

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>

URL статьи: [mathmod.esrae.ru/40-152](http://mathmod.esrae.ru/40-152)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Черкасова О.А., Скрипкин А.А. Конструктивное исполнение бесконтактного подвеса гироскопических и навигационных приборов высокой точности // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2022. №4

УДК 621.313; 537.876; 004.942

DOI: 10.24412/2541-9269-2022-4-03-06

## КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ БЕСКОНТАКТНОГО ПОДВЕСА ГИРОСКОПИЧЕСКИХ И НАВИГАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ

Черкасова О.А.<sup>1</sup>, Скрипкин А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Саратовский национальный исследовательский университет им.  
Н.Г.Чернышевского, Россия, Саратов

<sup>2</sup>Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.,  
Россия, Саратов

## DESIGN OF NON-CONTACT SUSPENSION OF HIGH-PRECISION GYROSCOPIC AND NAVIGATIONAL INSTRUMENTS

Cherkasova O.A.<sup>1</sup>, Skripkin A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Saratov State University, Russia, Saratov

<sup>2</sup>Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia

**Аннотация.** Показана принципиальная возможность создания бесконтактного магнитного подвеса на основе системы постоянных магнитов. Приведены некоторые особенности конструкций бесконтактного магнитного подвеса. Проведено численное моделирование вариантов конструкции радиального бесконтактного магнитного подвеса на системе постоянных магнитов и определены их силовые характеристики.

Ключевые слова: магнитный подвес, навигационные приборы, численное моделирование

**Abstract.** The principal possibility of creating a non-contact magnetic suspension based on a system of permanent magnets is shown. Some peculiarities of the non-contact magnetic suspension design are given. Numerical modeling of variants of design of radial contactless magnetic suspension on the system of permanent magnets is carried out and their power characteristics are determined.

Keywords: magnetic suspension, navigational instruments, numerical simulation

**Введение.** Актуальность проблемы – разработка бесконтактных магнитных подвесов с практически неограниченным сроком службы на основе системы постоянных магнитов, предназначенных для гироскопических и навигационных приборов высокой точности, а также для изделий с большими

угловыми скоростями вращения валов, (несколько десятков тысяч оборотов в минуту) является одним из приоритетных направлений точного машино- и приборостроения. Применяемые в настоящее время для этого конструкции бесконтактных подвесов как правило являются электромагнитными подвесами, использующими в ряде случаев эффект сверхпроводимости. Такие конструкции имеют значительные массо-габаритные характеристики, кроме того они являются не только дорогостоящими, но и имеют большое энергопотреблением и, как правило, снабжаются специальным блоком управления. Предлагаемый доклад посвящен результатам численного моделирования конструкции бесконтактного магнитного подвеса на системе тороидальных постоянных магнитах.

**Численное моделирование конструкции бесконтактного подвеса.** Предложена и разработана принципиальная конструкция нового класса бесконтактного подвеса – бесконтактный подшипник вращения, использующий пассивный магнитный подвес.

Оригинальная конструкция пассивного магнитного подвеса бесконтактного подшипника вращения, изготовленная на основе современных технологий с использованием, в том числе, редкоземельных элементов, позволила создать совершенно новое изделие, обладающее большими преимуществами по сравнению с существующими конструкциями шарикоподшипников.

Пассивный магнитный подвес, обеспечивающий бесконтактный подвес, состоит из системы двух разомкнутых пустотелых торов – внешнего и внутреннего, (в общем случае, имеющих поперечные сечения различного вида [патент РФ №204695, №207304, №207335, 2021 г. №209689, 2022 г.]), один из которых находится внутри другого. Каждый из системы двух разомкнутых пустотелых торов изготовлен по особой технологии, имеющей ноу-хау, из специально разработанного магнитного порошка на основе редкоземельных элементов; причем направление намагниченности каждого из торов противоположное; то есть, наружная поверхность внутреннего пустотелого тора и внутренняя поверхность наружного пустотелого тора имеют одинаковые магнитные полюса. При такой намагниченности при сборке конструкции подшипника внутренний пустотелый тор оказывается подвешенным за счет сил пиннинга внутри пустотелого наружного тора. В конструкции подшипника наружное кольцо подшипника через соединительные элементы соединено с внутренним тором, а роль внутреннего кольца подшипника выполняет внутренняя поверхность внутреннего диаметра наружного (внешнего) тора.

Преимуществами предлагаемой конструкции являются – отсутствие трения в подвесе, отсутствие необходимой обязательной смазки изделия, практически неограниченный срок службы, не связанный с ограниченным числом оборотов изделия, бесшумность, а также большая долговечность в широком диапазоне температур (-70...+150 градусов Цельсия) и стоимость, в

ряде случаев даже меньшая, чем при изготовлении традиционных шарикоподшипников.

В работах [1,2] обоснована принципиальная возможность создания бесконтактного магнитного подвеса на основе постоянных магнитов и приведены некоторые особенности конструкции бесконтактного магнитного подвеса на системе постоянных магнитов. В дальнейшем в работах [3-5] определены силовые характеристики варианта радиального бесконтактного магнитного подвеса и проведено численное моделирование радиального бесконтактного магнитного подвеса на системе постоянных магнитов.

Особо следует отметить, что имеется возможность изготовления бесконтактных магнитных подвесов самых разнообразных типоразмеров, рассчитанных на различные, заранее определенные потребителем, величины осевых и радиальных нагрузок при эксплуатации изделия.

**Заключение.** Разработанная конструкция предназначена для использования в широком классе специальных изделий авиационно-космической техники, гироскопических пилотажно-навигационных приборов, а также и в конструкциях быстровращающихся ультрацентрифуг нового поколения, предназначенных для эффективного разделения изотопов радиоактивных элементов.

С использованием бесконтактного магнитного подвеса на системе постоянных магнитов предложена в т.ч. принципиальная конструкция комбинированной системы ориентации и навигации подвижного объекта, которая позволяет реализовать на борту подвижного объекта в зависимости от его режимов движения либо платформенную систему ориентации и навигации прежней точности с меньшими массо-габаритными параметрами, либо бесплатформенную систему ориентации и навигации повышенной точности (в том числе за счет коррекции угла курса), используя при этом положительные стороны каждого типа систем ориентации и навигации (патент РФ № 2746236, 2021 г. и др.).

### Литература

1. Черкасова О.А., Скрипкин А.А. О принципиальной возможности создания бесконтактного магнитного подвеса на основе постоянных магнитов // Авиационная промышленность. 2021. №1. С. 25-30.
2. Черкасова О.А., Скрипкин А.А. Некоторые особенности конструкции бесконтактного магнитного подвеса на системе постоянных магнитов // Авиационная промышленность. 2021. №2. С. 31–35.
3. Черкасова О.А., Скрипкин А.А. Определение силовых характеристик радиального бесконтактного магнитного подвеса, состоящего из системы двух постоянных магнитов // Авиационная промышленность. 2021. №3-4. С. 52-58.
4. Черкасова О.А., Скрипкин А.А., Черкасова С.А. Компьютерное моделирование радиального бесконтактного магнитного подвеса на системе

постоянных магнитов // Вестник ТГТУ. 2021. Т. 27. №4. С. 543-554. DOI: 10.17277/vestnik.2021.04.pp.543-554.

5. Черкасова О.А. Сравнительное исследование нелинейных магнитных характеристик для магнитного подвеса при помощи численного моделирования // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ. 2021. Т.183. №4. С. 20-25.