

УДК 621.8

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ САМОУСТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ ПОДШИПНИКОВ ДЛЯ ГОРНЫХ МАШИН

Сюрина Е.Е., Воробьева О.И., Кулачек З.Д.

Студенты группы МАБ-231.2

Научный руководитель: **Кузин Е.Г.**, к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,
филиал в г. Прокопьевске

Аннотация. В работе приводятся сведения о направлениях повышения ресурса компонентов горных машин, основными из которых являются: совершенствование технического сервиса и совершенствование самих компонентов. Дается обзор истории развития и особенности функционирования самоцентрирующихся двухрядных подшипников применительно к различным машинам в горной промышленности.

Ключевые слова: Самоцентрирующийся подшипник, надежность, долговечность, горные машины, спектры вибрации, расцентровка, дисбаланс.

Abstract. The paper provides information on the ways to increase the resource of mining machinery components, the main of which are: improvement of technical service and improvement of the components themselves. An overview of the history of the development and features of the functioning of self-centering double-row bearings in relation to various machines in the mining industry is given.

Keywords: Self-centering bearing, reliability, durability, mining machines, vibration spectra, misalignment, imbalance.

Актуальность вопросов повышения эксплуатационной надежности горных машин доказывается исследованиями российских и зарубежных авторов. Так в работах [1 - 4] показывается, что обнаружение дефектов подшипников и зубчатых передач редукторов горных машин является одной из наиболее исследуемых задач. Направления повышения ресурса и долговечности компонентов технических систем, особенно на опасных производственных объектах, включает совершенствование систем мониторинга состояния и применение новых технических решений.

Так, стандартные подшипники качения, такие как подшипники с шариковыми канавками или роликоподшипники, прекрасно справляются со своей задачей обеспечения устойчивой опоры только на строго отцентрированном вращающимся валу.

Однако, многие механизмы, особенно в тяжелом машиностроении и горной промышленности, характеризуются сильными ударными нагрузками, вибрациями и неизбежными нарушениями работы соосности валов из-за динамической расцентровки, термической деформации или возникающих де-

фектов конструкции. В таких случаях обычные подшипники, требующие идеального расположения вала, быстро выходят из строя, что приводит к значительному увеличению времениостоя и дополнительных затрат на настройку (центровка и балансировка) [5, 6].

Проблема стала особенно серьезной в начале 20-го века, когда активно развивалось машиностроение, а требования к надежности оборудования неуклонно повышались. В 1907 году шведский инженер Свен Вингквист, работавший на лесопилке, лично занялся решением проблемы. Он отметил, что подшипники производственного оборудования, несмотря на использование высококачественных материалов и тщательный контроль центровки валов, выходили из строя почти ежедневно.

Попытки повысить точность изготовления и использования износостойких инструментов не привели к каким-либо заметным последствиям. Компания Svenska Kullagerfabriken (SKF), созданная Вингквистом провела тщательный анализ механических характеристик и пришла к выводу, что причиной преждевременного износа подшипников является не качество материала, а неизбежные неточности в креплении и работе балок, приводящие к значительным радиальным и осевым нагрузкам на подшипники. Обычные однорядные шариковые и роликовые подшипники, способные выдерживать радиальные нагрузки только при идеальной центровке вала, неправлялись с такими условиями [7].

В обычных подшипниках, даже при незначительном смещении оси вращения, возникает большая нагрузка, что приводит к быстрому разрушению дорожек качения и шариков или роликов. В поисках решения компания SKF разработала специальную конструкцию – двухрядный самоустанавливающийся шарикоподшипник. Основным преимуществом было использование сферического наружного сепаратора. Такая закругленная поверхность позволяет подшипнику автоматически компенсировать небольшое угловое отклонение вала (до 2 - 3 градусов).

Вместо того чтобы требовать полной центровки, подшипник «корректирует» минимальное смещение, равномерно распределяя нагрузку по периметру и предотвращая концентрацию напряжений в определенных областях. Двухрядная конструкция, в свою очередь, обеспечивает повышенную несущую способность и стабильную работу по сравнению с однорядными подшипниками. Это был настоящий прорыв в области машиностроения, который значительно повысил надежность и долговечность многих машин и процессов, работающих в сложных условиях [7].

