

energy accumulator can be made in the form of a direct current or valve electric machine, on the shaft of which a super flywheel is fixed. When connecting an electric machine to a power source, a non-stationary process occurs, described by two differential equations: one for mechanical quantities, the other for electrical ones. The mechanical energy accumulator can be interpreted as an artificial electric capacitor that stores and gives off not the energy of the electric field, but the kinetic energy of the super flywheel rotation.

**Keywords:** tractor, load, towing, trailer, battery, energy, electric machine.

### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

*PAVLOV Valentin Dmitrievich* – Candidate of Technical Sciences, Head of the Scientific and Information Department, Vladimir Electromechanical Plant, 127, Noyabrskaya street, Vladimir, 600901, Russia. E-mail: pavlov.val.75@mail.ru

### CITATION FOR AN ARTICLE

Pavlov V.D. Electromechanical battery // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2025. No. 3 (27), pp. 47–53.

УДК 537.611

## СВОЙСТВА МАГНИТНЫХ МОНОПОЛЕЙ И СИЛОВЫЕ ЛИНИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

*И.П. Попов*

*Курганский государственный университет (г. Курган)*

© Попов И.П., 2025

**Аннотация.** В статье изложено дополнение к ранее установленному факту, что магнитные заряды  $\mu = q\mathbf{v}$ ,  $\mu_e = -e\mathbf{v}$ ,  $d\mu = Id\mathbf{l}$  создают потенциальное сферическое магнитное поле, которое удовлетворяет теореме Гаусса. Указано, что силовые линии магнитного поля исключительно радиальные, т.е. начинаются на одном магнитном заряде и заканчиваются на другом. Между соосными магнитными зарядами  $\mu = q\mathbf{v}$ ,  $\mu_e = -e\mathbf{v}$ ,  $d\mu = Id\mathbf{l}$  действуют силы, как и между параллельными. Отмечено, что теория магнитных монополей и зарядов лучше удовлетворяет экспериментальным данным, чем классическая электродинамика. Это касается осевого взаимодействия и третьего закона Ньютона.

**Ключевые слова:** магнитный монополь, магнитный заряд, магнитное поле, силовые линии, дивергенция, электродинамика, осевое взаимодействие.

**DOI: 10.46573/2658-7459-2025-3-53-60**

### ВВЕДЕНИЕ

Представление магнитных монополей Дирака, Хофта – Полякова, Уруцкого и других не вызывает сомнения.

Представление магнитных монополей в виде [1]

$$\mu = q\mathbf{v}; \quad (1)$$

$$\mu_e = -e\mathbf{v}; \quad (2)$$

$$d\mu = Id\mathbf{l}, \quad (3)$$

где  $q$  – электрический заряд;  $\mathbf{v}$  – скорость;  $e$  – заряд электрона;  $I$  – электрический ток;  $d\mathbf{l}$  – элемент проводника, вызвало критику у научного сообщества. При этом монополи Дирака, Хофта – Полякова, Уруцкоева и прочие в природе не существуют, а монополи (1)–(3) широко распространены.

Целью работы является освещение не раскрытых в источнике [1] свойств магнитных зарядов (1)–(3) в связи с возникшими конструктивными критическими замечаниями.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Аргументы и контраргументы

*Первый аргумент критики:* гравитационный и электрический заряды являются скалярами, а величины (1)–(3) – векторами, поэтому они ((1)–(3)) не могут быть зарядами.

*Контраргумент.* Если бы эта логика работала, тогда из того обстоятельства, что гравитационный и электростатический потенциалы являются скалярами, следовало бы, что векторный потенциал не может быть потенциалом.

*Второй аргумент критики:* автор называет магнитным зарядом то (элемент электрического тока), что им не является (хотя бы потому, что введенная автором величина не сохраняется).

*Контраргумент.* Электрический заряд тоже не сохраняется (при аннигиляции электрона и позитрона). Гравитационный заряд не сохраняется (дефект массы и аннигиляция), что не мешает электрическому и гравитационному зарядам оставаться именно зарядами.

*Третий аргумент критики:* силовые линии (например, электростатического поля) начинаются и заканчиваются на электрических зарядах, а силовые линии магнитного поля, обусловленные протеканием тока по проводнику, представляют собой замкнутые линии вокруг проводника.

