

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ИЗНОС ПОДШИПНИКОВ Слепова А.Ш. Email: Slepova1140@scientifictext.ru

Слепова Альфия Шамилевна – старший преподаватель,
кафедра вычислительных систем и технологий,
Филиал «Восход» Московского авиационного института
Национального исследовательского университета, г. Байконур, Республика Казахстан

Аннотация: в статье рассмотрен анализ факторов снижения износоустойчивости подшипников. Надежность машин и оборудования, которые обеспечивают движение отдельных элементов относительно друг друга, при работе в условиях высоких нагрузок, обеспечивается ресурсом и износоустойчивостью подшипников и узлов трения. Помимо нагрузок, которые испытывают подшипники и узлы трения, на их работу и эксплуатационную надежность влияют воздействия условий окружающей среды, условия и режимы работы. Износ подшипников приводит к необратимым изменениям геометрических параметров подшипников, что в значительной степени снижает надежность механизмов, которые включают подшипники. В статье приведены причины, влияющие на снижение надежности работы основных видов подшипников – подшипников качения и подшипников скольжения. В качестве факторов, которые определяют снижение износоустойчивости подшипников, представлены дефекты подшипников. Появление дефектов приводит к уменьшению эксплуатационного срока подшипников. Данная работа содержит анализ условий, которые влекут за собой появление различных дефектов. В ходе проведенного анализа выявлены и подробно описаны факторы появления различных видов дефектов, характерные черты дефектов подшипников качения и подшипников скольжения, представлено их схематичное изображение. Актуальность предлагаемого исследования обусловлена многими факторами. В частности, одним из основных требований к эксплуатации оборудования и механизмов является экономическая составляющая. Продление жизненного цикла работы оборудования обеспечивает снижение экономических затрат на ремонт и замену как отдельных элементов, так и механизма в целом. В свою очередь продление жизненного цикла оборудования возможно при уменьшении вероятности появления условий, которые способствуют преждевременному износу основных конструктивных элементов, таких как подшипник. Работа представляет интерес как для специалистов, которые исследуют вопросы надежности и уменьшения факторов риска в условиях интенсивной работы оборудования, связанного с перемещением, качением или скольжением, так и для молодых ученых, аспирантов, область научных интересов которых связана с износоустойчивостью подшипников качения и подшипников скольжения.

Ключевые слова: анализ, надежность, механизм, подшипник, износ, фактор, условия эксплуатации, дефект, причина, трение.

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE WEAR OF BEARINGS Slepova A.S.

Slepova Alfiya Shamilevna – Senior Lecturer,
DEPARTMENT OF COMPUTER SYSTEMS AND TECHNOLOGIES,
BRANCH "VOSKHOD"
MOSCOW AVIATION INSTITUTE (NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY),
BAIKONUR, REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract: in the article the analysis of the factors reducing the durability of the bearings. Reliability of machinery and equipment, which ensure the movement of the individual elements relative to each other, when working in conditions of high loads, provided by resource and durability of bearings and friction units. In addition to the loads experienced by the bearings and friction units and at their work and the operational reliability is influenced by exposure to environmental conditions, conditions and modes of operation. Bearing wear leads to irreversible changes in the geometrical parameters of bearings, which greatly reduces the reliability of mechanisms that incorporate bearings. The article describes the factors influencing the decline in the reliability of the main types of bearings, rolling bearings and sliding bearings. The factors that determine the reduction in durability of the bearings, defects in bearings is presented. The appearance of defects leads to a decrease in operating life of bearings. This work contains the analysis of the conditions, which entail occurrence of various defects. In the course of the analysis identified and described the factors of occurrence of various types of defects, characteristics of defects of rolling bearings and slide bearings are represented by their schematic representation. The relevance of the proposed research is caused by many factors. In particular, one of the main requirements for operation of equipment and mechanisms is the economic component. Extending the life cycle of the equipment ensures the reduction of economic costs for repair and replacement of individual

elements, and the mechanism as a whole. In turn, the extension of the life cycle of the equipment is possible when reducing the probability of occurrence of conditions that contribute to premature wear of the main structural elements such as bearing. The work is of interest both for specialists that explore the issues of reliability and reduction of risk factors in heavy equipment operation associated with the movement, rolling or sliding, and for young scientists, postgraduates, research interests concerned with the durability of rolling bearings and sliding bearings.

