 d\varphi + \vec{e}_\xi d\theta + \vec{e}_3 d\psi$ [1]. Ковариантная запись этого соотношения выглядит как $d\chi^\beta_\alpha = e^\beta_A de^A_\alpha$ [2], где e^β_A - триада Эйлера, удовлетворяющая условиям ортогональности $e^A_\alpha e^\alpha_B = \delta^A_B$, $e^A_\alpha e^\beta_A = \delta^\beta_\alpha$. Здесь $\alpha, \beta \dots = 1, 2, 3$ - векторные индексы, а индексы $A, B \dots = 1, 2, 3$ нумеруют вектора триады. Для описания движения триады Эйлера (3D ориентируемой точки), необходимо задать шестимерное многообразие, которое представляет собой векторное расслоение с базой, образованной тремя трансляционными координатами x, y, z , и слоем, образованным тремя неголономными углами Эйлера $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$. Связь между дифференциалами координатами x, y, z и дифференциалами углов Эйлера $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ неголономна и определяется соотношением [2]

$$d\chi^A_B = T^A_{B\alpha} dx^\alpha . \quad (1)$$

Базовое многообразие голономных координат x, y, z , оснащено трансляционной метрикой Римана $ds^2 = g_{\alpha\beta} dx^\alpha dx^\beta$, $g_{\alpha\beta} = \eta_{AB} e^A_\alpha e^B_\beta$, а на множестве вращательных координат $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ задана вращательная метрика $d\tau^2 = d\chi^A_B d\chi^B_A = T^A_{B\alpha} T^B_{A\beta} dx^\alpha dx^\beta$. В соотношении (1) величина $T^\alpha_{\beta\gamma} = -\Omega^{\cdot\alpha}_{\beta\gamma} + g^{\alpha\eta} (g_{\beta\rho} \Omega^{\cdot\rho}_{\eta\gamma} + g_{\gamma\rho} \Omega^{\cdot\rho}_{\eta\beta})$ носит название коэффициентов вращения Риччи [3] и представляет собой *тензор конторсии пространства абсолютного параллелизма* $A_3(3)$ [4]. В тензор $T^\alpha_{\beta\gamma}$ входит *кручение пространства* $A_3(3)$ $-\Omega^{\cdot\alpha}_{\beta\gamma} = T^\alpha_{[\beta\gamma]} = -e^\alpha_a e^a_{[\beta,\gamma]} = -e^\alpha_a (e^a_{\beta,\gamma} - e^a_{\gamma,\beta})/2$. Величина $\Omega^{\cdot\alpha}_{\beta\gamma}$ называется в математике объектом неголономности, отображая факт неголономности вращательных координат $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$. Геометрию, в которой величина $\Omega^{\cdot i}_{jk}$ отлична от нуля, математики называют неголономной дифференциальной геометрией [5-8].

Предположим, что триада Эйлера связана с вращающимся твердым телом, тогда физическое пространство событий наделено структурой геометрии $A_3(3)$, которое, в общем случае, обладает римановой кривизной

$$R^\alpha_{\beta\gamma\eta} = -2\nabla_{[\gamma} T^\alpha_{|\beta\eta]} - 2T^\alpha_{\rho[\gamma} T^\rho_{|\beta\eta]} \quad (2)$$

и кручением Риччи

$$\nabla_{[\gamma} e^A_{\alpha]} = -T^\beta_{[\gamma\alpha]} e^A_\beta = \Omega^{\cdot\beta}_{\gamma\alpha} e^A_\beta. \quad (3)$$

