

# ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ БЕССЕПАРАТОРНЫХ РОЛИКОВЫХ ПОДШИПНИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

*Микаелян А.Т.<sup>1</sup>, Трофимов Н.А.<sup>2</sup>, Пашков Е.Н.<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>НИ ТПУ, ИШНПТ, группа 4А12,*

*e-mail: atm5@tpu.ru*

*<sup>2</sup>ИШНПТ, группа 4А12,*

*e-mail: nat17@tpu.ru*

*<sup>3</sup>НИ ТПУ, ИШНПТ, к.т.н. доцент ОМШ,*

*e-mail: epashkov@tpu.ru*

## **Введение**

Роликовый подшипник – узел, используемый для уменьшения сил трения в опоре, использующий в качестве тела качения ролик. Конструктивным недостатком и основной проблемой таких подшипников являются сепараторы, как самая ненадёжная деталь. В связи с этим разработаны конструкции не использующие сепараторы. Одним из перспективных направлений разработки являются подшипники, использующие зубчатое зацепление для сепарирования роликов. Такое решение позволяет не только повысить нагрузочную способность подшипника, но и значительно снизить влияние проскальзывания роликов ввиду гораздо меньшего проскальзывания зубчатого зацепления.

## **Передовые исследования в области**

В исследовании В.Л. Юрьевой, Г.А. Матвеева, Н.В. Филонова [1] рассматривается геометрический синтез планетарного механизма, составленного из цилиндрических колес с шевронными зубьями. Из приведенных расчетов можно увидеть, что данный подшипниковый узел рассчитан целиком как планетарный механизм, а не как модернизация существующей модели роликового подшипника, при этом были сохранены основные присоединительные размеры подшипника, аналогом которого должен служить приведенный узел. Проблема осевой устойчивости механизма решена, в данном случае, применением шевронного зацепления. Приведенная схема помогает решить ряд проблем обычных роликовых подшипников: обеспечивает чистое качение сопряженных поверхностей; увеличивает радиальный зазор в подшипнике, обеспечивая возможность снизить требования к точности взаимного расположения осей колес; существенно повышает несущую способность подшипника.

В своей статье [2] Элиас Брасситос и Константинос Мавроидис предлагают, как развитие применения планетарных механизмов в электродвигателях, для преобразования вращения, замену комбинации подшипника и планетарного механизма на просто планетарный механизм, который должен выполнять обе роли. Их применение обосновывается упрощением конструкции, за счет меньшего количества деталей, и меньшим износом, по сравнению с обычными подшипниками, из-за магнитного притяжения тел качения к статору во время работы.

В исследовании компании SKF Group «Thinking beyond rolling bearings: gears»[3] приведен передовой метод расчета ресурса планетарных передач в рамках трибологии, применяя методы для расчетов подшипников. Он рассматривает вероятность безотказной работы поверхности как риск отказа, который не зависит от подповерхностных напряжений по Герцу. Это открывает новые возможности использования специализированных трибологических моделей для описания поверхностных отказов в зоне контакта качения. Концептуальная модель может быть улучшена до прогнозной модели путем внесения уточняющих корректировок на основании большего количества данных, полученных в результате испытаний зубчатых передач при различных условиях эксплуатации.

На данный момент существует несколько патентов [4, 5, 6, 7] которые рассматривают технические решения, связанные с применением зубчатого зацепления в роликовых подшипниках. Однако данные технические решения имеют ряд недостатков. Самым передовым патентом на данный момент является патент [7]. Он включает в себя наибольшее количество реализованных конструкций для использования зубчатого зацепления в роликовом подшипнике.

### **Результаты анализа исследований**

В радиальных опорах авиационных приводов и турбовальных двигателях наиболее распространены роликовые подшипники качения, обладающие более высокой нагрузочной способностью. Высокие весовые и прочностные требования вынуждают использовать детали опор на пределе их возможностей. Роликовые подшипники практически достигли предела развития, новые материалы уже незначительно повышают характеристики, как и повышение точности изготовления. Основные пути модернизации, это улучшение сепараторов или отказ от них, как главной уязвимости этого типа подшипников.

Также представленный тип подшипника может быть использован в буксах поездов [7], электродвигателях и пр.

### **Список литературы**

1. Юрьева В.Л. Кинематический синтез зубчатого механизма, заменяющего радиальный роликовый подшипник качения / В.Л. Юрьева, М.А. Матвеев, Н.В. Филонов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук: т.16 – М.: 2014 – С. 573–577.
2. Kinematics Analysis and Design Considerations of the Gear Bearing Drive. Elias Brassitos and Constantinos Mavroidis 2013 – С. 159–175.
3. Гибридные подшипники качения для авиационных двигателей (обзор). Ножницкий Ю.А., Петров Н.И., Лаврентьев Ю.Л. Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова, г. Москва 2019 – С. 63–76.
4. Малышев А.И. Роликовый подшипник. 2161740 / А.И. Малышев, В.В. Кисляков // пат. RU2161740C2 – 1999. – 4 с.
5. Филонов Н.В. Подшипник качения радиальный роликовый бессепараторный. 2135851 / Н.В. Филонов, В.Л. Юрьева, Г.А. Матвеев // пат. RU2135851C1 – 1997. – 8 с.
6. Волков Г.Ю. Зубчатый подшипник. 2345255 / Г.Ю. Волков, Д.А. Курасов // пат. RU2345255C1 – 2007. – 7 с.
7. Захаров Е.Н. Бессепараторный подшипник качения (варианты) и способ его сборки (варианты). 2427734 / Е.Н. Захаров, Ю.В. Богачев, А.С. Харчев // пат. RU2427734C1 – 2010. – 33 с.
8. Черемискина М.С. Кинематика бессепараторных подшипниковых узлов с зубчатой передачей: научный доклад / М.С. Черемискина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Управление по науке (УН), Отделение машиностроения (ОМШ); науч. рук. Е.Н. Пашков. – Томск, 2024.