Keywords: *analysis, reliability, mechanism, bearing, wear, factor, condition, operation, defect, cause friction.*

УДК 621.762

Несмотря на появление прогрессивных технологий, на сегодняшний день нет альтернативы подшипникам и подшипниковым узлам. Подшипники нашли применение во многих отраслях. Они широко применяются в машиностроении, приборостроении, станкостроении, в агрегатах нефтеперерабатывающей промышленности, автомобилестроения, сельского хозяйства, насосных установках и компрессоров. В связи с этим подшипники являются неотъемлемой частью ответственных механизмов, которые обеспечивают движение: линейное перемещение, вращение, качание отдельных компонентов по отношению друг к другу с минимальным сопротивлением, что передаёт нагрузку от движущегося узла на другие элементы конструкции.

Надежность и долговечность оборудования, работающего при высоких нагрузках с большими коэффициентами трения, экстремальных температурах и неравномерном режиме определяются ресурсом подшипников и узлов трения, износ которых зависит от нагружения, воздействий агрессивной окружающей среды, режима эксплуатации, наличия абразива. Поэтому целью данной статьи является анализ причин появления дефектов подшипников разных типов, выявление способов уменьшения преждевременного износа подшипников, тем самым повысить эксплуатационную надежность оборудования.

Актуальность предлагаемого анализа обусловлена потребностью увеличения жизненного цикла механизмов за счет уменьшения износа таких конструктивных узлов как подшипник, что возможно достичь путем уменьшения риска возникновения различных дефектов. Следующий аспект актуальности рассматриваемого анализа определяется необходимостью оптимального выбора элементной базы при проектировании агрегатов, составными частями которых являются механизмы, обеспечивающие движение. Определяя элементную базу, необходимо помимо реализации возложенных функций обеспечить наименьшие экономические затраты при изготовлении и эксплуатации проектируемого изделия. С другой стороны, часто возникает вопрос модернизации механизмов с целью повышения эффективности работы. Это достигается путем снижения рисков возникновения дефектов элементов. В работе [1] автором предложено заменить подшипник качения на подшипник скольжения в поддерживающем ролике картофелекопателя КТН-2В.

Предлагается рассмотреть два класса подшипников: подшипник качения и подшипник скольжения. Ввиду различных конструктивных решений реализации подшипников качения и скольжения, и как следствие, принципов работы, причины возникновения дефектов также различны.

Исследование технического состояния трущихся деталей включает работы:

- определение работоспособности агрегатов;
- замер люфтов шарнирных соединений;
- микрометрический обмер деталей;
- внешний осмотр поверхностей трения деталей;
- лабораторные и стендовые испытания.

В случае обнаружения дефектов при выполнении перечисленных видов работ необходимо диагностировать причины появления дефектов. На сегодняшний день основным методом диагностики подшипников является виброакустический метод диагностирования механических узлов. Данный метод обнаружения дефектов в узлах агрегатов входит в простейшую оценку технического состояния по общему уровню вибросигнала. Метод заключается в сравнении полученных уровней вибрации с соответствующими нормативными значениями [2].

Подшипник скольжения состоит из трех элементов: антифрикционный вкладыш, часть поверхности вала и разделяющий масляный слой.

Все возникающие в процессе эксплуатации подшипников скольжения проблемы состояния, объединены в следующие группы:

1. Проблемы, несущей способности масляного клина, выполняющего функции опорного элемента подшипника скольжения.
2. Проблемы, связанные с изменением величины зазора между галтелью вала и антифрикционным вкладышем.
3. Проблемы технического состояния рабочих поверхностей подшипника.