Соотношение (3) доказывает предположение Э. Картана о том, что вращением материи порождает кручение пространства [9]. Движение триады Эйлера описывают 6 уравнений движения

$$\nabla_\gamma e^A_\alpha = -T^\beta_{\gamma\alpha} e^A_\beta, \quad (4)$$

из которых три описывают движение центра масс системы (ориентируемой материальной точки), и три изменение ее ориентации [2]. В уравнениях (2-4) поле $T^\beta_{\gamma\alpha}$ интерпретируется как поле инерции, порождающее силы инерции [4]. Поэтому уравнения (4) объединяют 6 уравнений движения механики Ньютона-Эйлера в единую систему уравнений. Кроме того, уравнения движения (4) могут описывать динамику пластичного тела и сплошной среды, состоящей из 3D ориентируемых материальных точек. В качестве конкретного примера использования уравнений (4) в нерелятивистской классической механике пластичного тела мы рассмотрели систему, названную 4D гироскопом [10]. Это такой гироскоп, в котором можно управлять пространственно-временной прецессией с помощью внутреннего источника энергии, которая используется для ускорения и замедления вращающихся частей системы в определенных угловых секторах. Согласно кинематике специальной теории относительности, изменение поступательной скорости v_x вдоль оси x можно записать и как вращение в плоскости $x-ct$, т.е. $dv_x/dt = d(ct h \theta_x)/dt$, где θ_x - угол в плоскости $x-ct$, c - скорость света. Уравнения (4) для 4D гироскопа, состоящего из 3х масс M и $2m$ и мотор-тормоза, порождающего на оси вращения грузов m момент L сводятся к двум уравнениям: уравнению движения центра масс

$$\frac{dv_c}{dt} = a_L, \quad a_L = \frac{2BL \sin \phi / mr^2 + k^2 \Phi (r\omega - v \sin \phi)}{1 - k^2 \sin^2 \phi} \quad (5)$$

и уравнению вращения грузов m под действием внутреннего момента L

$$\frac{d\omega}{dt} - k^2 \frac{\sin \phi \cos \phi}{1 - k^2 \sin^2 \phi} \omega^2 = \frac{L_N}{2mr^2}, \quad L_N = \frac{L/2mr^2 + \Phi(B\omega \sin \phi - v)/r}{1 - k^2 \sin^2 \phi}. \quad (6)$$

Нам не удалось решить эти уравнения аналитически, поэтому были проведены численные расчеты с помощью программы «Матлаб» [11]. Для проверки уравнений (6) был создан экспериментальный стенд и разработана система телеметрии, позволяющая регистрировать все механические характеристики 4D гироскопа в режиме реального времени. Были проведены два типа экспериментов: 1) уравнения (5), (6) не содержат сил трения, которые возникают при контакте поверхности (горизонтальная стеклянная поверхность, смазанная машинным маслом); 2) уравнения (5), (6) содержат силы трения. На рис. 1 представлены результаты этих двух типов экспериментов

