

<https://doi.org/10.26160/2572-4347-2023-18-56-66>

## МЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛОГ ГИРОМАГНИТНЫХ ЭФФЕКТОВ

**Самохвалов В.Н.**

*Самарский национальный исследовательский университет  
им. акад. С.П. Королева, Самара, Россия*

**Ключевые слова:** бесконтактное взаимодействие, дисбаланс, вибрация, прецессия, механический момент атома.

**Аннотация.** Проведен анализ результатов экспериментальных исследований бесконтактного взаимодействия (отталкивания и вращения), возникающего при вращении с частотой 100...200 1/с близко расположенных (1...4 мм) динамически несбалансированных дисков из не ферромагнитных, а также из не электропроводных материалов. Предполагается, что силовое взаимодействие обусловлено прецессией спинов атомов материалов при возникновении низкочастотной циркулярной вибрации дисков и экранов. Необходимыми условиями возникновения взаимодействия являются наличие динамического дисбаланса у обоих вращающихся дисков или наличие динамического дисбаланса у одного вращающегося диска и возбуждение циркулярной вибрации второго диска или экрана, при малых расстояниях между ними.

## MECHANICAL ANALOGUE OF GYROMAGNETIC EFFECTS

**Samokhvalov V.N.**

*Samara National Research University, Samara, Russia*

**Keywords:** non-contact interaction, imbalance, vibration, precession, mechanical moment of an atom.

**Abstract.** The analysis of the results of experimental studies of non-contact interaction (repulsion and rotation) that occurs during rotation at a frequency of 100...200 1/s of closely spaced (1...4 mm) dynamically unbalanced disks made of non-ferromagnetic, as well as non-conductive materials is carried out. It is assumed that the force interaction is due to the precession of the spins of the atoms of the materials during the occurrence of low-frequency circular vibration of the disks and screens. The necessary conditions for the occurrence of interaction are the presence of a dynamic imbalance in both rotating disks or the presence of a dynamic imbalance in one rotating disk and the excitation of circular vibration of the second disk or screen, with small distances between them.

**Введение.** В ранее выполненных экспериментальных исследованиях установлено бесконтактное силовое взаимодействие вращающихся объектов (дисков) из не ферромагнитных, а также не электропроводных материалов, при возникновении низкочастотной циркулярной вибрации [1]. Эксперименты показали, что наиболее интенсивное взаимодействие проявляется в условиях технического вакуума, когда практически исключены эффекты, связанные с аэродинамикой и вязкостью газовой среды [2, 3].

Целью работы является анализ ранее полученных экспериментальных результатов для выявления физических процессов протекающих в случае вращения динамически несбалансированных масс и при возбуждении циркулярной вибрации объектов, приводящих к их бесконтактному силовому взаимодействию.

**Материалы и методы.** При проведении первых опытов [1-4] экспериментальные устройства жестко закреплялись в корпусе толстостенной (11 мм) вакуумной камеры диаметром 300 мм и длиной 780 мм (рис. 1). Это позволяло передавать циркулярную вибрацию, возникающую при вращении динамически несбалансированного диска на другие элементы экспериментального устройства. Через прозрачную крышку камеры производилось наблюдение процесса, его фото и видеосъемка процесса. Питание электродвигателей устройства производилось от источников постоянного тока расположенных вне камеры. Галогенные лампы подсветки, установленные в камере, подключались к отдельному источнику питания. Откачка воздуха производилась форвакуумным насосом до остаточного давления в камере 0,05 Торр.

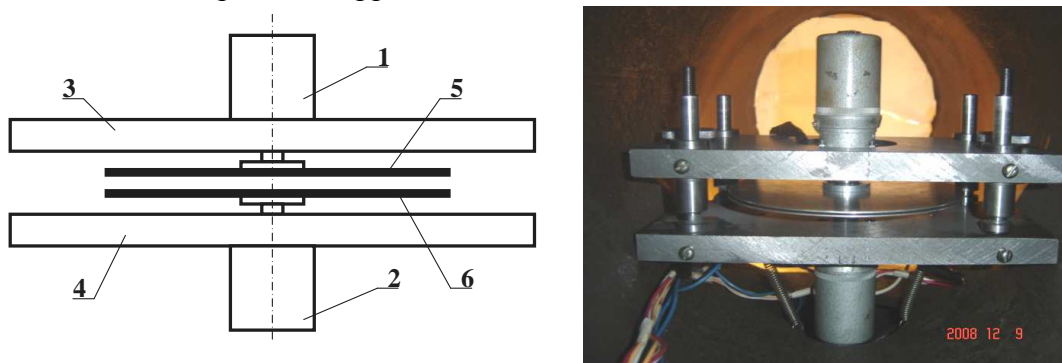


Рис. 1. Принципиальная схема и общий вид экспериментального устройства с жесткой установкой дисков

