

# Теоретические и экспериментальные исследования реактивного движения без отбрасывания массы

Г.И.Шипов, А.Н.Сидоров

Приведены результаты теоретического и экспериментального исследования нерелятивистской механической системы, которая может контролируемым образом менять величину и знак инерционной массы. На основе этого эффекта создана модель реактивного движителя, демонстрирующего реактивное движение без отбрасывания массы.

## 1 Введение

В космическом пространстве реактивный двигатель является единственным средством для передвижения. В настоящее время реактивное движение достигло своего совершенства и дальнейшее его развитие требует огромных материальных затрат, при этом продвижение вперед оказывается достаточно скромным.

Существенным недостатком реактивного двигателя является его малая эффективность (примерно 2%), что затрудняет полеты к удаленным планетарным системам. Кроме того, выброс в околоземное космическое пространства огромного количества продуктов сгорания ракетного топлива порождает серьезные экологические проблемы с непредсказуемыми последствиями.

Перечисленные недостатки реактивного двигателя вынуждают нас обратиться к разработке принципиально нового способа передвижения в космическом пространстве, а именно, к научному обоснованию и техническому воплощению **реактивного движения без отбрасывания массы**.

## 2 Теоретические предпосылки

В классической механике движение механической системы  $n$  частиц, свободной от действия внешних сил, описывается уравнениями Лагранжа вида

$$\frac{d}{ds} \frac{\partial T}{\partial u^i} - \frac{\partial T}{\partial x^i} = 0 \quad i = 0, 1 \dots n - 1, \quad (1)$$

где

$$T = T(x^i, u^i) = \frac{M}{2} g_{ij} u^i u^j$$

- кинетическая энергия системы, зависящая от координат  $x^i$  и скоростей  $u^i$ ,

$$ds^2 = g_{ij} dx^i dx^j = \frac{2T}{M} dt^2$$

- метрика конфигурационного риманова пространства с метрическим тензором  $g_{ij} = g_{ij}(x^i)$  [2],  $t$  - время. Если полная масса системы постоянна, то из уравнений (1) для

центра масс системы следует первый закон механики Ньютона

$$\frac{d}{dt} (M\mathbf{v}_c) = M \frac{d}{dt} \mathbf{v}_c = 0, \quad (2)$$

где  $M$  - полная масса системы.

Это уравнение обобщается, если внутри системы происходит вращение некоторых ее частей. В этом случае для описания движения системы необходимо ввести неголономные угловые переменные (например, углы Эйлера) и вместо уравнений (1) использовать уравнения вида [3]

$$\frac{d}{ds} \frac{\partial T}{\partial u^i} - \frac{\partial T}{\partial x^i} + 2\Omega_{ki}^{..j} \frac{\partial T}{\partial u^j} u^k = 0, \quad (3)$$

где  $\Omega_{ki}^{..j}$  - объект неголономности, порождаемый вращением масс внутри системы.

В работе автора [5] было показано, что уравнения (3) совпадают с уравнениями геодезических пространства абсолютного параллелизма

$$\frac{d^2 x^i}{ds^2} + \Gamma_{jk}^i \frac{dx^j}{ds} \frac{dx^k}{ds} + 2g^{im} \Omega_{m(jk)} \frac{dx^j}{ds} \frac{dx^k}{ds} = 0 \quad (4)$$

и представляют собой уравнения Френе для вектора единичной скорости  $u^i = dx^i/ds$ . Сила

$$F_I^i = 2g^{im} \Omega_{m(jk)} \frac{dx^j}{ds} \frac{dx^k}{ds}$$

интерпретируется как сила инерции, возникающая при вращении масс внутри системы. Эта сила способна менять траекторию центра масс системы, хотя ее источник находится внутри самой системы. Дело в том, что силы инерции не подчиняются третьему закону механики Ньютона [1], поэтому на уравнения (4) теоремы механики Ньютона не распространяются. В частности не выполняется теорема о сохранении импульса центра масс свободной механической системы, т.е. уравнения (2). В этом случае вместо уравнений (2) мы имеем их обобщение в виде