Изобретение Вингквиста получило широкое применение во всех отраслях промышленности, от автомобилестроения до горнодобывающей промышленности, и продолжает использоваться и развиваться по сей день. Развитие самоустанавливающихся подшипников продолжилось созданием подшипников с различными роликами (сферическими, цилиндрическими, коническими), а также усовершенствованными материалами и технологией изго-

тования, что позволило расширить область их применения и еще больше повысить их надежность и долговечность.

Современные самоустанавливающиеся подшипники успешно используются в сложных условиях работы горных машин и оборудования, характеризующихся высокими температурами, агрессивными рабочими средами и атмосферой и ударными нагрузками, и обеспечивают стабильные механические характеристики.



Рисунок 1 - Самоустанавливающейся двухрядный подшипник

Самоустанавливающиеся подшипники являются важными компонентами многих типов механических систем, где требуется компенсация несоосности и расцентровки, вибронагруженных машин (грохотов, мельниц, центрифуг), при изменении температуры эксплуатации (экскаваторы и карьерный транспорт) при значительном осевом смещении нагрузки (подъемные машины, вентиляторы, насосы).

Каждый подшипник установлен на своей раме, что позволяет устраниТЬ потенциальное смещение между рамой и другими блоками. Принцип действия самоустанавливающихся подшипников: основой работы является наличие сферического наружного кольца (роликовой дорожки) и внутреннего кольца, которое может свободно вращаться внутри него. Это позволяет подшипнику адаптироваться к угловому отклонению отверстия. Внутреннее кольцо, вставленное в полость, вращается вместе с ним. Внешнее кольцо, установленное в корпусе, остается неподвижным. Для обеспечения плавного вращения между внутренним и внешним кольцами имеются ролики (или шарики) и разделительный сепаратор (рисунок 1).

Условия эксплуатации при высоких перепадах температур, какие возникают например при работе горных машин на открытых работах, вызывают тепловое расширение (сокращение) материалов, что может привести к изменению геометрии валов и посадочного места подшипника. Самоустанавливающиеся подшипники способны компенсировать эти изменения, сохраняя работоспособность нагруженного узла в широком диапазоне температур [8].

Важно отметить, что при выборе рабочей среды для работы при высоких температурах следует учитывать допустимый температурный диапазон конкретной горной машины и использовать специальные смазочные материалы, способные выдерживать высокие температуры.

Низкая точность изготовления вала и опорных узлов: в условиях ограниченных финансовых или массового производства, когда достижение высокой точности изготовления требует больших затрат, использование самоустанавливающихся подшипников становится рациональным эффективным решением. Они устраняют незначительные дефекты формы посадочных поверхностей и корпусных деталей, устранивая необходимость в дорогостоящей доработке, шлифовке и подгонке.

Когда вал отклоняется, ролики перераспределяют нагрузку, компенсируя смещение. В некоторых конструкциях для облегчения установки используется конический внутренний диаметр. Установка и техническое обслуживание: установка самоустанавливающихся подшипников проста, при этом для протяженных и ответственных конструкций целесообразно использовать переходные втулки с правильными допусками и посадками.

На рисунке 2 показан спектр вибрации корпуса подшипника разбалансированной машины, имеющей недопустимый уровень вибрации на оборотной частоте ротора 13,2 мм/с. При этом данный уровень вибрации не был вызван дефектами подшипника а только технологией работы машины. Для таких горных машин применение двухрядного самоцентрирующегося подшипника является необходимым условием.

