

# Уравнение водоворота

## Оглавление

1. Введение
  2. Основная математическая модель
  3. Уравнения гидродинамики для водоворота
  4. Вычислительный алгоритм
  5. Анализ уравнений водоворота
  6. Выводы
- Литература

## Аннотация

Недавно появилась математическая модель океанических водоворотов [1], которая практически полностью совпадает с моделями, построенными для космических черных дыр. Сходство между водоворотами и черными дырами обнаруживается в том, что нечто, оказавшееся вблизи этих объектов, вовлекается в них и никогда не возвращается. Столь далекая аналогия подчеркивает (на наш взгляд), как далека от завершения математическая модель водоворотов. Ниже автор тоже предпринимает попытку построения такой модели. Предлагаемая модель, как и вышеупомянутая, строится на базе одной теории – теории относительности. Но предлагаемая модель более приземлена (или, если хотите, приводнена), поскольку используются также и уравнения гидродинамики, и следствия из теории относительности, выполняющиеся только в условиях слабого земного притяжения.

Интересен еще вопрос об источнике энергии, позволяющей водовороту длительное время вращаться в окружении неподвижных вод. Этот вопрос становится еще более важным в связи с тем, что именно водовороты (а не Луна) являются источниками энергии для приливов и отливов [2]. В [1] источник энергии водоворотов не анализируется. Ниже показывается, что этим источником является гравитационное поле Земли.

---

## 1. Введение

В предлагаемой ниже математической модели водоворота используется система максвеллоподобных уравнений гравитации [6]. Модель основана на следующих предположениях. Движение воды уподобляется массовым токам. Массовые токи в гравитационном поле описываются максвеллоподобными уравнениями гравитации [6] (далее – МПГ-уравнениями). Взаимодействие между движущимися массами описывается гравитомагнитными силами Лоренца (далее ГЛ-силы), аналогичными силам Лоренца в электродинамике, действующими между движущимися электрическими зарядами. ГЛ-силы имеют вид

$$F_L = J \times B, \quad (1)$$

где гравитомагнитная индукция

$$B = G\xi H, \quad (2)$$

Здесь  $G$  - гравитационная постоянная,  $\xi$  - гравитомагнитная проницаемость среды. Необходимо пояснить смысл этой величины. В [6] анализируются недавние результаты работ Самохвалова, который задумал и выполнил серию неожиданных и удивительных экспериментов. Эти эксперименты в [6] объясняются наличием гравитомагнитных сил Лоренца. Важно отметить, что наблюдаемые эффекты настолько значительны, что для их объяснения в рамках указанных максвеллоподобных уравнений гравитации необходимо дополнить эти уравнения некоторым эмпирическим коэффициентом  $\xi$ . Грубая оценка гравитационной проницаемости вакуума  $\xi \approx 10^{10}$ , но она резко уменьшается с увеличением давления. Можно полагать, что воздух является экраном для магнитогравитационной индукции благодаря тому, что в нем под действием этой индукции возникают массовые токи (аналогичные токам Фуко. Тогда надо ожидать, что в воде, где массовые токи воды взаимодействуют без воздушного экрана, величина гравитационной проницаемости приближается к указанному значению для вакуума.

Итак, в потоках воды действуют ГЛ-силы (1, 2) или

$$F_L = G\xi(J \times H). \quad (3)$$

В водовороте токи создают напряженности; токи вместе с напряженностями создают силы Лоренца; силы Лоренца воздействуют на массы, движущиеся в токе, изменяя тем самым направление токов. Все эти процессы вместе описываются уравнениями Максвелла, в которых силы Лоренца исключены.

---

Однако эти процессы можно проследить последовательно и связать их с уравнениями Максвелла. Ниже мы рассмотрим это подробнее. Впрочем, аналогичный анализ можно проделать и для провода с постоянным током [4].

Массовые токи в водовороте циркулируют по горизонтальным сечениям водоворота и по вертикали. Кинетическая энергия такой циркуляции расходуется на потери от внутреннего трения. Она поступает от гравитирующего тела - Земли. Потенциальная энергия водоворота не изменяется и, следовательно, не расходуется. Т.е. в этом случае нет преобразования потенциальной энергии в кинетическую и обратно. Однако гравитирующее тело расходует свою энергию на создание и поддержание массовых токов - см. приложение в [3].