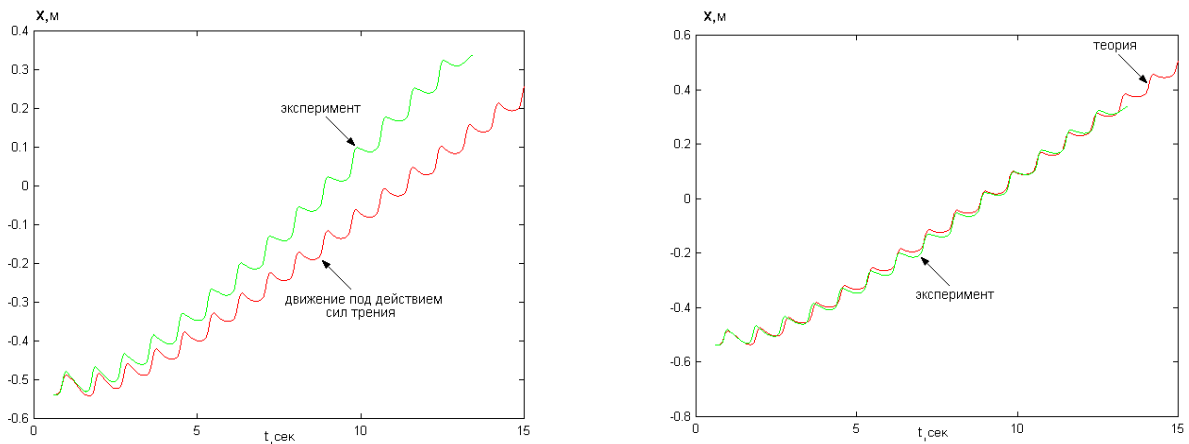


Рис.1. Сравнение теории и эксперимента при движении 4D гироскопа: слева теория Ньютона с учетом сил, трения; справа формулы (5),(6) неголономной механики.

В рамках механики Ньютона, была построена теория движения 4D гироскопа за счет нелинейных сил трения вида $F(V) = k\sigma_n(\sin g(V) - aV + bV^3)$, $k < 1$, $a > 0$, $b > 0$ и, затем, полученная теоретическая кривая сравнивалась с экспериментальным графиком (рис.1 слева). Справа на рис. 1 сравниваются теоретическая кривая, полученная из уравнений (5), (6) с экспериментальной кривой. Это сравнение показывает, что причиной движения центра масс 4D гироскопа является управляемая пространственно-временная прецессия гироскопа, который движется согласно уравнениям геодезических пространства $A_3(3)$, а не силы трения, как считают оппоненты.

Основные выводы данной работы это: 1) нерелятивистское вращательное движение материи меняет геометрию пространства, порождая геометрию $A_3(3)$ с кручением $\Omega^{\alpha\beta}_{\gamma}$ в соответствии с гипотезой Э. Картана [9]; 2) механика вращательного движения шестимерна и неголономна в силу неголономности вращательных координат $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$; 3) в неголономной механике допускается движение центра масс свободной от внешних сил системы в результате управляемой пространственно-временной прецессии; 4) явление пространственно-временной прецессии можно использовано для создания движителя принципиально нового типа для передвижения в космическом пространстве [11].

Литература

1. Эйлер Л. // Открытие нового принципа механики. Записки Берлинской академии наук, 1750, т. 14., с. 185-217.
2. Trukhanova M., Shipov G. // Foundation of the mechanics of oriented point. 2013, <https://arxiv.org/abs/1702.02561> .
3. Ricci G. // Mem. Acc. Linc. 1895. Vol. 2. Ser. 5. P. 276-322.
4. Шипов Г.И. // Теория Физического Вакуума, теория эксперименты и технологии, М., Наука, 1997. 450 с.
5. Вагнер В.В. // Геометрическая интерпретация движения неголономных динамических систем, Тр. семинара по векторному и тензорному анализу, №5, 301–327 (1941).
6. Букушева А.В., Галаев С.В. // Связности над распределением и геодезические пульверизации. Известия вузов. Математика . 2013, №4, с. 10–18.
7. Галаев С.В. // Геометрическая интерпретация тензора кривизны Вагнера для случая многообразия с контактной метрической структурой. Сибирский математический журнал. 2016, том 57, № 3.
8. Каленова В.И., Каранетян А.В., Морозов В.М., Салмина М.А. //Неголономные механические системы и стабилизация движения. Фундаментальная и прикладная математика, 2005, том 11, № 7, с. 117—158.
9. Cartan E. // Compt. Rend.1922. Vol. 174, p. 437.
10. Shipov G. // Decartes' Mechanics – Fourth Generalization of Newton's Mechanics. In "7 th Intern. Conference Computing Anticipatory Systems " ~ НЕС - ULg, Liege, Belgium, 2005, ISSN 1373-5411 ISBN 2-930396-05-9 P. 178 .
11. Шипов Г.И, Сидоров А.Н. // Теоретические и экспериментальные исследования реактивного движения без отбрасывания массы. «Физика взаимодействия живых объектов с окружающей средой», 2004, М.: с.230.