Одним из основных факторов, влияющих на надежность функционирования подшипников скольжения, является возникновение и работа масляного клина [3]. Роль масляного клина заключается в поддержании вращающегося ротора механизма. Несущая способность масляного клина подшипника скольжения находится в нелинейной зависимости от величины зазора и антифрикционного вкладыша. В данном случае наблюдается неоднозначное влияние толщины слоя масла на работу подшипника. Уменьшение толщины слоя масла влечет за собой повышение несущей способности подшипника. С другой стороны, предельное уменьшение толщины слоя масла снижает устойчивость подшипника к динамическим нагрузкам, что ведет к увеличению механического износа подшипника, так как возможно возникновения задевания шейки вала об антифрикционный вкладыш. Масляный слой имеет максимальную толщину в месте входа рабочей поверхности вращающегося вала в несущую область подшипника, но при выходе из нее он минимален. Толщина масляного слоя обратно пропорциональна величине вертикальной нагрузки на подшипник скольжения. Таким образом, при определенных эксплуатационных условиях подшипники могут потерять устойчивость и перейти в режим автоколебаний в радиальном направлении (рисунок 1). Причиной появления режима автоколебаний является значительное уменьшение нагрузки вала ротора на подшипник, что приводит подшипник в режим колебаний толщины масляного клина. Вследствие этого возникает значительное изменение траектории движения центра ротора. Вибрации масляного клина проявляются там, где присутствует значительное отклонение следующих параметров:

1. Несоответствие нагрузки от ротора на подшипник расчетной несущей способности масляного клина.
2. Присутствие дополнительной возмущающей силы.
3. Значительное изменение эксплуатационных параметров масла относительно расчетных: изменение вязкости, температуры, давления, появление дополнительных примесей.

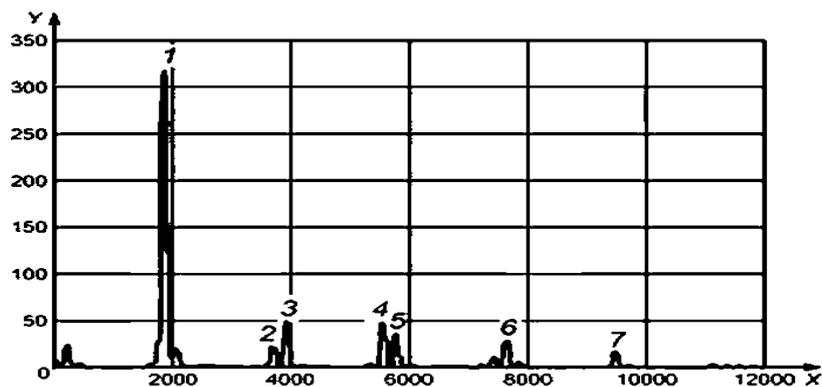


Рис. 1. Спектр вибрации подшипника скольжения с масляной субгармоникой

Немаловажной проблемой работы подшипника скольжения является увеличение зазоров между вкладышем и галтели вала [4]. В процессе эксплуатации зазоры постепенно увеличиваются, что приводит к появлению еще одного дефекта - расцентровки. Этот дефект возбуждает вибрации, влекущие обкатывание ротора по окружности подшипника. Если рассматривать механизмы с наличием собственных частот вибрации, таких как насосы, то в этом случае значительно возрастает лопаточная гармоника (рисунок 2).

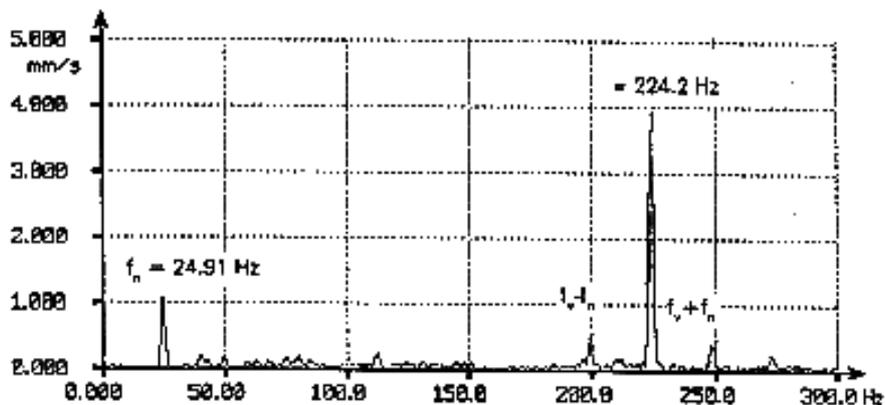


Рис. 2. Высокий уровень лопаточной гармоникой

К повышению вибрации ведет некорректный монтаж. Вибрации обусловлены неверной установкой антифрикционных вкладышей, их пространственным перекосом или неустойчивостью внутри подшипниковой стойки.