## 2. Основная математическая модель

Предлагаемую математическую модель интересно сопоставить с реальным водоворотом – см. рис. 0.



Рис. 0а.



Рис. 0в.

МПГ-уравнения для гравитомангнитных напряженностей  $H$  и плотностей массовых токов  $J$  в стационарном гравитомангнитном поле имеют вид:

$$\operatorname{div}(H) = 0, \quad (1)$$

$$\operatorname{rot}(H) = J, \quad (2)$$

При моделировании водоворота будем использовать цилиндрические координаты  $r, \varphi, z$ . Тогда МПГ-уравнения примут вид:

$$\frac{H_r}{r} + \frac{\partial H_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial H_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial H_z}{\partial z} = 0, \quad (3)$$

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial H_z}{\partial \varphi} - \frac{\partial H_\varphi}{\partial z} = J_r, \quad (4)$$

$$\frac{\partial H_r}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial r} = J_\varphi, \quad (5)$$

$$\frac{H_\varphi}{r} + \frac{\partial H_\varphi}{\partial r} - \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial H_r}{\partial \varphi} = J_z. \quad (6)$$

Кроме того, токи должны удовлетворять условию непрерывности

$$\operatorname{div}(J) = 0, \quad (7)$$

или, в цилиндрических координатах,

$$\frac{J_r}{r} + \frac{\partial J_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial J_\varphi}{\partial \varphi} = 0. \quad (8)$$

Эти уравнения описывают, в сущности, процессы взаимодействия токов, напряженностей и сил Лоренца, а именно

1. напряженность гравитационного поля направлена вдоль оси водоворота,
2. она создает вертикальный поток масс - массовый ток  $J_z$ ,
3. вертикальный ток  $J_z$  формирует кольцевое гравитомагнитное поле с напряженностью  $H_\varphi$  и радиальное гравитомагнитное поле  $H_r$  - см. (6),
4. гравитомагнитное поле  $H_\varphi$  отклоняет ГЛ-силами массы вертикального потока в радиальном направлении, создавая радиальный поток масс - радиальный массовый ток  $J_r$ ,
5. гравитомагнитное поле  $H_\varphi$  отклоняет ГЛ-силами массы радиального потока перпендикулярно радиусам, создавая вертикальный массовый ток  $J_z$ ,
6. гравитомагнитное поле  $H_r$  отклоняет ГЛ-силами массы вертикального потока перпендикулярно радиусам, создавая кольцевой массовый ток  $J_\varphi$ ,
7. гравитомагнитное поле  $H_r$  отклоняет ГЛ-силами массы кольцевого потока перпендикулярно радиусам, создавая вертикальный массовый ток  $J_z$ ,
8. массовый ток  $J_r$  формирует вертикальное гравитомагнитное поле  $H_z$  и кольцевое гравитомагнитное поле  $H_\varphi$ , - см. (4),
9. массовый ток  $J_\varphi$  формирует вертикальное гравитомагнитное поле  $H_z$  и радиальное гравитомагнитное поле  $H_r$  - см. (5),

10. массовый ток  $J_z$  формирует кольцевое гравитомагнитное поле  $H_\varphi$  и радиальное гравитомагнитное поле  $H_r$  - см. (6),

ГЛ-силы можно найти следующим образом. Преобразуем (1.3):

$$F_L = G \cdot \xi \cdot S_o. \quad (9)$$

где

$$S_o = (J \times H). \quad (10)$$

Это векторное произведение в цилиндрических координатах имеет вид [5]:

$$S_o = \begin{bmatrix} S_r \\ S_\varphi \\ S_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_\varphi H_z - J_z H_\varphi \\ J_z H_r - J_r H_z \\ J_r H_\varphi - J_\varphi H_r \end{bmatrix} \quad (11)$$

Таким образом, при известном решении системы уравнений (3-6, 8) могут быть найдены ГЛ-силы по (9-11).

### 3. Уравнения гидродинамики для водоворота

Водоворот, как движение воды, удовлетворяет также уравнению Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости. Для стационарного течения это уравнение имеет следующий вид (см., например, [6]):

$$\operatorname{div}(v) = 0, \quad (16)$$

$$\nabla p - \mu \cdot \Delta v + \rho(v \cdot \nabla)v - \rho F_m = 0, \quad (17)$$

где

$\rho$  - постоянная плотность воды,

$\mu$  - коэффициент внутреннего трения,

$p$  - давление,

$v$  - скорость течения в данной точке, вектор,

$F_m$  - массовая сила, вектор.

