

## КОНСТРУКЦИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ

**Богачева С.Ю.**

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), Москва*

**Ключевые слова:** радиальный подшипник, упорный подшипник, радиальная опорная часть, осевая опорная часть, тела качения, сепаратор.

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы разработки подшипниковых опор качения. Подшипники качения играют ключевую роль в работе многих промышленных механизмов и машин, обеспечивая плавное и эффективное вращательное движение валов. Однако традиционные типы подшипников часто испытывают проблемы при одновременном восприятии высоких радиальных и осевых нагрузок, что приводит к снижению долговечности и надежности всей системы. Работа посвящена созданию подшипника качения, предназначенного для одновременного восприятия значительных радиальных и осевых нагрузок. Необходимость в более компактных и надежных решениях обусловлена повышенными требованиями к рабочим характеристикам подшипниковых узлов, особенно в условиях больших нагрузок и жестких условий эксплуатации. Одним из возможных направлений улучшения ситуации является разработка специализированных подшипников, адаптированных для высоконагруженной эксплуатации с преобладанием осевых нагрузок. Другой перспективный подход предполагает комбинацию различных типов подшипников в единой конструкции, ориентированной на оптимальное распределение нагрузок и достижение компромисса между грузоподъемностью, размерами и стоимостью изделия. Предложенная конструкция представляет собой подшипник, состоящий из отдельных элементов радиальной и осевой частей, объединенных в единую систему. Разработанный подшипник может повысить надежность механизмов путем разделения зон воздействия радиальных и осевых нагрузок, минимизируя износ и увеличивая срок эксплуатации оборудования.

## DESIGN OF A COMBINED ROLLING BEARING

**Bogacheva S.Yu.**

*Kosygin State University of Russia (Technologies. Design. Art), Moscow*

**Keywords:** radial bearing, thrust bearing, radial support part, axial support part, rolling elements, cage.

**Abstract.** The article discusses the development of rolling bearing supports. Rolling bearings play a crucial role in many industrial mechanisms and machines, providing smooth and efficient rotational motion for shafts. However, traditional types of bearings often face challenges in simultaneously supporting high radial and axial loads, leading to reduced durability and reliability of the overall system. This work aims to create a rolling bearing that can simultaneously support significant radial and axial loads. The need for more compact and reliable solutions is driven by the increased requirements for the performance of bearing units, especially in high-load and harsh environments. One possible approach to improving the situation is the development of specialized bearings that are adapted for high-load applications with a predominance of axial loads. Another promising approach involves combining different types of bearings in a single design, focusing on optimal load distribution and achieving a balance between load capacity, size, and cost. The proposed design consists of separate radial and axial components integrated into a single system. This innovative bearing can enhance the reliability of machinery by separating the radial and axial load zones, minimizing wear and extending the equipment's lifespan.

### Введение

Подшипники находят широкое применение в различных областях техники. Часто валы испытывают радиальные (перпендикулярные оси вращения) и осевые (вдоль оси вращения) нагрузки. Это обуславливает необходимость совместного использования радиальных и упорных подшипников. Однако традиционные типы подшипников часто испытывают проблемы при одновременном восприятии высоких радиальных и осевых нагрузок, что приводит к снижению долговечности и надежности всей системы. Особенно остро эта проблема проявляется в машиностроительной отрасли, энергетическом секторе и транспорте, где подшипники работают в экстремальных условиях эксплуатации. Применение радиально-упорных подшипников приводит к увеличению габаритов узла, что может быть нежелательным в условиях ограниченной монтажной площади.

Стандартные подшипники, предназначенные для комбинированных нагрузок, способные одновременно воспринимать осевые нагрузки, обычно имеют ограничения по грузоподъемности, особенно по сравнению с их радиальной способностью [1, 2]. Это обусловлено особенностями конструкции подшипников, где разделение зон восприятия нагрузок осуществляется недостаточно эффективно. Компактные специализированные подшипники позволяют эффективно распределять высокие осевые нагрузки [3].