*Контраргумент.* Поскольку одной фразой ответ не сформулировать, ему отводится следующая часть статьи.

### О силовых линиях

Силовая линия поля – это линия, вдоль которой направлена сила, действующая со стороны поля на заряд.

На рис. 1 показано силовое взаимодействие двух монополей с зарядами  $I_1 d\mathbf{l}_1$  и  $I_2 d\mathbf{l}_2$  посредством магнитного поля [1].

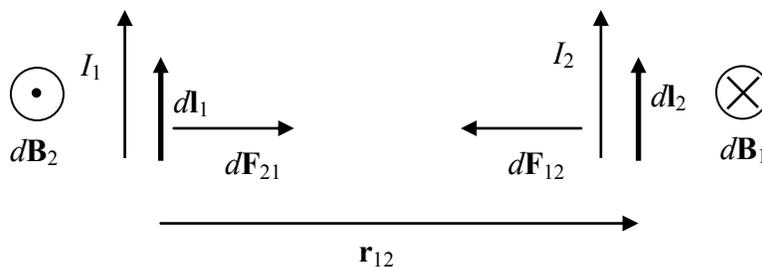


Рис. 1. Взаимодействие магнитных монополей

Не вызывает разночтений тот факт, что силовая линия, необходимо совпадающая с направлением силы, начинается на одном магнитном заряде и заканчивается на другом.

Несмотря на то, что линии  $d\mathbf{B}_1$  и  $d\mathbf{B}_2$  (их следы обозначены  $\otimes$  и  $\ominus$ ) долгое время называются силовыми, на самом деле они таковыми не являются. Это эквипотенциальные линии.

Данное заблуждение возникло из-за школьных опытов по визуализации силовых линий с помощью железных опилок.

На рис. 2 показаны силы взаимодействия между током  $I$ , протекающим в вертикальном элементе проводника  $d\mathbf{l}$ , и эквивалентным круговым микротоком  $I_{12}$  в опилке, протекающим в элементах  $d\mathbf{l}_1$  и  $d\mathbf{l}_2$ .

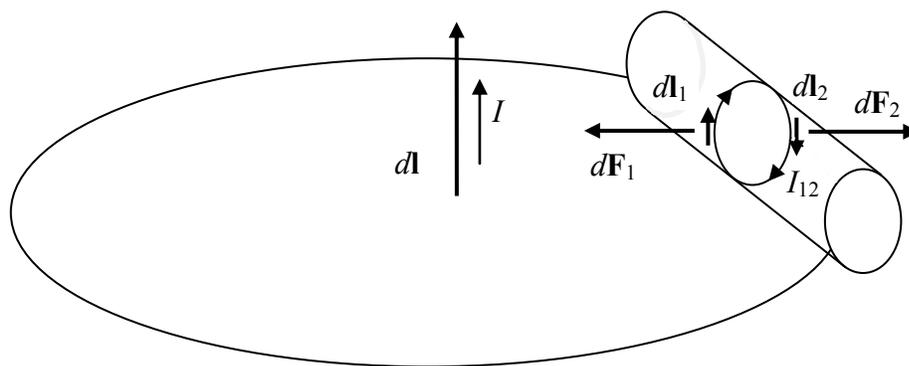


Рис. 2. Ориентация железных опилок

Фактические силы  $d\mathbf{F}_1$  и  $d\mathbf{F}_2$  являются радиальными. Именно эта пара сил ориентирует опилку под прямым углом к радиусу.

При этом у школьников создается иллюзия возникновения другой пары сил, якобы тянущих опилку за концы в противоположных направлениях вдоль окружности, на основе чего формируется устойчивый миф о вихревом характере статического магнитного поля.

Концентрическими являются ориентации опилок. В этом направлении (круговом) не действуют никакие силы. Поэтому в этой ситуации круговых силовых линий быть не может. Силовые линии исключительно радиальные, т.е. начинаются на одном магнитном заряде и заканчиваются на другом.

### Аргументы и контраргументы

*Четвертый аргумент критики:* при наличии электрических зарядов в исследуемом объеме в теореме Гаусса правая часть не равна 0, а при записи принципа непрерывности силовых линий магнитного поля в правой части всегда 0.

