

МРНТИ 30.03.17

Б. Ибилдаев | ©



Канд. техн. наук, доцент

ORCID

<https://orcid.org/0000-0003-1865-4570>



Казахский агротехнический исследовательский университет
им. С. Сейфуллина,



г. Астана, Казахстан



bisen05@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/RCMU9745>

АНАЛИЗ ПРИЧИН ОТКАЗОВ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Аннотация. Данные о доле различных видов повреждений подшипников качения у тракторов различных марок и даже у тракторов одной марки, но в различных выборках, могут несколько отличаться, так как это соотношение является результатом влияния ряда переменных факторов, в том числе нагруженности подшипниковых узлов, свойств абразивных частиц, попадающих в смазку и зависящих от почвенных условий в гоне эксплуатации тракторов, частоты нарушений заданной периодичности замены масла и др. Причиной снижения долговечности второй группы являются отклонения от технологии изготовления и ремонта машин. Овальность, конусность и другие дефекты посадочных поверхностей приводят к неблагоприятному перераспределению нагрузки между телами качения и усталостному выкрашиванию металла. Несоблюдение соосности валов и посадочных отверстий ведет к защемлению тел качения, перекоосу колец и поломкам деталей подшипников.

Ключевые слова: подшипник, посадочные места, повреждения, эксплуатация, износ, ремонтный фонд, технические требования, качество.



Ибилдаев, Б. Анализ причин отказов подшипников качения [Текст] / Б. Ибилдаев // Механика и технологии / Научный журнал. – 2024. – №4(86). – С.475-481. <https://doi.org/10.55956/RCMU9745>

Введение. Эффективные мероприятия по увеличению долговечности можно разработать только в том случае, когда известны причины повреждения поверхностных слоев деталей подшипника, физическая сущность и закономерности развития процессов.

Исследования технического состояния шасси колесных тракторов класса 1,4 кН, поступивших в первый капитальный ремонт, проведены авторами работ [1,2]. При исследовании состояния деталей 419 шасси тракторов осмотрены 7888 шариковых подшипников, установленных в 19 опорах трансмиссии. Радиальный зазор измерен у 7450 подшипников. При этом установлено, что 17,3% подшипников требовали замены, в том числе 86,3% по причине износа деталей подшипника, 1,9% выкрашивания, 10% поломки сепараторов, 1,5% трещин на кольцах, 0,3% коррозии. В данном случае износ является основной причиной выбраковки. Особенностью

трансмиссии обследованных тракторов является отсутствие принудительной фильтрации масла.

В работе [3] описаны результаты аналогичного исследования применительно к шариковым подшипникам колесных тракторов класса 3 кН. Эти тракторы отличаются от тракторов класса 1,4 кН не только конструкцией, видами выполняемых работ и характером эксплуатации, но и наличием принудительной фильтрации трансмиссионного масла коробки передач и раздаточной коробки. В процессе эксплуатации масло проходит через фильтры заборной и тонкой очистки, которые не пропускают частицы размером более 80 мкм. Коробка передач и раздаточная коробки имеют 26 опор на подшипниках качения, в этих опорах установлены 29 шариковых подшипников. Каждый тип подшипника был измерен в количествах от 110 до 130 шт. Общее количество дефектованных шариковых подшипников составило 3556 шт. Радиальный зазор измерен у 3044 подшипников. Выбраковано по различным причинам 22,3%, в том числе 71,5% из-за износа поверхностей качения, 21% – бринеллирования, 4,7% – поломки сепараторов, 2,8% – поломки шариков и колец.

Уменьшение доли выбракованных подшипников из-за износа с 86,3% [2] до 71,5% [3] при сравнении результатов приведенных выше двух исследований можно объяснить введением системы принудительной очистки.

Таким образом, принудительная фильтрация смазки снижает износ подшипников. При уменьшении размеров частиц, пропускаемых фильтрами, эффект может быть значительно больше.