$$\frac{d}{dt} (M(t)\mathbf{v}_c) = 0$$

или

$$M(t) \frac{d}{dt} \mathbf{v}_c = -\mathbf{v}_c \frac{d}{dt} M(t), \quad (5)$$

где зависимость инерционной массы системы от времени определяется силой инерции  $F_I^i$ . В общем случае зависимостью инерционной массы от времени можно управлять, изменяя необходимым образом силу инерции  $F_I^i$ . Легко видеть, что уравнение (5) напоминает уравнение реактивного движения. Однако, в отличие от последнего, никакого отбрасывания массы не происходит. Понятно, что в уравнении (5) масса не может быть монотонной функцией времени как в случае обычного реактивного движения.

### 3 Обзор устройств, демонстрирующих реактивное движение без отбрасывания массы

В начале двадцатого века изобретателями различных стран были разработаны механические устройства, демонстрирующие "безопорное движение". Общим для всех



Рис. 1: Инерциоид Толчина, движущийся поступательно

изобретений такого рода было вращательное движение массивных (рабочих) тел внутри самого механизма. Ниже будут представлены некоторые из них.

### 3.1 Инерциоид Толчина и его разновидности

Прибор, демонстрирующий реактивное движение без отбрасывания массы в России впервые, по-видимому, был изобретен российским инженером В.Н.Толчиным [4]. Он изобрел устройство, которое было названо инерциоидом. В начале 30-х годов прошлого века В.Н.Толчин занимался динамическим гашением вибраций токарных станков на заводе в Перми. Для этого он разработал и изготовил вибратор, который устанавливался в районе резцовой головки токарного станка. После одного из испытаний В.Н.Толчин снял вибратор со станка и, держа его в руках, наблюдал за процессом остановки вращающихся масс. Неожиданно, по образному выражению самого автора, *вибратор прыгнул у него из рук без осязтимой отдачи*. На повторение и выделение этого эффекта было потрачено несколько лет. Дальнейшая работа привела к созданию инерциоида.

Работая главным конструктором Пермского машиностроительного завода, В.Н.Толчин изготовил инерциоиды различных типов, ряд характеристик которых приведены в его книге «Инерциоид, силы инерции как источник движения» [4]. Конструктивно инерциоид Толчина выполнен так, что внутри его синхронно, навстречу друг другу, вращались два груза (см. рис. 1)<sup>1</sup>. Управляя скоростью вращения этих грузов, можно управлять скоростью движения центра масс всей системы или изменять угловой момент системы. У инерциоидов для этого имеется внутреннее устройство – мотор-тормоз. Для поступательно движущихся инерциоидов назначение мотор-тормоза состоит в том, чтобы осуществлять изменение угловой скорости вращения грузов инерциоида в секторах  $330 - 360^\circ$  и  $160 - 180^\circ$ . В секторе  $330 - 360^\circ$  угловая скорость вращения грузов увеличивалась, что вызывало увеличение скорости центра масс инерциоида от 0 до величины порядка 10 см/с. В секторе  $160 - 180^\circ$  происходило уменьшение угловой скорости вращения грузов, при этом скорость центра масс уменьшалась с 10 см/с до 0. Средняя скорость центра масс инерциоида за период, который составлял примерно 1 с, была равна 6 см/с на поверхности, смазанной маслом<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Боле подробно устройство инерциоида и его аналитическое описание будет дано ниже.

<sup>2</sup>Никакого привода на колесе инерциоида нет. Они служат только для того, чтобы поддерживать корпус.

### **3.1.1 Инерциоид Толчина на подвесе**

Этот тип инерциоида демонстрирует изменение углового момента за счет действия нескомпенсированных моментов сил инерции внутри системы. Он представляет собой коромысло, подвешенное на шелковой нити, на концах которого установлены два вращающихся груза с весом 130 гр. Длина рычага, на котором установлен груз, – 18 см. На коромысле установлены два электромотора, питающиеся от 8 батареек для карманного фонаря. При включении питания электромоторы начинают вращать малые грузы. При отключенном мотор– тормозе коромысло на подвесе остается в покое. Но как только включается мотор–тормоз, изменяющий угловую частоту вращения грузов в определенном секторе углов, коромысло начинает вращаться, закручивая нить. При полной разрядке батарей (15-20 минут) инерциоид поднимается вверх из-за закручивания нити на высоту 10-13 см.