Для преодоления этих ограничений возникла необходимость разработать новый тип подшипника, способного эффективно воспринимать оба вида нагрузок, сохраняя высокую долговечность и надежность. Необходимость в более компактных и надежных решениях обусловлена повышенными требованиями к рабочим характеристикам подшипниковых узлов, особенно в условиях больших нагрузок и жестких условий эксплуатации.

Изучение существующих публикаций и патентной документации привело к заключению о целесообразности создания составного подшипника качения, способного эффективно выдерживать осевые нагрузки, независимо от особенностей конструкции радиальной части опоры. Оптимизация возможна путём внедрения гибридных решений, то есть комбинирования различных типов подшипников для оптимального баланса между грузоподъемностью, габаритами и стоимостью [3, 4]. Отдельно следует отметить потенциал компьютерных технологий, включая средства компьютерного моделирования и автоматизированного проектирования, которые позволяют создавать узлы, максимально соответствующие заданным условиям эксплуатации. Один из путей повышения нагрузочной способности радиально-упорного подшипника заключается в создании конструкции комбинированного подшипника, который сочетает в себе свойства как радиального, так и упорного подшипника [5].

Настоящая статья описывает исследования и разработку комбинированного подшипника качения, обладающего повышенным уровнем эксплуатационных характеристик для работы с высокими осевыми нагрузками.

### **Методы исследований**

В процессе исследования использовались методы абстрагирования от несущественных конструктивных особенностей, мысленного моделирования и аналогии. Эти методы позволили прогнозировать распределение нагрузок и взаимосвязи составных частей разрабатываемых подшипников. Исследование проводилось поэтапно, начиная с анализа известных технических решений и заканчивая созданием экспериментальных образцов с применением аддитивных технологий.

Анализ литературы [5-10] выявил конструкции комбинированных подшипников, образованных сочетанием радиального и упорного подшипников. Радиально-упорный подшипник [5] содержит внутреннее и наружное кольца, между которыми в радиальном направлении расположены ролики, воспринимающие радиальную нагрузку. Ряды роликов в сепараторах, установленных по осевому направлению на боковых крышках, образующие осевую опорную часть подшипника обладают ограниченной несущей способностью из-за недостаточной конструктивной жесткости крышек, что снижает надежность радиально-упорного подшипника и требует использования массивного внутреннего кольца.

Известны подшипники качения [6, 7], предназначенные для восприятия осевых нагрузок, близких по величине к радиальным, в которых применяется стопорное кольцо между подвижным и неподвижным кольцами. Использование стопорного кольца при определенных условиях приводит к более раннему износу деталей и сокращению срока службы. Кроме того, комбинация конических роликов и шариков в конструкции таких подшипников способна привести к смещению деталей вдоль оси вращения и работе лишь одной подгруппы элементов качения (либо роликов, либо шариков).

В известной конструкции комбинированного радиального и двойного упорного подшипника [8], используется объединение отдельно выполненных радиальной и осевой опорных частей. Радиальная опорная часть выполнена в виде конструкции радиального подшипника, а осевая – в виде конструкции упорного подшипника, тела качения которого контактируют с боковыми поверхностями наружного кольца подшипника радиальной

опорной части. Конструкция гарантирует восприятие переменных осевых и радиальных нагрузок с учетом ограничений габаритов наружного и внутреннего колец подшипника без потери необходимой прочности, но также предполагает наличие массивного наружного кольца радиальной опорной части.

В решении [9] крепежное кольцо обеспечивает крепление внутренних колец внутри подшипника между собой, обеспечивая сборку-разборку, а также придавая целостность, жесткость конструкции. Данный комбинированный подшипник воспринимает как радиальную, так и осевую нагрузку двустороннего действия.

В подшипнике [10] тородальные дорожки качения бесконечного шарикового подшипника выполнены в центральной части роликовых дорожек колец роликового подшипника и плоскость расположения шариков совмещается с плоскостью расположения роликов, что существенно уменьшает габаритные размеры подшипника и упрощает его конструкцию, а выбор определенного радиального зазора гарантирует отсутствие воздействия заклинивания шариков, что повышает работоспособность подшипника.