Экспериментальное устройство (рис. 1) включало два электродвигателя постоянного тока Д-14ФТ2с 1 и 2, оснащенных электромагнитными тормозами, закрепленные на стальных плитах 3 и 4 (толщина 18 мм). Для работы электромагнитных тормозов электродвигателей использовались отдельные источники питания, что позволяло производить их торможение или растормаживание независимо от питания рабочих обмоток.

На оси роторов электродвигателей через фланцы жестко крепились диски 5 и 6. Материал дисков в ранее проведенных опытах: магниевый сплав МА8М ( $\text{Ø}162 \times 1,3$  мм); алюминиевый сплав АМг3М ( $\text{Ø}165 \times 0,9$  мм), титановый сплав ОТ4-1 ( $\text{Ø}162 \times 0,65$  мм), картон ( $\text{Ø}165 \times 2$  мм), пластик ( $\text{Ø}165 \times 0,25$  мм), бумага ( $\text{Ø}165 \times 0,2$  мм).

Расстояние между дисками изменялось за счет параллельного перемещения по четырем стальным колонкам плит крепления электродвигателей и последующей жесткой фиксации. В экспериментах преднамеренно задавался динамический дисбаланс дисков (перекосы осей дисков и смещение их центров относительно осей роторов электродвигателей). Это вызывало при их вращении циркулярную вибрацию. Начальный зазор между дисками по оси роторов задавался от 1 до 6 мм и

более. Была исключена возможность механического контакта дисков в процессе вращения с учетом перекоса их осей.

На фланце крепления дисков к ротору были нанесены отражающие полоски для измерения частоты вращения дисков бесконтактным методом с использованием лазерного цифрового тахометра Mastech MS6208B.

**Результаты экспериментов.** В первой серии опытов напряжение питания 30 В одновременно подавалось на оба электродвигателя при зазоре (по оси роторов) между двумя динамически несбалансированными дисками от 1 до 3 мм. Задавалось одновременное вращение дисков из алюминиевого сплава АМг3М  $\varnothing 165 \times 0,9$  во встречном направлении. Установлено, что первоначально происходит раскрутка дисков до частоты вращения порядка 100...120 1/с, а затем через 1...2 с начинает возбуждаться вибрация дисков с частотой колебаний порядка 10...20 1/с. В моменты возникновения вибрации скорость вращения обоих дисков резко снижалась до 50...60 1/с. При этом наблюдалось искривление поверхностей дисков, но механического контакта между поверхностями дисков, неизбежно приводившего бы к резкому торможению вращения и последующим следам контакта на поверхностях дисков, не возникало даже при первоначальном зазоре между дисками 1 мм (по оси роторов). Диски отталкивались друг от друга и каждый продолжал вращение в свою сторону. При прекращении вибрации дисков частота их вращения снова возрастала. В некоторые моменты времени процесс колебания дисков переходил в винтовую закрутку поверхностей дисков (см. [http://www.youtube.com/watch?v=-O\\_PnrAa1IM](http://www.youtube.com/watch?v=-O_PnrAa1IM)).

Фотографии и видеосъемка процесса показывают, что винтообразные поверхности дисков при этом практически эквидистантные. То есть, при встречном вращении с частотой 90-100 1/с, диски обтекают друг друга. Возникает волна деформации дисков которая движется по их поверхностям с угловой скоростью того же порядка, что и частота вращения самих дисков. Возникающие при этом силы отталкивания (препятствующие контакту дисков) вызывают последующую остаточную деформацию дисков. Изначально плоские диски приобретали куполообразную форму со стрелкой прогиба порядка 1,5...2 мм [4, 8].

При отсутствии дисбаланса дисков, т.е. при отсутствии циркулярной вибрации экспериментального устройства в целом и дисков в частности, описанное взаимодействие не возникало.

При отключении одного (первого) электродвигателя, и остановке вращения его диска, второй электродвигатель раскручивал диск до частоты 180...200 1/с. При повторном включении первого электродвигателя частота вращения диска на втором двигателе опять снижалась до 100...120 1/с (при постоянном напряжении питания 30 В).