### **3.1.2 Инерциоид Толчина на игле**

Коромысло инерциоида установлено на игле. Основание иглы закреплено на скамье Жуковского, с тем, чтобы показать отсутствие реакции опоры при вращении коромысла. На коромысле установлен электромотор, который вращает грузы на концах коромысла. Электромотор питается через кабель от индивидуального источника тока, который позволяет регулировать скорость вращения мотора. При отключенном мотор–тормозе коромысло находится в покое, хотя электромотор вращает грузы. При включении мотор–тормоза начинает вращаться и коромысло, при этом скамья Жуковского находится в покое, что говорит об отсутствии реакции опоры. Если увеличить угловую скорость вращения грузов (увеличивая напряжение на обмотках электромотора), то начинает увеличиваться угловая скорость вращения коромысла.

### **3.1.3 Инерциоид Толчина на демпфирующей тележке**

Инерциоид, изображенный на рис. 1, движется периодически, проходя вперед 9 см и отступая на назад на 3 см. Для непрерывного движения только вперед, В.Н. Толчиным была сконструирована демпфирующая тележка, которая сглаживала импульс, создаваемый инерциоидом при движении. В результате, вся система (инерциоид на демпфирующей тележке) двигалась непрерывно в одном направлении.

### **3.1.4 Инерциоид Толчина на качелях**

Для доказательства отсутствия реакции опоры при движении инерциоида, инерциоид устанавливался на чувствительные качели. Когда инерциоид, двигаясь, сходил с платформы качелей на неподвижную опору, качели оставались в покое. Вес платформы качелей – 254 гр., вес инерциоида – 850 гр. Расчеты по классической механике Ньютона показывают, что в момент перехода на неподвижную опору, качели должны отклониться из положения равновесия, получив скорость порядка 16 см/сек. Однако этого не происходит, что доказывает отсутствие реакции опоры.

### 3.1.5 Инерциоид Толчина на лестнице

Чтобы показать, что инерциоид создает тягу и способен преодолевать препятствия, В.Н.Толчин сконструировал горизонтальную лестницу с высотой ступенек 4 мм. Инерциоид закрыт специальным кожухом, который исключает аэродинамические эффекты, порождаемые вращением грузов. Эксперименты показали, что инерциоид легко преодолевает ступеньки этой лестницы.

### 3.1.6 Инерциоид Толчина на горизонтальной поверхности, смазанной маслом

Основное утверждение оппонентов состоит в том, что инерциоид движется за счет сил трения, действующих между его колесами и подстилающей поверхностью. Поэтому В.Н.Толчин смазывал поверхность, по которой движется инерциоид, машинным маслом, уменьшая коэффициент трения. Как отмечали сами оппоненты, после нанесения на поверхность масла, движение инерциоида становилось более эффективным, что указывает на ошибочность мнения оппонентов.

## 3.2 Инерционный движитель Кука

Американский изобретатель Р.Кук предложил инерционный движитель, в котором используются гироскопические эффекты, вызванные вынужденной прецессией системы трехмерных гироскопов. Исследования Р.Кука ведутся при поддержке американской компании "Боинг". По заявлениям самого Р.Кука, его установка, при и собственном весе 100 кг. создает тягу порядка 1 кг. Теоретического описания установки Кука не существует.

## 3.3 Инерционный движитель Торнсона

Канадский изобретатель Д.Торнсон разработал инерционный движитель, который движется за счет создания внутри его нескомпенсированных сил инерции (см. рис. 2).