*Контраргумент* одной фразой не сформулировать, поэтому ему отводится следующая часть статьи.

### Дивергенция магнитного поля

Поскольку статическое магнитное поле является не вихревым, а радиальным, совершенно неудивительно, что для него правая часть теоремы Гаусса не может равняться нулю.

В источнике [1] показано, что между соосными магнитными зарядами (1)–(3) действует сила, как и между параллельными. В связи с этим не вызывает вопросов то, что дифференциал магнитного заряда (1)–(3) создает потенциальное сферическое магнитное поле, которое, безусловно, удовлетворяет теореме Гаусса. Это строго доказано в источнике [2].

$$\oint_S \mathbf{B}_r \cdot d\mathbf{l} = \left\{ \sum I \Delta l + \sum I_{cm} \Delta l \right\};$$

$$\operatorname{div} \mathbf{B}_r \left\{ \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right\} = \nabla \cdot \mathbf{B}_r \left\{ \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right\} = \left\{ \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right\};$$

$$\left\{ \operatorname{div} \mathbf{B}_r \left\{ \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right\} \right\} = \mathbf{j} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}.$$

Фигурные скобки здесь являются частью формализма векторной алгебры применительно к рассматриваемому случаю [2].

### Аргументы и контраргументы

*Пятый аргумент критики:* несмотря на все попытки найти частицы с магнитным зарядом, они так и не были обнаружены.

*Контраргумент.* Магнитные монополи обнаружены [1]. На основе (1)–(3) можно сделать вывод, что эти объекты реально существуют.

*Шестой аргумент критики:* классическая электродинамика основывается на уравнениях Максвелла, определяющих поля  $E$  и  $H$  по заданному распределению токов и зарядов, и на выражении для силы Лоренца, определяющем силу, действующую на движущийся заряд со стороны полей  $E$  и  $H$ . Эти соотношения есть результат обобщения бесчисленного множества экспериментальных данных. Поэтому модификация какого-либо из этих соотношений (наподобие формулы (1)) будет противоречить эксперименту почти наверняка.

*Контраргумент.* Теория Максвелла противоречит результатам экспериментов, выполненных Ампером [3], установившим взаимодействие соосных токов. Элементы теории магнитных зарядов [1] не противоречат экспериментальным данным.

*Седьмой аргумент критики:* в работе не приводится никакого сравнения модифицированной теории с экспериментом.

*Контраргумент.* Сравнение приводится: одноименные магнитные заряды притягиваются друг к другу, а разноименные отталкиваются [1].

*Восьмой аргумент критики:* действительно, для элементов тока двух проводников третий закон Ньютона не соблюдается. Однако элементы тока не являются самостоятельными объектами. Как нетрудно убедиться, для двух замкнутых электрических цепей третий закон Ньютона соблюдается.

*Контраргумент.* Заряженные космические частицы являются самостоятельными объектами. Они не являются замкнутыми электрическими цепями. Для них третий закон Ньютона не соблюдается, и этому нет никакого объяснения.

*Девятый аргумент критики:* статья не актуальна. Все, что связано с магнитными зарядами, уже было исследовано.

*Контраргумент.* Все, что касается магнитных зарядов, не могло быть исследовано, так как до публикации статьи [1] не были описаны сами магнитные заряды. То, что было описано ранее (монополи Дирака, Хофта – Полякова, Уруцкоева и др.), в природе не существует (в отличие от (1)–(3)).

*Десятый аргумент критики:* то, что автор назвал  $Idl$  магнитным зарядом, принято называть элементом тока.

*Контраргумент.* Здесь нет никакого противоречия. То, что принято называть камнем, древние считали оружием. Как принято называть  $\mu = qv$ , тоже называемый автором магнитным зарядом? Данный вопрос является риторическим.

*Одиннадцатый аргумент критики:* согласно определению, магнитный монополь есть частица (возможно, элементарная), представляющая из себя однополюсный магнит.