Основной причиной выбраковки подшипников качения является износ. Второе место по удельному весу занимает разрушение сепараторов. Далее идут причины, связанные с проворачиванием колец подшипников на валах и в корпусах, повреждением усталостного характера и вмятинами на рабочих поверхностях подшипников, сколами колец и др.

Условия и методы исследований. Для подшипников коробок передач наиболее характерными дефектами являются износ и усталостное выкрашивание, поломки деталей и ослабление посадок. Подшипники конечных передач имеют значительные износы, усталостные разрушения, поломки сепараторов и проворачивание колец подшипников.

Данные о доле различных видов повреждений подшипников качения у тракторов различных марок и даже у тракторов одной марки, но в различных выборках, могут несколько отличаться, так как это соотношение является результатом влияния ряда переменных факторов, в том числе нагруженности подшипниковых узлов, свойств абразивных частиц, попадающих в смазку и зависящих от почвенных условий в гоне эксплуатации тракторов, частоты нарушений заданной периодичности замены масла и др. [2].

Причины, приводящих к снижению долговечности подшипников качения можно разделить на две группы: эксплуатационные и конструкторско-технологические.

Причины первой группы обуславливаются в основном уровнем соблюдения правил эксплуатации машин. При надлежащем соблюдении правил эксплуатации машин можно значительно повысить долговечность подшипников качения. Это возможно путем повышения квалификации машинистов, ремонтных рабочих, применения специальных стендов, съемников, приспособлений для разборки и сборки, своевременной регулировки узлов и агрегатов, своевременной смазки и замены

фильтрующих элементов системы смазки, своевременной замены герметизирующих устройств подшипниковых узлов и т.д.

Причины второй группы определяются стабильностью качества подшипников, выпускаемых промышленностью, соблюдением технологии их изготовления, соблюдением технологии изготовления и ремонта машин. Качество изготовления подшипников обуславливается следующими факторами: надлежащим выбором материалов, смазок и конструкции подшипников; соотношением размеров их деталей и рациональными внутренними зазорами; выбором режимов механической и термической обработки и рациональных методов получения заготовок; обеспечением надлежащего операционного и окончательного контроля; автоматизацией процессов изготовления и контроля.

Важным фактором, определяющим долговечность подшипников, является соблюдение технологии изготовления и ремонта машин, от которой зависят условия работы подшипников, связанные с посадками, соосностью посадочных отверстий, овальностью, конусностью и другими дефектами посадочных поверхностей.

Как правило, причины первой и второй группы приводят к различным видам повреждений деталей подшипников. Например, из-за несвоевременной смазки и замены фильтрующих элементов накапливаются механические примеси и абразивные частицы, которые интенсивно изнашивают поверхности качения.

В результате несвоевременной регулировки узлов возникают колебательные процессы, увеличивающие динамические, ударные нагрузки, которые в свою очередь приводят к снижению контактной стойкости деталей подшипника, поломкам и т.д.

При перегреве подшипниковых узлов ухудшаются физико-механические свойства смазочных масел, снижается твердость поверхностей качения, происходит их быстрое разрушение.

В результате нарушения герметизации подшипникового узла происходит попадание абразивных частиц в зону трения и интенсификация изнашивания деталей подшипника.

В некоторых случаях при проектировании узлов допускается неправильный выбор типов подшипников по грузоподъемности, скорости вращения, стойкости к различным перекосам и т.д. В связи с этим подшипники отказывают при наработках значительно меньше запланированного ресурса.

Несовершенство конструкции системы смазки и очистки масел приводит к недостаточному попаданию смазки в зону трения, некачественной очистке смазочного масла от механических примесей и абразивных частиц. В результате на поверхностях качения возникают различного рода схватывания и разрушения, интенсивное изнашивание механическими примесями и абразивными частицами.