В процессе работы шейки вала, которая является частью подшипника скольжения, возникает ее неравномерный износ. Вследствие неравномерности износа поперечное сечение шейки вала принимает форму эллипса, что не соответствует исходной форме круга. В данном случае толщина масляного клина будет модулироваться нелинейностью кривизны шейки вала. Такой дефект получил название эллипсность шейки вала.

Часть дефектов в подшипниках качения можно увидеть и услышать, появление таких явных признаков износа характерны для механического изнашивания подшипника качения. В свою очередь, механическое изнашивание может возникнуть по ряду причин, которые ведут к различным видам дефектов [5].

При малых скоростях относительно движения, высоком давлении, превышающем предел текучести фактически контактов, отсутствии защитной пленки окислов между трущимися деталями, низкой температуре нагрева возникает адгезионный износ. Адгезионный износ (рисунок 3) представляет собой пластическую деформацию металла в точках контакта, развитие которого ведет к активации сил сцепления между атомами контактирующих металлов. Он характеризуется возникновением адгезионных связей между деталями.



Рис. 3. Пример адгезионного износа

Окислительный износ характерен для узлов трения, детали которых выполнены из материалов с высокой твердостью и повышенным пределом текучести.



Рис. 4. Пример окислительного износа

Высокое давление, переменные нагрузки приводят к усталости металла, что характерно для осповидного износа (рисунок 5). В этом случае при длительном циклическом действии напряжений в поверхностном действии в поверхностном слое металла образуются трещины или так называемые «оспы», приводящие к отслаиванию частиц металла.



Рис. 5. Осповидный износ

Результатом конденсации влаги в корпусе подшипника при отсутствии смазочного материала является коррозионный износ (рисунок 6).



Рис. 6. Коррозионный износ

В условиях малых колебательных перемещений под действием вибраций контакт тел влечет возникновение фреттингового износа (рисунок 7).



Рис. 7. Фреттинговый износ

Разрушение сепаратора, обусловленное проблемой смазывания и деформацией наружных колец, из-за вибрации, заклинивания, перекосов повреждает другие детали.

Также к повреждению подшипника ведет воздействие радиальных сил.

Установление причин предельных износов необходимо для уменьшения выбраковки деталей при эксплуатации и ремонте [6]. Для определения предельных величин износов руководствуются следующими критериями:

1. Техническим.
2. Функциональным.
3. Экономическим [7].

Значительный износ может привести к нарушению кинематического взаимодействия деталей.

Список литературы / References

1. Колодяжная И.Н. Технологическое обеспечение долговечности роликовых узлов картофелеуборочных машин применением подшипников скольжения их полимерных материалов // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2011. С. 18.
2. Гаврилин А.Н., Мойзес Б.Б. Диагностика технологических систем // Учебное пособие, г. Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2014. С. 12.
3. Русов В.А. Спектральная вибродиагностика // Методическое пособие. г. Пермь, 1996. С. 44-45.
4. Русов В.А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам // Учебное пособие. г. Пермь, 2012. С. 124-126.
5. Сидоров В.А. Классификация повреждений подшипников, 2012 // [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://eam.su/klassifikaciya-povrezhdenij-podshipnikov.html>/(дата обращения: 28.11.2017).
6. Гаркунов Д.Н. Триботехника. Конструирование, изготовление и эксплуатация машин // Учебник, М.: МСХА, 2002. С. 594.
7. Боков В.А. Кризис методов обеспечения качества продукции // Эффект безыносовости и триботехнологии, 1998 г. № 1. С. 21-23.