Изученные технические решения обеспечивают конструктивную жесткость радиально-упорного подшипника, однако характеризуются значительными силами воздействия на наружное кольцо радиальной опорной части, вызывающими повышенные напряжения в элементах наружного кольца, особенно при знакопеременных нагрузках. Это снижает общую несущую способность радиально-упорного подшипника и уменьшает рабочий ресурс.

### **Результаты**

На рисунке 1 представлена конструкция разработанного комбинированного подшипника [11]. Предложенная конструкция представляет собой подшипник, состоящий из отдельных элементов, объединенных в единую систему, для эксплуатации с преобладанием осевых нагрузок. В предложенном варианте конструкции подшипник состоит из двух основных компонентов: радиальной 1 и осевой 2 опорных частей. Роликовые элементы предназначены для восприятия радиальных нагрузок, тогда как шариковые компоненты принимают на себя осевые усилия. Такая схема позволяет разделить зоны влияния разных видов нагрузок, исключив негативное взаимодействие радиальных и осевых воздействий на внутренние компоненты подшипника и имеет ряд известных преимуществ.

Радиальная часть имеет два кольца (внешнее и внутреннее), между которыми размещены вращающиеся ролики. Эти элементы удерживаются сепаратором, обеспечивающим равномерное распределение шариков или роликов.

Осевая опорная часть обеспечивает восприятие осевых нагрузок, действующих вдоль оси вращения. Она расположена по сторонам радиального узла и состоит из двух симметрично расположенных боковых блоков, установленных рядом с радиальным разделителем. Внутри каждого бокового блока имеются опорный и упорный диски, между которыми установлены шарики и сепаратор бокового опорного блока. Боковые блоки соединены между собой кинематическими опорами, позволяющими им плавно перемещаться относительно друг друга и обеспечивать стабильную работу подшипника.

Сепаратор 5 боковых опорных блоков для шариков 6 содержит круговую обойму, образованной гнездами 9 для тел качения – шариков бокового опорного блока и связанными по окружности перемычками и установочное кольцо 8, соединённое с гнездами 9 радиальными перемычками (рис. 2).

Сепаратор 3 радиальной опорной части состоит из двух кольцевых корпусных секций, скрепляемых фиксаторами – штифтами. Сепаратор содержит распределенные по окружности гнезда для роликов радиальной опорной части и сквозные каналы для кинематических опор осевой опорной части. Каналы для кинематических опор обеспечивают возможность перемещения кинематических опор вдоль оси сепаратора радиальной опорной части [11]. Расположение роликов радиальной части и кинематических опор внутри единого сепаратора изолированно друг от друга, обеспечивает передачу нагрузок через детали осевой части, не влияя на работу деталей радиальной части и наоборот.

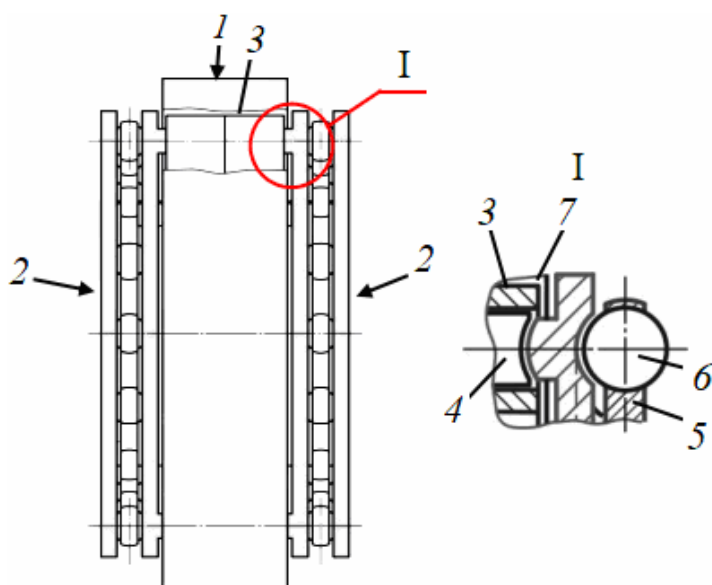


Рис. 1. Комбинированный подшипник: 1 – радиальная опорная часть; 2 – осевая опорная часть; 3 – сепаратор радиальной опорной части; 4 – кинематические опоры; 5 – сепаратор осевой опорной части; 6 – шарики осевой опорной части; 7 – ролики радиальной опорной части