Результаты многократного повторения опытов показали, что при одновременном вращении в противоположном направлении в вакууме динамически несбалансированные диски тормозят друг друга.

Если один электродвигатель отключался от источника питания и его ротор был заторможен, то после подачи питания на второй электродвигатель и его полной раскрутки с небольшой задержкой наблюдалась вибрация у второго вращающегося диска (при наличии дисбаланса). Затем возбуждалась небольшая вибрация заторможенного диска. При этом, в моменты возникновения вибрации заторможенного диска происходило заметное снижение скорости вращающегося диска (диск тормозился).

Во второй серии экспериментальных исследований напряжение подавалось только на один двигатель, а второй электродвигатель был отключен от питания, но его ротор был расторможен. Установлено, что после полной раскрутки "ведущего" диска (с динамическим дисбалансом) начиналось вынужденное вращение "ведомого" диска вместе с расторможенным ротором его электродвигателя (см. <http://www.youtube.com/watch?v=ochBewD6tVw>).

Как показали эксперименты, частота вынуждаемого вращения, при неизменных других условиях, зависит от величины начального зазора между дисками [3]. Чем расстояние между поверхностями дисков меньше, тем частота вращения выше. Для остановки вынуждаемого вращения «ведомого» диска была необходима подача на его обмотки его электродвигателя напряжения равного 30...80 % от напряжения питания аналогичного электродвигателя, раскручивающего «ведущий» диск (см. <http://www.youtube.com/watch?v=ochBewD6tVw>, и <http://www.youtube.com/watch?v=o9bUilagnYw>).

Эксперименты показали, что с ростом глубины вакуумирования камеры величина фиксируемого силового действия (частота вынуждаемого вращения ведомого диска) возрастает, при прочих равных условиях [5, 6].

При зазоре между дисками (по оси роторов) более 4...5 мм даже сильная вибрация вращающихся дисков не приводила к возникновению вынуждаемого вращения "ведомого" диска.

В третьей серии экспериментальных исследований, верхний диск подвешивался на нитях к фланцу ротора своего электродвигателя, а нижний диск с динамическим дисбалансом жестко закреплялся на фланце ротора нижнего электромотора (рис. 2).

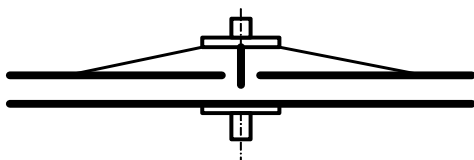


Рис. 2. Подвеска верхнего "ведомого" диска на нитях

У верхнего электромотора первоначально был заторможен ротор и его диск не имел возможности вращения, кроме закрутки на нитях. Начальное расстояние между дисками (по оси роторов) изменялось от 1,5 до 2 мм. После

включения нижнего электродвигателя (напряжение 30 В) и начала вращения "ведущего" диска возникала сильная прецессия оси не вращающегося "ведомого" диска, подвешенного на нитях (см. <http://www.youtube.com/watch?v=h7IKQymgb4c>).

При отключении тормоза верхнего электродвигателя, с задержкой 1-3 с, начиналось его вынуждаемое вращение. С ростом частоты вынуждаемого вращения верхнего диска до 20...30 1/с возрастала скорость вращения нижнего электродвигателя до 100...120 1/с. Т.е. сильная прецессия оси не вращающегося верхнего (ведомого) диска значительно затормаживала вращение нижнего (ведущего) диска (см. <http://www.youtube.com/watch?v=o9bUi1agnYw>).

Все описанные выше эффекты силового взаимодействия качественно повторялись при использовании одного или обоих дисков из не электропроводного материала (картон, бумага, пластик) [5].

В четвертой серии экспериментов в устройстве был один электродвигатель с динамически не сбалансированным диском, с зазором 2-3 мм относительно которого располагался экран, закрепленный на жесткой и прочной консоли. Консоль крепления экрана имела дополнительную гибкую в поперечном направлении опору на поверхность вакуумной камеры. Это исключало опускание консоли при ослаблении стяжки гаек, при вибрации устройства, но не ограничивало консоль в поперечном направлении. Экран была медная пластина, толщиной 1,3 мм, которая крепилась через картонную подложку к консоли (рис. 3).