Массовый ток и скорость течения связаны очевидным соотношением

$$J = \rho \cdot v, \quad (18)$$

Следовательно, уравнения (7) и (16) идентичны, а уравнение (17) можно переписать в виде

$$\nabla p - \frac{\mu}{\rho} \cdot \Delta J + \frac{1}{\rho} (J \cdot \nabla) J - \rho \cdot F_m = 0. \quad (19)$$

Массовыми силами здесь являются ГЛ-силы  $F_L$  и силы тяжести  $P$

$$F = \{F_L, P\}. \quad (20)$$

При определенных токах и напряженностях эти силы могут быть вычислены по (2.9-2.11). При известных токах и силах по (19) может быть найдено давление. Следовательно, система уравнений

$$(2.3-2.6, 2.8-2.11, 19, 20) \quad (21)$$

является системой уравнений водоворота, позволяющей найти распределение скоростей и давлений в теле водоворота.

## 4. Вычислительный алгоритм

Решение системы (3-6, 8) в виде сепарабельных относительно координат функций имеет следующий вид (что можно проверить непосредственной подстановкой):

$$H_{r.} = \eta \cdot (f_1(r) \sin(\varphi) + f_8(r)) sh(\eta \cdot z), \quad (1)$$

$$H_{\varphi.} = \eta \cdot (f_1(r) \cos(\varphi) + f_2(r)) sh(\eta \cdot z), \quad (2)$$

$$H_{z.} = f_3(r) \sin(\varphi) \cdot ch(\eta \cdot z), \quad (3)$$

$$J_{r.} = \eta^2 (f_4(r) \cos(\varphi) - f_2(r)) \cdot ch(\eta \cdot z), \quad (4)$$

$$J_{\varphi.} = \eta^2 (-f_4(r) \sin(\varphi) + f_8(r)) \cdot ch(\eta \cdot z), \quad (5)$$

$$J_z = \eta \cdot (f_3(r) \cos(\varphi) + f_{10}(r)) sh(\eta \cdot z), \quad (6)$$

где

$$f_1 = \left[ 1 - \beta + \frac{1}{r} + \frac{2}{r^2} \right] \mathcal{G} e^{-\beta r}, \quad (7)$$

$$f_2(r) = -m \cdot r^{-4}, \quad (8)$$

$$f_3 = \left[ \beta^2 - \beta - \frac{\beta}{r} - \frac{1}{r^2} (1 + 2\beta) - \frac{4}{r^3} \right] \mathcal{G} e^{-\beta r}, \quad (9)$$

$$f_4(r) = r \mathcal{G} e^{-\beta r}, \quad (10)$$

$$f_8(r) = h e^{-\ln(r)}, \quad (11)$$

$$f_{10}(r) = 4m \cdot r^{-5}. \quad (12)$$

$h, \omega, \mathcal{G}, \beta, m, \eta$  – некоторые константы.

Алгоритм решения системы (3.21) может быть, например, таким:

1. определяются напряженности и токи по (1-6),

2. определяются ГЛ-силы по (2.9-2.11),
3. определяются массовые силы по (3.20),
4. определяются давления по (3.19).

## 5. Анализ уравнений водоворота

Далее мы будем анализировать решение (4.1-4.6).

Начало координат расположим на поверхности океана, а ось  $oz$  направим вертикально вверх. Тогда  $z < 0$  величина  $\eta \cdot sh(\eta \cdot z) < 0$  и направление тока определяется из условия:

$$\text{sign}(J_z) = \text{sign}(f_{10}(r) + f_3(r) \cos(\alpha\varphi)),$$

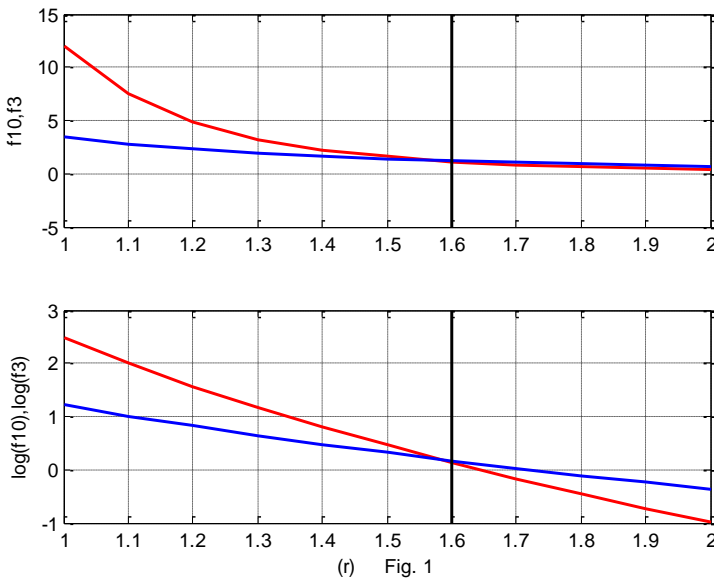
причем ток направлен вверх или вниз, если  $\text{sign}(J_z) < 0$  или  $\text{sign}(J_z) > 0$  соответственно. Отсюда следует, что

1. при  $\text{sign}(J_z) < 0$  или  $f_{10}(r) < -f_3(r)$  ток  $J_z$  направлен вверх,
2. при  $\text{sign}(J_z) > 0$  или  $f_{10}(r) > -f_3(r)$  ток  $J_z$  направлен вниз,
3. существует некоторый радиус  $r = R_b$ , при котором

$$f_{10}(R_b) + f_3(R_b) = 0 \text{ и среднее значение тока } J_z \text{ равно нулю.}$$

Назовем  $R_b$  радиусом "вертикального спокойствия". Обозначим

$$f_{30}(r) = \{f_{10}(r) + f_3(r)\}.$$

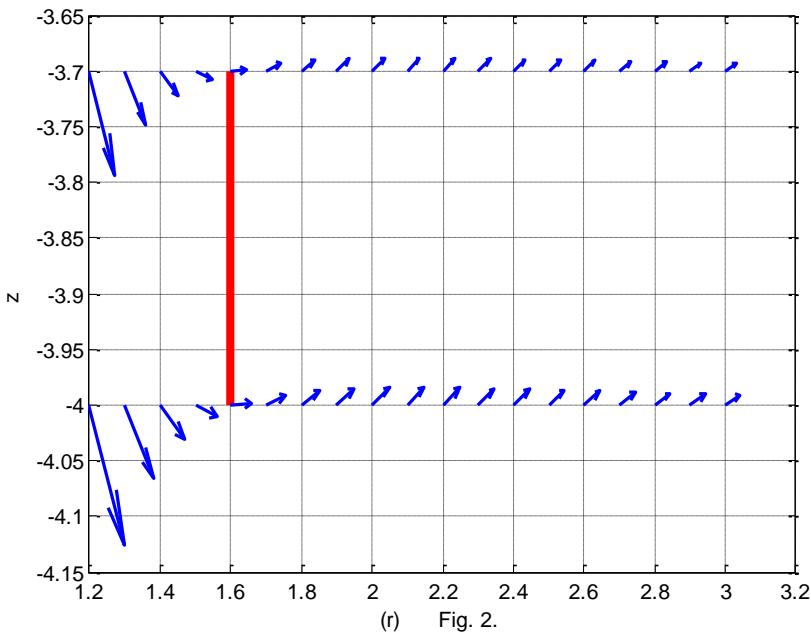


(г) Fig. 1

На рис. 1 показаны функции  $f_{10}(r)$ ,  $f_3(r)$  при  $\vartheta=1$ ,  $\beta=0.8$ ,  $m=3$ . При этом в верхнем окне показаны эти функции, а в нижнем – их логарифмы. Показана также вертикаль при том значении  $r = R_b = 1.6$ , когда  $f_{30}(r) = 0$ .

Итак, существует некоторый радиус "вертикального спокойствия", на котором отсутствует вертикальный ток воды отсутствует ( $J_z \approx 0$ ), а ближе к центру водоворота ток воды направлен вниз ( $J_z < 0$ ), но при удалении от этого радиуса вода поднимается вверх ( $J_z > 0$ ). Таким образом, вода окружающего океана вливается в воронку с этим радиусом "вертикального спокойствия". На уровне океана  $z=0$  и вертикальные токи отсутствуют.