Плохая герметизация подшипникового узла также способствует попаданию абразивных частиц, влаги и т.д., что ускоряет процесс изнашивания деталей подшипника.

Недостаточная твердость рабочих поверхностей деталей подшипника приводит к пластическому деформированию и к быстрому разрушению поверхностей качения.

Шероховатость рабочих поверхностей деталей подшипника, превышающая допустимую, способствует резкому увеличению радиального

зазора в начальный период эксплуатации за счет смятия микровыступов и последующему увеличению колебательных процессов и отказу подшипника.

Равномерность тел качения и отклонения от геометрических размеров деталей подшипника являются причиной местного контактного перенагружения и усталостного выкрашивания металла.

Причиной снижения долговечности второй группы являются отклонения от технологии изготовления и ремонта машин. Овальность, конусность и другие дефекты посадочных поверхностей приводят к неблагоприятному перераспределению нагрузки между телами качения и усталостному выкрашиванию металла. Несоблюдение соосности валов и посадочных отверстий ведет к защемлению тел качения, перекосу колец и поломкам деталей подшипников.

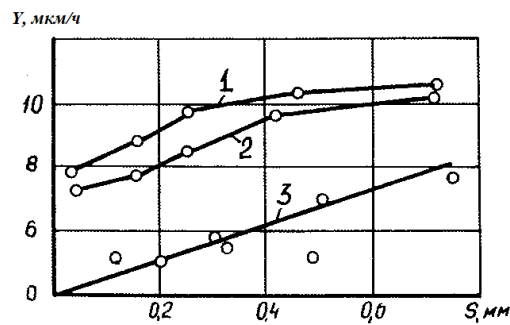
Качество сборки, обеспечивающее оптимальные посадки подшипников качения, является важными факторами, влияющим на их долговечность. От качества сборки зависит не только долговечность подшипника, но и всего подшипникового узла.

Результаты исследований и их обсуждение. Одним из распространенных дефектов подшипниковых узлов является ослабление посадок, которое приводит к проворачиванию колец и интенсивному изнашиванию посадочных поверхностей и самого подшипника. Кроме того, большинство посадочных мест расположено в базисных деталях, которые нужно сохранить как можно дольше или даже в течение всего срока службы машины. Корпусные детали являются сложными и дорогостоящими элементами современных машин, поэтому их замена при ремонте сопряжена с большими затратами, которые могут достигать 45% стоимости ремонта узлов и агрегатов тракторов.

После наработки 3500-4000 ч до 45-60% посадочных мест многих тракторов имеют значительный износ. Что касается посадок подшипников качения в корпусных деталях, то при капитальном ремонте тракторов 13-37% посадочных мест имеют значительный износ.

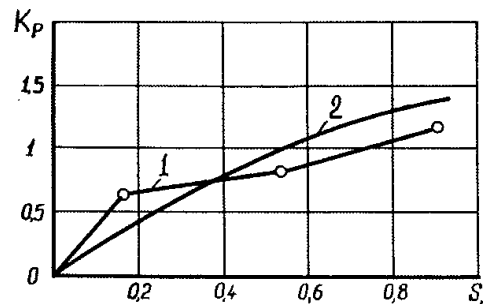
Зазор посадки оказывает большое влияние на скорость изнашивания деталей подшипников качения. С увеличением зазора посадки скорость изнашивания возрастает (рис. 1). Отрицательное влияние износа отверстий проявляется в смещении центра опоры вала и появлении зазора в посадке наружного кольца подшипника. Последний обуславливает деформацию наружного кольца в направлении, перпендикулярном приложенной к подшипнику нагрузке. В результате происходит перераспределение нагрузки между телами качения и ее повышение на центральное тело [4-6]. Даже незначительный зазор между наружным кольцом и посадочным отверстием приводит к прогибу кольца и, следовательно, к неравномерному распределению нагрузки между телами качения.