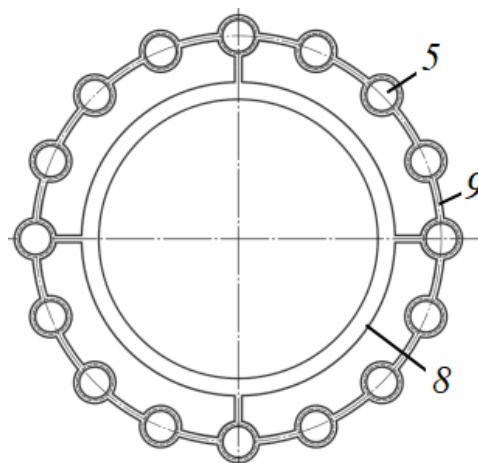


Рис. 2. Сепаратор осевой опорной части: 8 – установочное кольцо; 9 – гнезда шариков

Разработанный комбинированный подшипник воспринимает двусторонние, как радиальную, так и осевую, нагрузки. С целью выявления обоснованных теоретически преимуществ разработанного комбинированного подшипника, таких как: повышенная устойчивость к воздействию радиальных и осевых нагрузок, увеличенный ресурс работы вследствие снижения износа, увеличение общей грузоподъемности комбинированного подшипника, возможность эксплуатации в сложных климатических и производственных условиях необходимы экспериментальные исследования.

Дальнейший план исследований включает следующие этапы:

- экспериментальное исследование в виде компьютерного моделирования с использованием специализированных программ для расчета распределения напряжений в элементах подшипника;
- стендовые испытания на специальном оборудовании, позволяющем воспроизводить реальные рабочие условия;
- анализ результатов предполагает обработку данных статистическими методами, оценку изменения размеров и формы деталей подшипника, динамику износа материалов.

### Практическая значимость

Представленная конструкция комбинированного подшипника способна значительно улучшить восприятие осевых нагрузок, до уровня, сопоставимого по величине с радиальными, повысить надежность и долговечность оборудования, работающего в тяжёлых режимах эксплуатации. Технический результат полезной модели – повышение несущей способности комбинированного подшипника.

### Выводы

Результатом работы является разработанная конструкция комбинированного радиально-упорного подшипника. В предложенном подшипнике используется сочетание роликовых и шариковых элементов качения. Ролики предназначены для работы в условиях радиальных нагрузок, в то время как шарики отвечают за восприятие осевых усилий. Такой подход позволяет разделять нагрузки и предотвращать воздействие радиальных сил на элементы, предназначенные для осевых нагрузок, и наоборот.

Практическая ценность представленной разработки заключается в увеличении общей грузоподъемности комбинированного подшипника, обеспечении возможности воспринимать

двусторонние осевые нагрузки, не связанные с конструкцией радиальной части, и увеличении срока службы подшипника.