*Контраргумент.* Определение может описывать сложное понятие более простыми элементами (не наоборот). Данное определение некорректное, так как оно описывает простое (возможно, элементарное) понятие «магнитный монополь» сложным понятием «магнит» (представляющий собой суперпозицию орбитальных и спиновых магнитных потоков). Иначе: магнит – это суперпозиция магнитных монополей. Так же, как и дом, это композиция из кирпичей. Дом с помощью кирпичей определить можно, а кирпич через дом – нет. То же и с магнитом.

Корректным и унифицированным определением является следующее.

(\*) *Магнитный заряд – это физический объект, создающий магнитное поле и взаимодействующий посредством него с другими магнитными зарядами.*

Можно заменить слово «магнитный» на «электрический» или «гравитационный». Получатся корректные определения соответствующих зарядов [4–7].

*Двенадцатый аргумент критики:* в работе предложена модель монополя, которая не соответствует общепринятому определению (тому, где магнит).

*Контраргумент.* И это правильно, поскольку оно (определение) вызывает много нареканий (см. выше).

*Тринадцатый аргумент критики:* простой аналогии между законом Кулона, законом всемирного тяготения и, соответственно, законом Ампера недостаточно для того, чтобы получить магнитный заряд.

*Контраргумент.* Возникает вопрос: почему это так?

Кроме того, аналогия не такая простая. Она полностью соответствует определению (\*) [8–11], что является достаточным условием.

*Четырнадцатый аргумент критики:* ... и отсюда определяется магнитный заряд как  $\mu = qv$ . Но в определении магнитного заряда стоит скорость его движения, следовательно, его величина зависит от выбора системы отсчета, а это неприемлемо.

*Контраргумент.*

Масса электрона

$$m_e = \frac{e^2 \mu_0}{4\pi a_0 \alpha^2}.$$

Отсюда заряд электрона

$$e = \frac{2\pi^{0.5} a_0^{0.5} \alpha m_e^{0.5}}{\mu_0^{0.5}}.$$

Однако

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

Существует непринятие этой формулы. Тем не менее ее несостоятельность не доказана, так что отрицание преждевременно.

В результате

$$e = \frac{2\pi^{0.5} a_0^{0.5} \alpha m_e^{0.5}}{\mu_0^{0.5}} \frac{1}{(1-v^2/c^2)^{0.25}}.$$

Другими словами, величина электрического заряда тоже зависит от скорости, а следовательно, от выбора системы отсчета.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе аргументов критики (в дополнение к изложенному в статье [1]) установлено, что магнитные заряды (1)–(3) создают потенциальное сферическое магнитное поле, которое, безусловно, удовлетворяет теореме Гаусса, а именно: поток вектора магнитной индукции сквозь произвольную замкнутую поверхность равен векторной сумме заключенных внутри этой поверхности магнитных зарядов.

Силовые линии магнитного поля, начинающиеся на одном магнитном заряде и заканчивающиеся на другом, являются радиальными.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов И.П. Магнитный заряд. Осевое взаимодействие проводников с токами // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2025. № 1 (25). С. 67–73. DOI: 10.46573/2658-7459-2025-1-67-73
2. Popov I.P. Combined Vectors and Magnetic Charge // *Technical Physics*. 2024. V. 69. No. 8, pp. 2397-2405. DOI: 10.1134/S1063784224700415
3. Ампер А.М. Электродинамика. М.: АН СССР, 1954. 492 с.
4. Popov I.P. Full Account of the Energy of the Gravitational Field in Cosmology and Spacecraft Ballistics // *Technical Physics*. 2024. Vol. 69. No. 1, pp. 53–56. DOI: 10.1134/S1063784224700300
5. Попов И.П. Полный учет энергии электростатического поля заряженных сфер // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2024. № 1 (21). С. 45–56. DOI: 10.46573/2658-7459-2024-1-45-56
6. Попов И.П. Приоритет электродинамики над механикой на примере второго закона Ньютона // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2024. № 3 (23). С. 62–69. DOI: 10.46573/2658-7459-2024-3-62-69
7. Попов И.П. Расчет полной энергии электростатического поля // *Труды Крыловского государственного научного центра*. 2020. Т. 2. № 392. С. 107–114. DOI: 10.24937/2542-2324-2020-2-392-107-114