Рассмотрим векторное поле токов  $J_r$ ,  $J_z$  в вертикальной плоскости сечения водоворота. На рис. 2 представлены два фрагмента этого поля для частей плоскости  $r = 1.2, 3.5$  и  $z = [-3.7, -4]$  при том же значении констант. Показана также "вертикаль спокойствия".

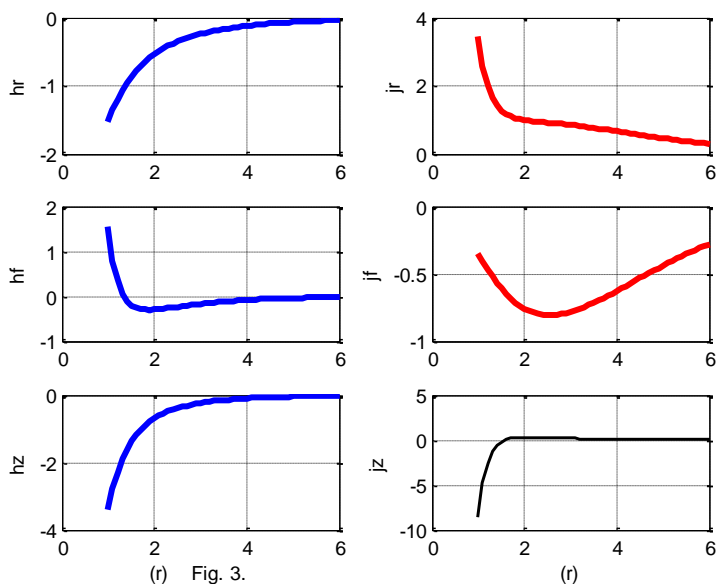


(r) Fig. 2.



Таким образом, массовые токи в водовороте циркулируют по вертикали. При этом в малой центральной области масса воды с большой скоростью опускается вниз, а в отдаленной, но значительной по объему области с малой скоростью поднимается вверх. Кинетическая энергия такой циркуляции расходуется только на потери от внутреннего трения. Потенциальная энергия водоворота не изменяется и, следовательно, не расходуется. Т.е. в этом случае нет преобразования потенциальной энергии в кинетическую и обратно. Однако (как уже указывалось) гравитирующее тело расходует свою энергию на создание и поддержание массовых токов - см. приложение в [3].

Рассмотрим те части сепарабельных функций (1-6), которые зависят от координаты  $r$ . На рис. 3 представлены графики этих частей  $h_r, h_\varphi, h_z, j_r, j_\varphi, j_z$  при  $m=3, g=12, \beta=0.8, \eta=1, h=0.1$ .



Рассмотрим векторное поле токов  $J_r, J_\varphi$  в горизонтальной плоскости водоворота. На рис. 4 представлены две окружности с радиусами 2 и 4 при том же значении констант. Видно, что распределение векторов напоминает рис. 0.

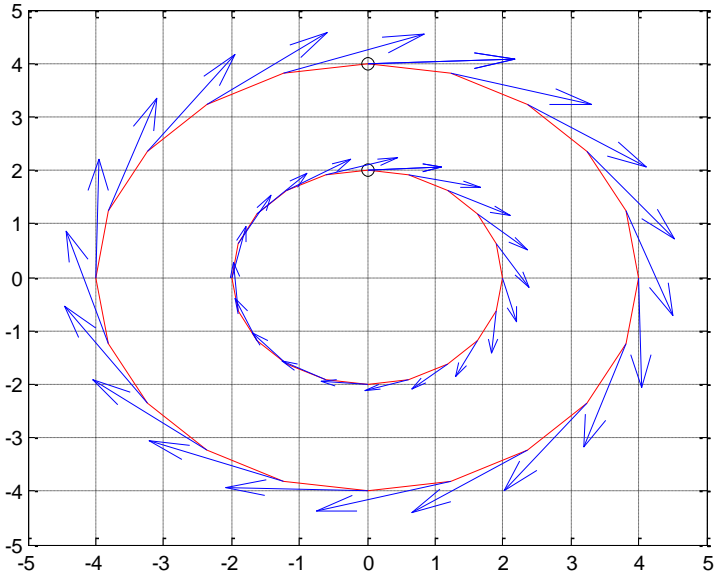


Fig. 4.