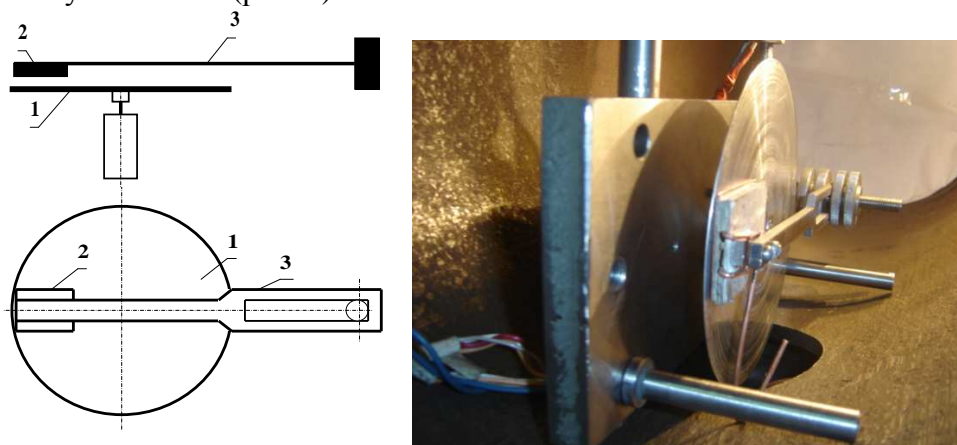


Рис. 3. Схема и общий вид устройства с экраном на консоли:  
1 – диск, 2 – экран, 3 – консоль

Как показали проведенные исследования, после раскручивания диска до частоты более 100 1/с (напряжении питания 30 В), возникала его поперечная изгибная вибрация (амплитуда порядка 1 мм). Вибрация периодически перерождалась в форму изгибной волны, аналогичную описанной выше в случае взаимодействия двух встречно вращающихся дисков. Амплитуда возникающей изгибной волны была порядка 1 мм. Изгибная волна вращалась

относительно зоны экрана с частотой порядка  $1...3$  1/с при частоте вращения диска  $120...150$  1/с (см. <http://www.youtube.com/watch?v=CTF76t3YcA4>).

После серии опытов зафиксировано отгибание краев медной пластины за пределами картонной подложки. Это свидетельствовало о больших силах отталкивания между экраном и диском, значительно превышающих силы отталкивания в случае подвижного экрана [1] и силах того же порядка, которые приводили к куполообразной форме диска после выше описанных опытов с двумя дисками. О большой величине возникающих сил отталкивания косвенно свидетельствовал сильный шум (скрежет) подшипников электромоторов, возникавший в этот момент, слышимый при просмотре видео файлов, отсутствующий в момент начала раскрутки дисков.

При перемещении экрана на расстояние более 3 мм от поверхности диска изгибная волна на диске не возникала.

**Обсуждение результатов экспериментов.** В процессе анализа результатов ранее проведенных экспериментов, для объяснения физической сущности зафиксированных эффектов силового бесконтактного взаимодействия при вращении динамически не сбалансированных дисков рассмотрены следующие возможные причины: 1) проявление эффектов электромагнитной природы; 2) силовое проявление остаточной воздушной среды; 3) циклическая вибрация, передающаяся от вращающегося динамически несбалансированного диска.

1) Эффекты электромагнитной природы. Измерение электростатического поля вблизи дисков, вращающихся в условиях технического вакуума дала отрицательный результат [7, 8]. Аналогично не зафиксировано постоянное или переменное магнитное поле. Возникновение магнитного поля при высоких скоростях вращения тел даже из электропроводных материалов (медь, ртуть) не зафиксировано при использовании самой высокочувствительной аппаратуры (сверхпроводящих квантовых интерференционных детекторов) [9].

Вывод. Учитывая, что значительное по величине силовое взаимодействие, при заземленном оборудовании, возникало даже между дисками, изготовленными из не электропроводных материалов (картона, бумаги или пластика), экспериментально установленные эффекты очевидно не имеют электромагнитной составляющей.

2) Влияния остаточной газовой среды. Эффекты, вызываемые вязкостью газа, быстро снижаются с увеличением глубины вакуума, а проведенные эксперименты [5, 6] дали противоположный результат.

Расчетная оценка возможного влияния остаточной воздушной среды.

Остаточное давление газовой среды в камере  $p_{г}$  при проведении эксперимента по измерению силы отталкивания экрана от вращающегося динамически несбалансированного диска [1] составляла  $p_{г}=8 \cdot 10^{-4}$  Торр.

