

УДК 538.245

## ПАРУСНЫЙ ЭФФЕКТ И МОМЕНТ СИЛ САМОДЕЙСТВИЯ В ГИДРОМАГНИТОДИНАМИКЕ

Герасимов С.А., Прядченко В.В.

*Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону*

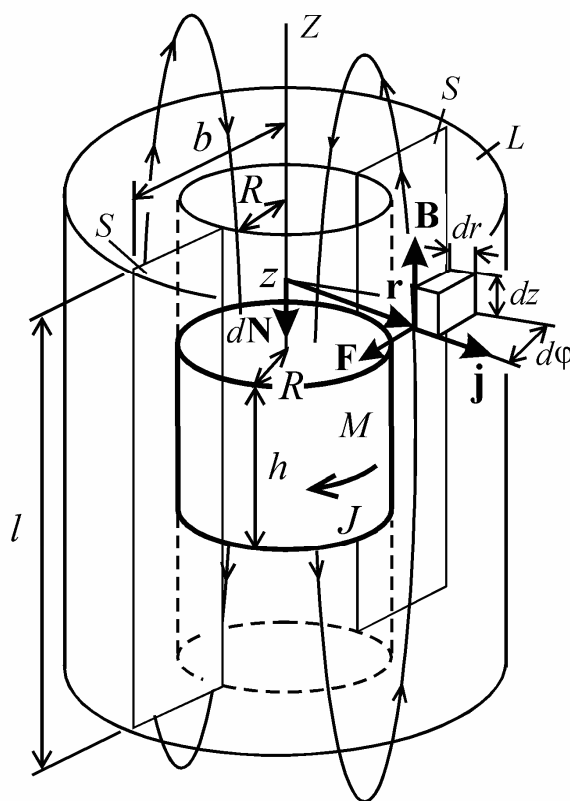
Подробная информация об авторах размещена на сайте

«Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

**Вычислен момент сил, с которым намагниченное тело и вращающаяся с ним электропроводящая жидкость действуют сами на себя. Момент сил, как оказалось, максимален при малой толщине слоя электропроводящей жидкости.**

Парусный эффект, по существу являющийся наглядной демонстрацией нарушения принципа равенства и коллинеарности действия и противодействия (третьего закона Ньютона) в магнитостатике, относится к редкому классу явлений, которые впервые были обнаружены экспериментально [1]. Вероятно, поэтому более или менее внятное теоретическое описание этого эффекта отсутствует. Обнаружение инверсного парусного эффекта, отличаю-

щегося повышенным значением вращательного момента (момента сил) [2], сделало теоретическое описание этого явления чрезвычайно актуальным. На самом деле этот эффект относится к области гидромагнитодинамики, позволяющей, как предполагается, выяснить особенности движения намагниченного тела, частично или полностью находящегося в электропроводящей жидкости.



**Рис. 1.** Схема расчета

Пусть электропроводящая жидкость  $L$ , в которой течет радиальный постоянный электрический ток плотности  $\mathbf{j}$ , находится между двумя цилиндрическими электро-

дами с радиусами  $R$  и  $b$  (рис. 1). Если  $I$  – сила тока, то его плотность на расстоянии  $r$  от оси симметрии  $Z$ :

$$\mathbf{j} = \frac{I}{2\pi r l}, \quad (1)$$

где  $l$  – высота электродов. Внутри электрода с меньшим радиусом находится цилиндрический магнит  $M$  высотой  $h$ , расположенный симметрично по отношению к электродам и к электропроводящей жидкости. Отличительной особенностью такой схемы является отсутствие так называемых боковых токов [3], являющихся мешающим фактором в изучении электромагнитного вращения.

На элемент объема жидкости  $dV=dzr d\varphi dr$ , находящийся в магнитном поле индукции  $\mathbf{B}$ , действует магнитная сила

$$d\mathbf{F} = [\mathbf{j} \times \mathbf{B}]dV. \quad (2)$$

Нас будет интересовать  $Z$ -компонента вращательного момента (момента сил)

$$d\mathbf{N} = (\mathbf{j}(\mathbf{B}r) - \mathbf{B}(\mathbf{j}r))dV, \quad (3)$$

поэтому имеет смысл рассматривать только  $Z$ -компоненту индукции магнитного поля, создаваемого намагниченным цилиндром:

$$B_z = -\frac{\mu_0 J R}{4\pi} \int_0^{2\pi} \left( \frac{l+z}{(R^2+r^2-2Rr \cos \psi + (l+z)^2)^{1/2}} - \frac{z}{(R^2+r^2-2Rr \cos \psi + z^2)^{1/2}} \right) \frac{R-r \cos \psi}{R^2+r^2-2Rr \cos \psi} d\psi, \quad (4)$$

где  $J$  – намагниченность. Поскольку

$$dN_z = -\frac{I}{2\pi h} B_z r dz d\varphi dr, \quad (5)$$

то интегрирование по углу  $\varphi$  в пределах от 0 до  $2\pi$  и по  $z$  в пределах  $-(h+l)/2 < z < (l-h)/2$  дает

$$-\frac{4\pi N_z}{\mu_0 J I R^2} = \frac{1}{\lambda} \int_1^\beta d\rho \int_0^{2\pi} d\psi \left( \sqrt{4+4\rho^2-8\rho \cos \psi + (\lambda+\eta)^2} - \sqrt{4+4\rho^2-8\rho \cos \psi + (\lambda-\eta)^2} \right) \frac{\rho(1-\rho \cos \psi)}{1+\rho^2-2\rho \cos \psi}, \quad (6)$$

где  $\rho=r/R$ ,  $\eta=h/R$ ,  $\lambda=l/R$ ,  $\beta=b/R$ .