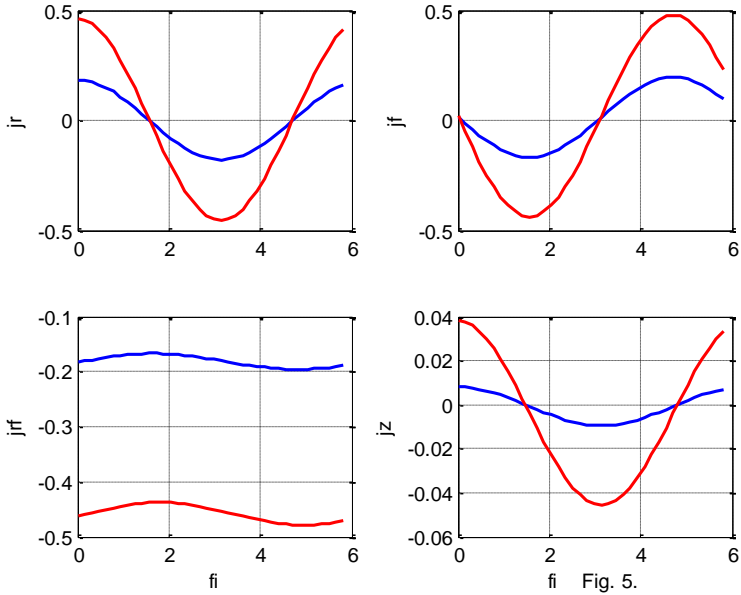


Fig. 5.

Рассмотрим еще функции (1-6) в зависимости от  $\varphi$  при различных значениях координаты  $r$  в горизонтальной плоскости при  $z = 0$ . На рис. 5 представлены графики функций

---

$J_r, J_\varphi, J_{r\varphi} = \sqrt{J_r^2 + J_z^2}, J_z$  при вышеуказанных значениях констант. Нижние графики относятся к значению  $r = 5$ , а верхние – к значению  $r = 7$ .

## 6. Выводы

На основе принятых предположений построена система уравнений водоворота и найдено одно из возможных решений. Это решение объясняет наблюдаемые явления, а именно

- вертикальную циркуляцию воды: активное падение воды в центре водоворота и подъем воды из глубин с низкой скоростью, но на большом пространстве,
- горизонтальное вращение воды по окружности с формированием линейных волн, образующих некоторый угол к касательной этой окружности,
- существование источника энергии водоворота в спокойном океане.

## Литература

1. Francisco J. Beron-Vera, Yan Wang, María J. Olascoaga, Gustavo J. Goni, George Haller, Objective Detection of Oceanic Eddies and the Agulhas Leakage. *J. Phys. Oceanogr.*, 43, 1426–1438, 2013
2. Хизиров Ю.С. Приливы и отливы - результат прецессии водоворотов. «Доклады независимых авторов», изд. «DNA», ISSN 2225–6717, Россия – Израиль, 2015, вып. 33, ISBN 978-1-329-02052-8, printed in USA, Lulu Inc., ID 16537771.
3. Хмельник С.И. Математическая модель песчаного вихря, там же и <http://vixra.org/pdf/1504.0169v3.pdf>
4. Хмельник С.И. Структура постоянного тока, там же и <http://vixra.org/pdf/1503.0241v2.pdf>
5. Хмельник С.И. Структура потока электромагнитной энергии в проводе с постоянным током, там же и <http://vixra.org/pdf/1504.0061v1.pdf>
6. Хмельник С.И. Еще об экспериментальном уточнении максвеллоподобных уравнений гравитации, «Доклады независимых авторов», изд. «DNA», printed in USA, ISSN 2225-6717, Lulu Inc., ID 14407999, Россия-Израиль, 2014, вып. 25, ISBN 978-1-304-86256-3,

---

<http://lib.izdatelstwo.com/Papers/25.62.pdf>, см. также  
<http://vixra.org/pdf/1404.0089v1.pdf>

7. Хмельник С.И. Уравнения Навье-Стокса. Существование и метод поиска глобального решения. Вторая редакция, 2011, изд. "МиС", printed in USA, Lulu Inc., ID 9971440, ISBN 978-1-4583-1953-1.