Экспериментально измеренная сила, действующая на подвижный экран составляла  $F = 2,5...2,7$  Н. Диаметр экрана 165 мм, а его площадь  $S = 0,021$  м<sup>2</sup>.

Тогда, среднее давление, действовавшее на экран (при его экспериментально зафиксированном отталкивании) со стороны диска:

$$P/S = 124 \text{ Па или } 0,93 \text{ Торр.}$$

Отношение среднего давления, действовавшего на экран со стороны диска, к давлению остаточной газовой среды с противоположной стороны диска:

$$P/p_{\Gamma} = 0,93/0,0008 = 1160.$$

Согласно молекулярно-кинетической теории, давление, с которым газ действует на стенку  $P_{\Gamma}$ , пропорционально средней квадратичной скорости молекул:

$$P_{\Gamma} = \frac{1}{3} n \cdot m_0 \cdot V_{cp}^2,$$

где  $n$  – концентрация молекул в камере (число Лошмидта),  $m_0$  – масса молекулы газа.

Если давление на экран со стороны диска создается действием газовой среды, то, при равной плотности газовой среды с обеих сторон экрана, средняя скорость молекул газа в зазоре между диском и экраном должна быть в 34 раза выше скорости молекул за экраном. Средняя скорость молекул кислорода при комнатной температуре (300 К) около 500 м/с, азота – около 516 м/с. Тогда, чтобы такое давление на экран создавали молекулы остаточного газа, скорости молекул должны быть порядка 17000 м/с (т.е. больше второй космической – 11000 м/с).

Линейная скорость периферии диска (на торце) в эксперименте составляла около 100 м/с (при частоте вращения 200 1/с), а скорость осевого биения за счет перекоса оси, в этих условиях, – около 1 м/с. Таким образом, вращающийся диск никак не мог придать молекулам газа такую скорость.

Средняя квадратичная скорость молекул газа связана с абсолютной температурой:

$$V_{cp} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}, \text{ т.е. температура газа } T = \frac{V_{cp}^2 \cdot m_0}{2k},$$

где  $k$  – постоянная Больцмана.

Из этого следует, что если температура газа за экраном равнялась 300 К (27 С), то, если бы экспериментально измеренное давление на экран со стороны диска создавалось газовой средой, температура газа в зазоре между диском и экраном должна была быть в  $(34)^2 = 1160$  раз выше, т.е. составлять более 348000 К.

Вывод. Экспериментально установленные эффекты бесконтактного силового взаимодействия не могут быть обусловлены действием остаточной воздушной среды.

3) Действие вибрации, вызываемой вращением динамически несбалансированного диска. Простое действие вибрации не может вызвать ряд наблюдавшихся эффектов. Экспериментально установлена сильная

зависимость наблюдавшегося силового взаимодействия от расстояния между поверхностями дисков (диска и экрана) [4, 6]. Изменение зазора между дисками (диском и экраном) от 1 до 4 мм приводило к резкому снижению, а при зазоре более 5...6 мм прекращению их силового взаимодействия. Такое незначительное изменение геометрических параметров механической системы не может привести к такому резкому изменению ее вибрационных характеристик, что бы вызвать во всех случаях количественное и качественное изменение характера силового взаимодействия. Кроме того, простое действие вибрации не может вызвать такие экспериментально установленные эффекты силового взаимодействия, как:

– куполообразную форму экрана, выполненного из фольги и пленки, при его отталкивании от вращающегося диска у условиях вакуума (см. <http://www.youtube.com/watch?v=sHUhXNzlrpA>) или отталкивающего воздействие от диска на жесткий экран с усилием порядка 2,5...2,7 Н (см. <http://www.youtube.com/watch?v=NZaZIKiUEZo>);

– возникновение изгибной волны при бесконтактном обтекании дисков, вращающихся в противоположном направлении или возникновение изгибной волны на диске при жесткой установке близко расположенного малого экрана, что показано выше;

– возбуждение вынуждаемого вращения "ведомого" диска, для остановки которого необходима подача на его электромотор «встречного» напряжения 0,3...0,8 от величины напряжения питания электромотора "ведущего" диска (показано выше) или возникновение вращающего момента величиной порядка 1 Н·см, действующего на подвижный экран [1].