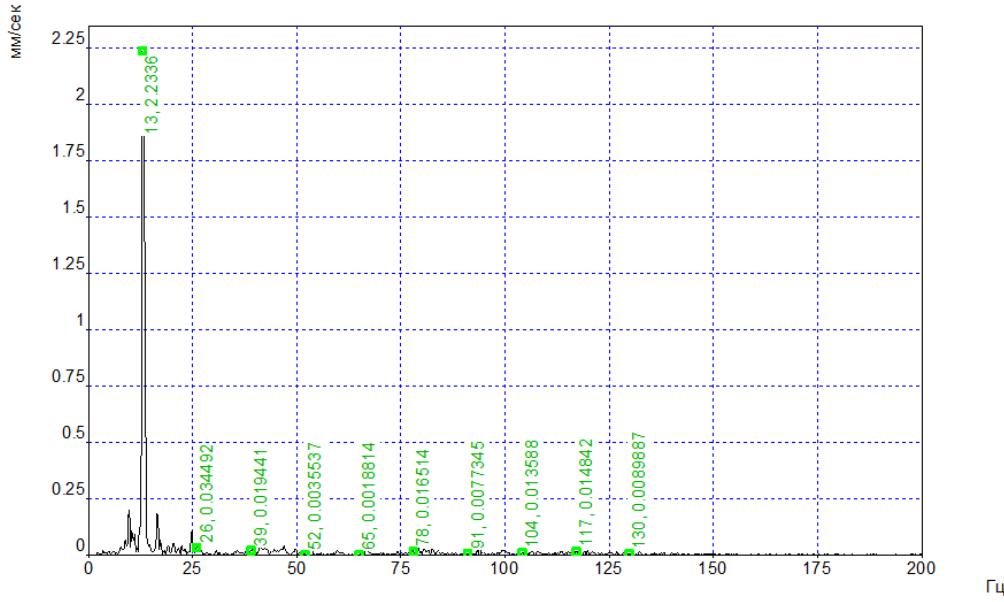


Рисунок 2 – Спектр вибрации динамически разбалансированной машины

Следует отметить, что долговечность работы подшипников в конкретных условиях эксплуатации требует применения соответствующего типа смазочных материалов, как жидкких, так и пластичных. Многие узлы с установленными самоцентрирующимися подшипниками целесообразно оснащать датчи-

ками вибрации и температуры для оценки их технического состояния и прогнозирования его изменения.

Таким образом, обеспечение требуемых показателей надежности достигается применением современных технических решений, качественных материалов для пар трения и смазки, оснащение узлов системами мониторинга параметров состояния и проведение требуемого объема технического сервиса на основе оценки данных параметров.

Список литературы

1. Rahmani, F.; Makki, E.; Giri, J. Influence of Bearing Wear on the Stability and Modal Characteristics of a Flexible Rotor Supported on Powder-Lubricated Journal Bearings. Lubricants 2023, 11, 355. <https://doi.org/10.3390/lubricants11090355>.
2. Кузин, Е. Г. Диагностика приводов ленточных конвейеров по совокупности методов неразрушающего контроля / Е. Г. Кузин // Инновации в топливно-энергетическом комплексе и машиностроении (ТЭК-2017) : сборник трудов Международной научно-практической конференции, Кемерово, 18–21 апреля 2017 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. – С. 259-266. – EDN YIWWEJ.
3. Распознавание дефектов подшипников качения в редукторах горных машин по параметрам вибрационного сигнала / Б. Л. Герике, Ю. В. Дрозденко, П. Б. Герике [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2017. – № 5(132). – С. 43-48. – EDN ZDMVIZ.
4. Diagnostics of Technical Condition of Gear Units of Belt Conveyors for the Aggregate of Methods of Nondestructive Testing / E. G. Kuzin, M. G. Lupiy, N. V. Grigoryeva [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kemerovo, 18–21 апреля 2017 года. – Kemerovo, 2017. – P. 012013. – DOI 10.1088/1757-899X/253/1/012013. – EDN ZRMDVV.
5. Diagnostics of Technical Condition of Gear Units of Belt Conveyors for the Aggregate of Methods of Nondestructive Testing / E. G. Kuzin, M. G. Lupiy, N. V. Grigoryeva [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Kemerovo, 18–21 апреля 2017 года. – Kemerovo, 2017. – P. 012013. – DOI 10.1088/1757-899X/253/1/012013. – EDN ZRMDVV.
6. Кузин, Е. Г. Диагностика технического состояния редукторов шахтных ленточных конвейеров / Е. Г. Кузин, Б. Л. Герике // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № 8. – С. 47-55. – DOI 10.25018/0236-1493-2017-8-0-47-55. – EDN ZEGECN.
- 7 SKF компания по производству подшипников. <https://www.modernmachinery.ru/home/brendy/brend-skf.html#>.
8. Подшипниковые узлы современных машин и приборов: Энциклопедический справочник / Под общей ред. В.Б. Носова.– М.: Машиностроение, 2019. – 640 с.