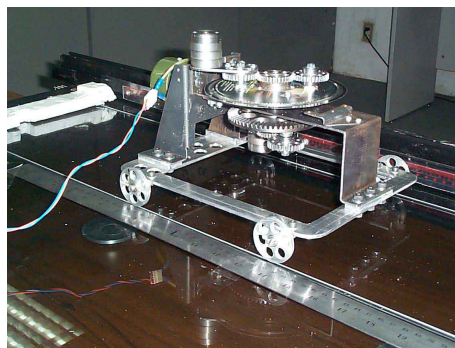


Рис. 2: Инерционный движитель Торнсона

Торнсон установил свой движитель с электромотором, мощностью 60 Вт, на лодку, вес которой составлял 250 кг. Питание мотора осуществлялось от аккумуляторной батареи.

В результате работы двигателя, установленного внутри корпуса лодки, лодка двигалась со скоростью 1 узел (1 миля в час). Никаких приспособлений, типа весел или винтов, лодка не имела.

### 3.4 Инерционные двигатели других изобретателей

В настоящий момент во всем мире предложено и запатентовано около сотни различных видов инерционных двигателей. Однако большинство из них либо вообще неработоспособно, либо малоэффективно. Общим недостатком всех этих предложений является отсутствие **теоретического обоснования** эффекта реактивного движения без отбрасывания массы. В этом состоит основная причина медленного развития данного направления в технике.

## 4 Классическое описание свободного четырехмерного гироскопа

Простейшим устройством, на базе которого можно создать двигатель, демонстрирующий реактивное движение без отбрасывания массы, является четырехмерный гироскоп (инерциод Толчина).

Четырехмерным гироскопом мы будем называть механическую систему, элементы которой вращаются не только в пространстве, но и в пространственно-временных плоскостях [5]. Простейшая механическая система такого типа изображена на (рис.3).