В.Н. Трейер [5] утверждает, что прогиб наружного кольца подшипника может весьма существенно повлиять на характер распределения нагрузки по телам качения, следовательно, и на долговечность подшипника. Такое мнение поддерживал А. Пальмгрен [6]. Он считал, что при увеличении зазора посадки возрастает прогиб кольца под нагрузкой и распределение нагрузки по телам качения становится менее благоприятным.



1,2 – подшипники соответственно 50408 и 408; 3 – подшипник 700409 и 2712К

Рис. 1. Скорость изнашивания деталей подшипников в зависимости от зазора посадки



1 – экспериментальная; 2 – расчетная

Рис. 2. Зависимость относительного коэффициента распределения нагрузки на центральное тело качения от зазора посадки

На рисунок 2 показаны зависимости относительного коэффициента распределения нагрузки на центральное тело качения от величины зазора посадки по сравнению с натягом посадки. Кривая 1 получена экспериментальным путем, кривая 2 – расчетным путем.

С.М. Бабусенко экспериментально установил, что увеличение зазора посадки от 0 до 0,2 мм уменьшает долговечность подшипника в два с лишним раза [4].

П.И. Дурманов впервые обстоятельно исследовал влияние износа посадочных отверстий на работоспособность подшипников. Им доказаны преимущества тугих посадок наружных колец подшипников по сравнению со скользящими.

Наиболее приемлемым способом повышения долговечности подшипников качения при ремонте машин является восстановление посадок подшипников на валах и в корпусных деталях. Восстановление посадочных мест подшипников производят установкой дополнительных колец, стальных свертных втулок, наплавкой, приваркой стальной ленты, нанесением гальванических покрытий и другими способами.

Однако большинству перечисленных способов присущи следующие недостатки: сложность технологического процесса, низкая производительность, высокая себестоимость, трудность механической обработки. При этом механическую обработку необходимо выполнить с

такой точностью, чтобы избегать вредного влияния овальности, конусности, несоблюдения соосности на долговечность подшипников качения. Для этого ремонтные предприятия должны иметь высокоточные или специальные металлорежущие станки.

Заключение. Наиболее простыми и экономически целесообразными являются способы восстановления неподвижных соединений с использованием полимерных материалов. Кроме восстановления неподвижности посадки при использовании полимерных материалов появляется возможность снизить вредное влияние погрешности формы посадочной поверхности, исключить фреттинг-коррозию, являющуюся основной причиной износа неподвижных соединений. Увеличение долговечности неподвижных соединений, их стабильность, отсутствие зазора посадки окажут благоприятное влияние на долговечность подшипников качения. Кроме того, при ремонте машин долговечность подшипников качения можно повысить изменением жесткости корпуса путем рассточки, нанесения покрытий и другими способами при которых происходит снижение неравномерности распределения нагрузки между телами качения.

Список литературы

1. Кашуба, Б.П. Влияние условий эксплуатации на ресурс элементов шасси трактора Т-150К [Текст] / Б.П. Кашуба, В.Г. Кухтов, Р.В. Кугель. – М.: Тракторы и сельхозмашины, 1982. – 11-12 с.
2. Любчевский, П.Я. Долговечность шариковых подшипников в тракторных трансмиссиях [Текст] / П.Я. Любчевский, Р.В. Кугель. – М.: Тракторы и сельхозмашины, 1982. – 30-32 с.
3. Кухтов, В.Г. Статистический анализ износов шариковых подшипников коробок передач колесных тракторов класса 3 [Текст] / В.Г. Кухтов, Р.В. Кугель. – М.: Тракторы и сельхозмашины, 1983. – 21-23 с.
4. Бабусенко, С.М. Влияние геометрических параметров посадочного места в корпусе на долговечность подшипника [Текст] / С.М. Бабусенко // Доклады ТСХА: Вып. 81. – Москва, 1963. – С.348-356.
5. Волохович, М.Ф. К вопросу о влиянии жесткости корпуса на распределение нагрузки между шариками в шарикоподшипнике. Том.17 [Текст] / М.Ф. Волохович. – М.: Труды Одесского политехнического института, 1958. – 219-222 с.
6. Иванов, Б.А. К вопросу об оптимальном распределении нагрузки по телам качения в подшипниках. В кн. Динамика и прочность механических систем [Текст] / Б.А. Иванов, Б.Д. Мажов. – Пермь, 1972. – 167-172 с.