8. Попов И.П. Запасаемая электростатическая энергия // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления*. 2020. № 33. С. 195–210. DOI: 10.15593/2224-9397/2020.1.12
9. Попов И.П. Постоянная интегрирования энергии электростатического поля // *Вестник Псковского государственного университета. Естественные и физико-математические науки*. 2021. Вып. 17. С. 108–120.
10. Попов И.П. О некоторых расчетах энергии электростатического поля // *Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах*. 2020. Т. 8. № 1. С. 2–9. DOI: 10.18503/2306-2053-2020-8-1-2-9
11. Попов И.П. Энергия электростатического поля заряженных непроводящих шаров // *Вестник Таганрогского института им. А.П. Чехова*. 2021. № 2. С. 27–35.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

*ПОПОВ Игорь Павлович* – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения, металлорежущих станков и инструментов, ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», 640020, Россия, г. Курган, ул. Советская, д. 63/4. E-mail: uralakademia@kurganstalmost.ru

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Попов И.П. Свойства магнитных монополей и силовые линии магнитного поля // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2025. № 3 (27). С. 53–60.

---

## PROPERTIES OF MAGNETIC MONOPOLES AND MAGNETIC FIELD LINES OF FORCE

*I.P. Popov*

*Kurgan State University (Kurgan)*

**Abstract.** In addition to the above, it has been established that magnetic charges  $\mu = qv$ ,  $\mu_e = -ev$ ,  $d\mu = Idl$  create a potential spherical magnetic field, which certainly satisfies the Gauss theorem. The lines of force of the magnetic field are exclusively radial, i.e. they begin at one magnetic charge and end at another. Between coaxial magnetic charges  $\mu = qv$ ,  $\mu_e = -ev$ ,  $d\mu = Idl$ , the same forces act as between parallel ones. The theory of magnetic monopoles and charges satisfies experimental data better than classical electrodynamics. This concerns axial interaction and Newton's third law.

**Keywords:** magnetic monopole, magnetic charge, magnetic field, lines of force, divergence, electrodynamics, axial interaction.

**INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

*POPOV Igor Pavlovich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Mechanical Engineering, Machine Tools and Instruments, Kurgan State University, 63/4, Sovetskaja street, Kurgan, 640020, Russia. E-mail: uralakademia@kurganstalmost.ru

**CITATION FOR AN ARTICLE**

Popov I.P. Properties of magnetic monopoles and magnetic field lines of force // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2025. No. 3 (27), pp. 53–60.

**УДК 621.311.21**

**РЕШЕНИЕ ВОПРОСА МЕСТНОГО ДЕФИЦИТА МОЩНОСТИ  
В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ С ПОМОЩЬЮ МАЛЫХ ГЭС**

*А.А. Рахманов, А.Ю. Русин*

*Тверской государственной технической университет (г. Тверь)*

© Рахманов А.А., Русин А.Ю., 2025

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме устранения местного дефицита мощности в энергосистемах России с помощью малых гидроэлектростанций (ГЭС). Проведен анализ эффективности малых ГЭС как автономных источников энергоснабжения для отдаленных регионов. Рассмотрены возможности применения малых ГЭС для обеспечения электроэнергией предприятий малого и среднего бизнеса. Показано, что использование малой гидроэнергетики для локального энергоснабжения экономически целесообразно и экологически оправдано. Отмечено, что внедрение малых ГЭС снижает нагрузку на магистральные электросети и повышает энергетическую автономность отдаленных регионов.

**Ключевые слова:** малая гидроэлектростанция, гидроэнергетика, дефицит мощности, обособленные энергосистемы, производство электроэнергии, малый и средний бизнес.

**DOI: 10.46573/2658-7459-2025-3-60-67**

**ВВЕДЕНИЕ**

Вопрос дефицита мощности в локальных энергосистемах России приобретает особую актуальность на фоне устаревания и износа инфраструктуры. По данным исследований, степень износа основных фондов в электроэнергетике в ряде регионов достигает критических значений: более 50 % оборудования и сетей требуют модернизации или замены [1]. Подстанции и линии электропередачи (ЛЭП) зачастую работают на пределе своих возможностей, что ограничивает пропускную способность и резервные мощности, а также усугубляет проблему подключения новых потребителей.