Из анализа всех результатов ранее выполненных экспериментальных исследований следует, что необходимыми условиями возбуждения бесконтактного силового взаимодействия дисков из не ферромагнитных, а также из не электропроводных материалов (в техническом вакууме), являются:

а) возникновение динамического дисбаланса у вращающихся близко расположенных (зазор менее 4 мм) дисков;

б) наличие динамического дисбаланса при вращении первого диска и возбуждение циркулярной вибрации второго диска или экрана, расположенного на расстоянии менее 4 мм.

В таких условиях, при низкочастотной циркулярной вибрации, возникает прецессия спинов атомов материала обоих дисков (диска и экрана). Возникновение прецессии спинов материала диска (экрана) приводит к изменению суммарного механического момента атомов материала диска (экрана) и связанного с этим их спинового поля.

## **Выводы**

Зафиксированное взаимодействие дисков и их воздействие на экраны не вызвано, как показан выше, электромагнитными эффектами и действием остаточной воздушной среды.



При отсутствии дисбаланса диска, в пределах точности опыта, взаимодействие при его вращении не возникало. Взаимодействие наблюдалось только при вращении динамически дисков с динамическим дисбалансом. Принципиальным отличием вращения динамически несбалансированного диска, от простого вращения, является прецессия его оси и возникновение круговой (циркулярной) вибрации экспериментальной оснастки. Прецессия оси диска (его коническое вращение) и дисбаланс возбуждают прецессию спинов атомов самого вращающегося диска.

Круговая вибрация, передающаяся от диска, вращающегося с динамическим дисбалансом, через материал оснастки на ведомый диск (экран или рамку), возбуждает прецессию спинов атомов его материала. Экспериментально установлена задержка по времени начала взаимодействия объектов (дисков, диска и экрана) от момента полной раскрутки ведущего диска. Это время необходимо для возбуждения прецессии атомов ведомого диска (экрана) под воздействием циркулярной вибрации оснастки. Начинается взаимодействие двух объектов при наличии прецессии спинов атомов их материалов.

**Гипотеза.** В основе гипотезы предполагается аналогия поля магнитных моментов атомов и поля спинов атомов.

1) Векторы прецессии спинов встречно вращающихся динамически несбалансированных дисков противоположны, что вызывает экспериментально наблюдаемое отталкивание дисков. Магнитное поле убывает пропорционально третьей степени расстояния. Предположительно, аналогично изменяется напряженность поля спинов, что обуславливает экспериментально зафиксированную сильную зависимость величины силового воздействия от расстояния между дисками. Она растет при уменьшении расстояния между поверхностями дисков от 3 мм до до минимального (исключающего первоначальный контакт дисков) и исчезает – при расстоянии более 4...6 мм [4, 6].

2) Поскольку оси дисков перекошены относительно оси роторов электродвигателей, то при их встречном вращении расстояние между поверхностями дисков непрерывно изменяется. Это приводит постоянному к изменению величины силы отталкивания в отдельных точках дисков, что приводит к их вибрации, а при определенной "синхронизации" процесса возникает экспериментально наблюдаемая изгибная волна на дисках, "обтекающих" друг друга без механического контакта при встречном вращении [2-4].

3) Поле прецессии спинов "ведущего" диска воздействует на прецессирующие спины атомов материала "ведомого" диска. Это приводит к изменению суммарного механического момента прецессии его атомов, направленного вдоль оси вращения динамически несбалансированного (ведущего) диска. Изменения механических моментов происходят за счет внутренних сил. Поскольку система замкнута, то сохраняется полный механический момент "ведомого" диска. Поэтому, в этом случае, его

кристаллическая решетка получает противоположный механический момент. Так возникает вынуждаемое вращение "ведомого", предварительно не вращавшегося диска или экрана, расположенного рядом с ведущим, динамически несбалансированным вращающимся диском.

Угловая скорость вынуждаемого вращения растет при уменьшении расстояния между поверхностями дисков и не возникает при зазорах более 5...6 мм [1-8], т.к. напряженность поля спинов уменьшается и вращающий момент становится недостаточным для преодоления сил трения в узле подвески "ведомого" диска.

С учетом вышеизложенного, экспериментально установленное бесконтактное силовое взаимодействие, обусловленное прецессией спинов атомов, можно рассматривать как механический аналог гиромангнитных эффектов (эффекта Барнетта и эффекта Эйнштейна–де Гааза [10]), обусловленных прецессией магнитных моментов атомов ферромагнетика.