#### Список литературы

1. Черменский О.Н., Федотов Н.Н. Подшипники качения. Справочник-каталог. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
2. Двухрядные конические роликовые подшипники: официальный сайт компании NEW WORLD. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.newworld-bearing.com/product-double-row-tapered-roller-bearings.html>.
3. Каталог продукции. Вологодский подшипниковый завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vbf.ru/products/catalog/?ysclid=lfa8n6oplu729516243>.
4. Каталог SKF. Радиальные шарикоподшипники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lmotion.ru/cataloguespdf/radialniechar.pdf?ysclid=lfa82mr7fg145446103>.
5. Patent No. 3502500 EP. Stutzlager / Escher Maximilian, Stutzlein Markus. – No. 102018101870, 29.01.2018; 26.06.2019, Patentblatt 26.
6. Патент №212863 РФ. Подшипник качения / М.М. Матлин, В.А. Санинский, Ю.Н. Кокарева, В.А. Казанкин. – Заявка №2022113817 от 24.05.2022; опубл. 11.08.2022, Бюл. №23.
7. Патент №212860 РФ. Подшипник качения / М.М. Матлин, В.А. Санинский, С.В. Кузьмин, Ю.Н. Кокарева, К.В. Худяков, В.А. Казанкин. – Заявка №2022113789 от 24.05.2022; опубл. 11.08.2022, Бюл. №23.
8. Королёва Е.Э., Давиденко И.Д., Зеленов А.С., Мещеряков А.В. Радиально-упорный подшипник шариковый // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности: Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2023. – С. 208-210.
9. Патент №223837 РФ. Комбинированный упорно-радиальный шарико-роликовый подшипник / А.Е. Ряполов. – Заявка №2023123142 от 06.09.2023; опубл. 05.03.2024, Бюл. №7.
10. Патент №2346191 РФ. Роликовый подшипник / А.В. Королев, А.И. Сычев. – Заявка №2006144976 от 18.12.2006; опубл. 10.02.2009, Бюл. №4.
11. Патент №232588 РФ. Комбинированный подшипник / А.В. Мещеряков, К.А. Григорьев, В.А. Григорьев, С.Ю. Богачева, А.С. Зеленов, Л.А. Федина. – Заявка №2024133579 от 08.11.2024; опубл. 14.03.2025, Бюл. №8.

#### References

1. Chermensky O.N., Fedotov N.N. Rolling Bearings. Reference Catalog. – M.: Mechanical Engineering, 2003. – 576 p.
2. Double row tapered roller bearings [Electronic resource]. – Access mode: <https://ru.newworld-bearing.com/product-double-row-tapered-roller-bearings.html>.
3. Product catalog. Vologda Bearing Factory [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.vbf.ru/products/catalog/?ysclid=lfa8n6oplu729516243>.
4. SKF Catalog. Radial Ball Bearings [Electronic resource]. – Access mode: <https://lmotion.ru/cataloguespdf/radialniechar.pdf?ysclid=lfa82mr7fg145446103>.
5. Patent No. 3502500 EP. Stutzlager / Escher Maximilian, Stutzlein Markus. – No. 102018101870, 29.01.2018; 26.06.2019, Patentblatt 26.
6. Patent No. 212863 RU. Rolling bearings / M.M. Matlin, V.A. Saninskij, Yu.N. Kokareva, V.A. Kazankin. – Appl. No. 2022113817 from 24.05.2022; publ. 11.08.2022, Bul. No. 23.
7. Patent No. 212860 RU. Rolling bearings / M.M. Matlin, V.A. Saninskij, S.V. Kuzmin, Yu.N. Kokareva, K.V. Khudyakov, V.A. Kazankin. – Appl.No. 2022113789 from 24.05.2022; publ. 11.08.2022, Bul. No.23.
8. Koroleva E.E., Davidenko I.D., Zelenov A.S., Meshcheryakov A.V. Radial-Thrust Ball Bearing // Innovative Development of Engineering and Technologies in Industry: Collection of Materials of the All-Russian Scientific Conference of Young Researchers with International Participation. – M.: Kosygin State University of Russia, 2023. – P. 208-210.
9. Patent No. 223837 RU. Combined thrust-radial ball-roller bearing / A.E. Ryapolov. – Appl. No. 2023123142, from 06.09.2023; publ. 05.03.2024, Bul. No. 7.
10. Patent No. 2346191 RU. Roller Bearing / A.V. Korolev, A.I. Sychev. – Appl. No. 2006144976 from 18.12.2006; publ. 10.02.2009, Bul. No. 4.
11. Patent No. 232588 RU. Combined bearing / A.V. Meshcheryakov, K.A. Grigoriev, V.A. Grigoriev, S.Yu. Bogacheva, A.S. Zelenov, L.A. Fedina. – Appl. 2024133579 from 08.11.2024; publ. 14.03.2025, Bul. No. 8.

#### Сведения об авторах:

**Богачева Светлана Юрьевна** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теоретической и прикладной механики  
sveta\_bogacheva@mail.ru

#### Information about authors:

**Bogacheva Svetlana Yurievna** – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of theoretical and applied mechanics

Получена 10.10.2025