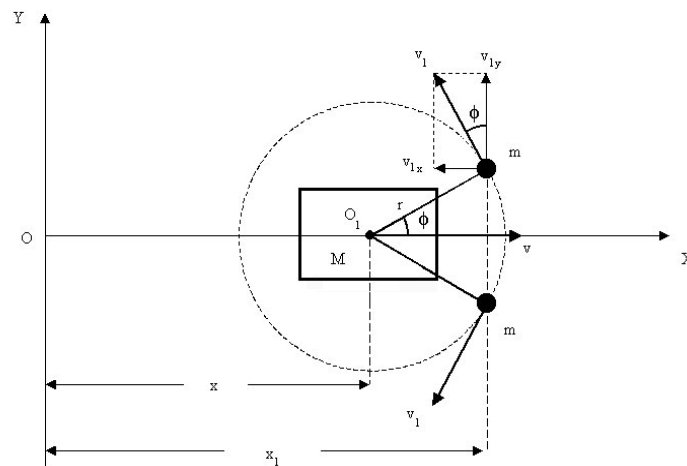


Рис. 3: Принципиальная схема четырехмерного гироскопа

Лагранжиан механической системы, изображенной на (рис.3), запишется как

$$T = \frac{1}{2}(M + 2m)v^2 + mr^2\omega^2 - 2mrv\omega \sin \phi, \quad (6)$$

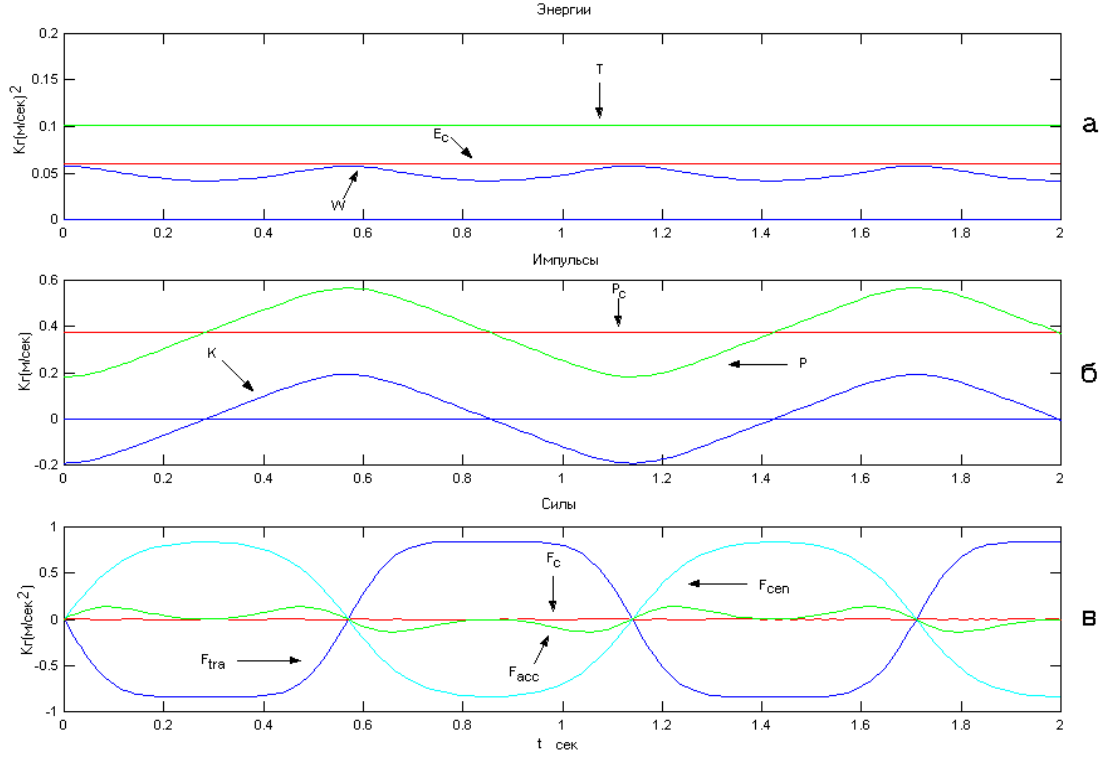


Рис. 4: Энергии (а), импульсы (б) и силы (в) четырехмерного гироскопа

где  $\omega = \dot{\phi}$ , а скорости

$$v = \dot{x}, \quad v_1^2 = v_{1x}^2 + v_{1y}^2, \quad v_{1y} = \dot{y}_1 = r\dot{\phi}\cos\phi, \quad v_{1x} = \dot{x}_1 = \dot{x} - r\dot{\phi}\sin\phi$$

определяются через расстояния  $x$ ,  $x_1 = x_2 = x + r\cos\phi$ ,  $y_1 = y_2 = r\sin\phi$ .

#### 4.1 Энергии четырехмерного гироскопа

Полную энергию можно так же представить в виде

$$T = E_c + W(1 - k^2 \sin^2 \phi) = const ,$$

где

$$E_c = \frac{(M + 2m)v_c^2}{2} = \frac{P_c^2}{2(M + 2m)} = const, \quad W = mr^2\omega^2, \quad k^2 = \frac{2m}{M + 2m}$$

и  $v_c$  - скорость центра масс системы.

Из этих соотношений следует пять типов энергий четырехмерного гироскопа ( на рис.4а изображены три основные -  $T$ ,  $E_c$  и  $W$ ):  $E = (M + 2m)v^2/2$  - энергия поступательного движения;  $W = mr^2\omega^2 = J\omega^2/2$   $J = 2mr^2$  - энергия вращательного движения;  $H = -2mrv\omega \sin \phi$  - энергия взаимодействия между поступательным и вращатель-

ным движениями;  $T = E + W + H = const$  - полная энергия и энергия центра масс  $E_c = (M + 2m)v_c^2/2$ .

На рис. 4 расчеты произведены для четырехмерного гироскопа со следующими параметрами:  $M = 850$  гр,  $m = 160$  гр,  $r = 10$  см, при начальных условиях  $x_0 = 5$  см,  $\phi_0 = \pi/2$ ,  $v_c = 35$  см/сек,  $\omega_0 = 6$  рад/сек.