### Список литературы

1. Самохвалов В.Н. Силовые эффекты при низкочастотной циркулярной вибрации // *Фундаментальные основы механики*. – 2022. – № 10. – С. 42-46. – DOI: 10.26160/2542-0127-2022-10-42-46.
2. Самохвалов В.Н. Бесконтактная передача вращения и отталкивание масс в вакууме // *Вестник СамГУПС*. – 2015. – № 2-2(28). – С. 164-171.
3. Самохвалов В.Н. Массодинамическое и массовариационное взаимодействие движущихся тел // *Доклады независимых авторов*. – 2009. – № 13. – С. 110-159.
4. Самохвалов В.Н. Исследование силового действия и отражения квадрупольного излучения вращающихся масс от твердых тел // *Доклады независимых авторов*. – 2011. – № 18. – С. 165-187.
5. Самохвалов В.Н. Взаимодействие вращающихся масс в вакууме и их воздействие на твердые тела // *Фундаментальные проблемы естествознания и техники: Труды Конгресса-2010*. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, 2010. – С. 114-138.
6. Самохвалов В.Н. Квадрупольное излучение вращающихся масс // *Доклады независимых авторов*. – 2010. – № 14. – С. 112-145.
7. Самохвалов В.Н. Исследование и измерение величины силовых эффектов при массодинамическом взаимодействии // *Доклады независимых авторов*. – 2013. – № 24. – С. 113-131.
8. Самохвалов В.Н. Неэлектромагнитное силовое взаимодействие при вращении масс в вакууме // *Журнал формирующихся направлений науки*. – № 1 (1), 2013. – С. 6-9. – Режим доступа <http://www.unconv-science.org/pdf/e1/samohvalov-en.pdf>.
9. Азад Р. О проблеме возникновения магнитного поля у вращающихся объектов (Краткий обзор работ) // *Вестник РУДН. Серия Физика*. – 2001. – №9, вып. 1. – С. 20-26.
10. *Физический энциклопедический словарь* / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Сов. энцикл., 1983. – 928 с.

### References

1. Samokhvalov V.N. Force effects at low-frequency circular vibration // *Fundamentals of mechanics*. 2022, no. 10, pp. 42-46. DOI: 10.26160/2542-0127-2022-10-42-46.

2. Samokhvalov V.N. Non-contact transmission of rotation and repulsion of masses in a vacuum // Vestnik SamGUPS. 2015, vol. 2 (28), no.2, pp. 164-171.
3. Samokhvalov V.N. Mass-dynamic and mass-variation interaction of moving bodies // The Papers of independent Authors. 2009, no. 13, pp. 110-159.
4. Samokhvalov V.N. Investigation of force action and reflection of quadrupole radiation of rotating masses from solid bodies // The Papers of independent Authors. 2011, no. 18, pp. 165-187.
5. Samokhvalov V.N. Interaction of rotating masses in vacuum and their effect on solid bodies // Fundamental problems of natural science and technology: Proceedings of the Congress-2010. – SPb.: St. Petersburg State University of Civil Aviation, 2010. – P. 114-138.
6. Samokhvalov V.N. Quadrupole radiation of rotating masses // Papers of independent Authors. 2010, no. 14, pp. 112-145.
7. Samokhvalov V.N. Study and measurement of the magnitude of force effects in mass-dynamic interaction // The Papers of independent Authors. 2013, no. 24, pp. 113-131.
8. Samokhvalov V.N. Non-electromagnetic force interaction in presence of rotating masses in vacuum // International Journal of Unconventional Science. 2016, no. 1, pp. 68-80. Available online: <http://www.unconv-science.org/pdf/e1/samohvalov-en.pdf>.
9. Azad R. On the problem of the appearance of a magnetic field in rotating objects (brief review of papers) // Bulletin of RUDN, Series Physics. 2001, no. 9, iss. 1, pp. 20-26.
10. Physical Encyclopedic Dictionary / Ch. ed. A.M. Prokhorov. – M.: Sov. Encycl., 1983. – 928 p.

<b>Самохвалов Владимир Николаевич</b> – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры производства летательных аппаратов и управления качеством в машиностроении vn_samokhvalov@mail.ru	<b>Samokhvalov Vladimir Nikolaevich</b> – doctorate of engineering, professor, professor of the department of aircraft production and quality management in mechanical engineering
--	---

*Received 22.03.2023*