Предполагается, что весь вращательный момент передается плоскостям (парусам)  $S$ , жестко соединенным с намагниченным телом. Это единственный “технический” аспект настоящей работы. В остальном же, все это имеет отношение к основным законам физики взаимодействия токов и намагниченных тел. Получается, что электропроводящая жидкость в магнитном поле заставляет вращаться источник этого поля. Ни к каким нарушениям

законов сохранения импульса, момента импульса и, тем более, сохранения энергии это не приводит [2]. Третий же закон Ньютона в незамкнутой системе выполняться не обязан [4].

Обратим внимание, при  $\beta \gg 1$  интеграл (6) зависит только от двух величин: приведенной высоты магнита  $\eta$  и приведенной толщины слоя  $\lambda$ . Поэтому результаты численного интегрирования, представленные на рис. 2, носят достаточно универсальный характер. Самое интерес-

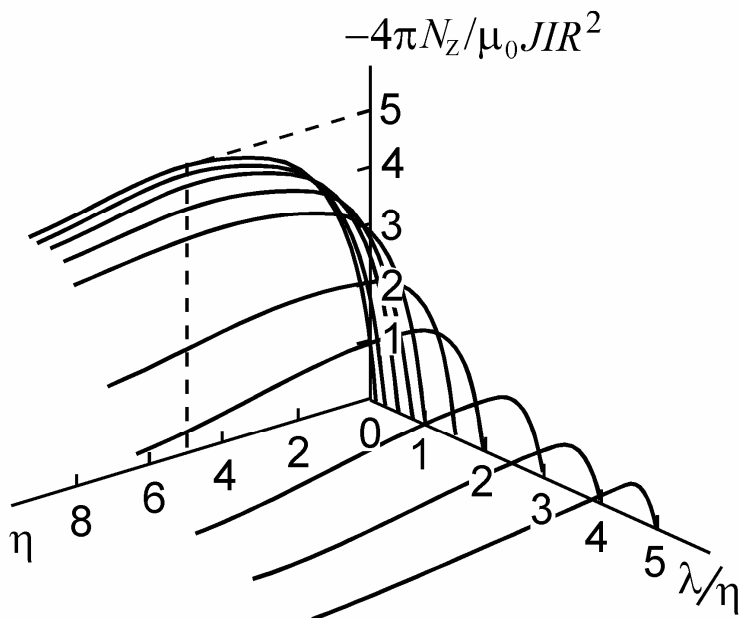
ное заключается в том, что при заданной величине силы тока  $I$  момент сил самодействия максимален при минимально воз-

можной толщине слоя электропроводящей жидкости. При этом максимум вращательного момента

$$N_z \approx \frac{5\mu_0 JIR^2}{4\pi} \quad (7)$$

имеет место при пятикратном превышении высоты магнита над его радиусом. Имеет смысл вычислить момент сил самодействия для параметров  $\lambda=\eta$  и  $\eta=1.6$ , частично соответствующих экспериментальным результатам [2]. Оказалось, что в этом случае  $N_z \approx 3.6\mu_0 JIR^2/4\pi$ , что при силе тока  $I=5A$  намагниченности  $J=2 \cdot 10^5 A/m$  и радиусе магнита  $R=0.065m$  составляет величину  $3.8 \cdot 10^{-4} N \cdot m$ . При этом отличие этого значения от экспериментального результата  $2 \cdot 10^{-4} N \cdot m$  [2] может быть объяснено не-

полной передачей вращательного момента электропроводящей жидкостью намагниченному телу. Несмотря на кажущуюся простоту работы, основной результат работы оказался достаточно оригинальным. Существование самодействия удалось подтвердить не только качественно, но и количественно. Поэтому всякие догматические заключения о нереальности этого явления [5] в дальнейшем едва ли следует воспринимать серьезно.



**Рис. 2.** Момент сил самодействия как функция приведенной высоты магнита  $\eta$  и приведенной толщины слоя электропроводящей жидкости  $\lambda$  при  $\beta \rightarrow \infty$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Герасимов С.А., Сташенко В.В. Парусный эффект в электромагнитном вращении. // Учебная физика. 2004. № 6. С. 29-37.
2. Герасимов С.А., Прядченко В.В. Инверсный парусный эффект в магнито-гидродинамике. // Вопросы прикладной физики. 2006. № 13. С. 72-73.

3. Сигалов Р.Г., Шаповалова Т.И., Каримов Х.Х., Самсонов Н.И. Магнитные поля и их новые применения. – М.: Наука. 1976. – 104с.
4. Герасимов С.А. Самодействие как оно есть. // Инженер. 2006. № 4. С. 12-14.
5. Graneau N. The Finite Size of the Metallic Current Element. // Physics Letters A. 1990. V. 147. No 2-3. P. 92-96.

**SAIL-EFFECT AND SELF-TORQUE IN HYDROMAGNETODYNAMICS**

Gerasimov S.A., Pryadchenko V.V.

*South Federal University, Rostov-on-Don*

The torque by means of which both the magnetized body and the electrically conducting liquid act on themselves is calculated. It is found out that the torque is maximal for a thin layer of the liquid.