## 4.2 Импульсы четырехмерного гироскопа

Координата центра масс системы  $N$  тел находится из соотношения

$$x_c = \frac{\sum_{i=1}^N m_i x_i}{\sum_{i=1}^N m_i}.$$

Используя эту формулу, находим в нашем случае

$$x_c = \frac{Mx + 2m(x + r \cos \phi)}{M + 2m} = x(t) + \frac{2mr}{M + 2m} \cos \phi(t). \quad (7)$$

Умножая это соотношение на  $(M+2m)$  и дифференцируя по времени, получим

$$P_c = (M + 2m)\dot{x}_c = (M + 2m)\dot{x} - 2mr\dot{\phi} \sin \phi, \quad (8)$$

При классическом подходе для свободного гироскопа выполняется условие

$$P_c = (M + 2m)\dot{x}_c = const.$$

Из соотношения (8) видно, что центра масс четырехмерного гироскопа состоит из ( см. рис. 4б):  $P = (M + 2m)\dot{x}$ - поступательного импульса и  $K = -2mr\dot{\phi} \sin \phi$  - вращательного импульса.

## 4.3 Поступательное уравнение движения

Дифференцируя импульс (8) по времени, получим уравнение поступательного движения

$$(M + 2m)\ddot{x}_c = (M + 2m)\ddot{x} - 2mr\dot{\omega} \sin \phi - 2mr\omega^2 \cos \phi = 0. \quad (9)$$

Это уравнение показывает, что в системе отсчета, связанной с центром масс четырехмерного гироскопа, на центр масс действуют три силы инерции ( см. рис. 4в):

1)поступательная сила инерции

$$F_{tra} = (M + 2m)\ddot{x} ;$$

2)проекция на ось  $x$  центробежной силы инерции

$$F_{cen} = -2mr\omega^2 \cos \phi ;$$



3) проекция на ось  $x$  силы инерции, вызванной ускорением вращения

$$F_{acc} = -2mr\dot{\omega}\sin\phi .$$

Сумма все сил, действующих на центр масс, равна нулю

$$F_c = F + G + R = 0,$$

поэтому системе отсчета, связанная с центром масс является *ускоренной локально инерциальной системой отсчета второго рода* [5].

Решение этого уравнения запишется как

$$\begin{aligned} v(t) &= v_c + B\omega(t)\sin\phi(t), & v_c &= B\omega_0\sin\phi_0 = const, \\ x(t) &= A + v_0t - B\cos\phi(t), & x_c &= A + v_0t, & B &= k^2r, \end{aligned}$$

где константы

$$x_0, \quad v_0, \quad \phi_0, \quad \omega_0, \quad A = x_0 + B\cos\phi_0 = const$$

определяются через начальные условия в момент времени  $t = 0$ .

#### 4.4 Вращательное уравнение движения

Подставляя лагранжиан (6) в уравнение Лагранжа (1), получим

$$2mr^2\ddot{\phi} - 2mr\ddot{x}\sin\phi = 0$$

или

$$\dot{\omega} - \frac{1}{r}\ddot{x}\sin\phi = 0. \tag{10}$$

Из поступательного уравнения (9) находим

$$\ddot{x} = B(\dot{\omega}\sin\phi + \omega^2\cos\phi), \quad B = rk^2.$$

Подставляя это соотношение в уравнение (10), получим

$$\dot{\omega} - k^2 \frac{\sin\phi\cos\phi}{1 - k^2\sin^2\phi}\omega^2 = 0, \quad 1 - k^2\sin^2\phi \neq 0 \tag{11}$$

или

$$\dot{\omega} - \frac{\sin\phi\cos\phi}{1/k^2 - \sin^2\phi}\omega^2 = 0.$$

Решая это уравнение, получим

$$\omega = \frac{\omega_0\sqrt{1 - k^2\sin^2\phi_0}}{\sqrt{1 - k^2\sin^2\phi}},$$

$$E(\phi(t), k) = \omega_0t\sqrt{1 - k^2\sin^2\phi} + E(\phi_0, k),$$

где  $E(\phi, k)$ —эллиптический интеграл второго рода, а константы  $\omega_0$ , и  $\phi_0$  определяются через начальные условия в момент времени  $t = 0$ .