Материал поступил в редакцию 27.09.24.

Б. Ибилдаев

*С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті,
Астана қ., Қазақстан*

ТЕРБЕЛМЕЛІ ПОДШИПНИКТЕРІНІҢ ІСТЕН ШЫҒУ СЕБЕПТЕРІН ТАЛДАУ

Аңдатпа. Әртүрлі маркалы тракторлардағы, тіпті бір маркалы тракторлардағы, бірақ әртүрлі үлгілердегі домалау подшипниктерінің зақымдануының әртүрлі түрлерінің үлесі туралы деректер біршама өзгеше болуы мүмкін, өйткені бұл қатынас бірқатар айнымалы факторлардың, соның ішінде мойынтірек түйіндерінің жүктемесінің, абразивті бөлшектердің қасиеттерінің әсерінен болады. майлау және қуыста топырақ жағдайына байланысты тракторларды пайдалану, майды

ауыстырудың берілген жиілігінің бұзылу жиілігі және т. б. екінші топтың беріктігінің төмендеуінің себебі машиналарды дайындау және жөндеу технологиясынан ауытқу болып табылады. Қону беттерінің сопақша, конустық және басқа ақаулары домалақ денелер арасында жүктеменің қолайсыз қайта бөлінуіне және металдың шаршауына әкеледі. Біліктер мен қону тесіктерінің үйлесімділігін сақтамау тербелмелі денелердің қысылуына, сақиналардың қисаюуына және подшипниктердің бөлшектерінің сынуына әкеледі.

Тірек сөздер: подшипник, отырғызу орындары, зақымдану, пайдалану, тозу, жөндеу қоры, техникалық талаптар, сапа.

B. Ibdlayev

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

ANALYSIS OF ROLLING BEARING FAILURES

Abstract. Data on the share of various types of damage to rolling bearings in tractors of different brands and even in tractors of the same brand, but in different samples, may differ slightly, since this ratio is the result of the influence of a number of variable factors, including the load on the bearing units, the properties of abrasive particles that get into the lubricant and depend on soil conditions during tractor operation, the frequency of violations of the specified oil change intervals, etc. The reason for the decrease in the durability of the second group is deviations from the technology of manufacturing and repair of machines. Ovality, conicity and other defects of the mounting surfaces lead to an unfavorable redistribution of the load between the rolling elements and fatigue spalling of the metal. Failure to maintain the alignment of shafts and mounting holes leads to pinching of rolling elements, misalignment of rings and failure of bearing parts.

Keywords: bearing, mounting places, damage, operation, wear, repair stock, technical requirements, quality.

References

1. Kashuba, B.P., Kukhtov, V.G., Kugel', R.V. Vliyaniye usloviy ekspluatatsii na resurs elementov shassi traktora T-150K [Effect of operating conditions on the service life of T-150K tractor chassis elements]. – Moscow: Tractors and agricultural machinery, 1982. – 11-12 p. [in Russian].
2. Lyubchevskiy, P.YA., Kugel', R.V. Dolgovechnost' sharikovykh podshipnikov v traktornykh transmissiyakh [Durability of ball bearings in tractor transmissions]. – Moscow: Tractors and agricultural machinery, 1982. – 30-32 p. [in Russian].
3. Kukhtov, V.G., Kugel', R.V. Statisticheskiy analiz iznosov sharikovykh podshipnikov korobok peredach kolesnykh traktorov klassa 3 [Statistical analysis of wear of ball bearings in gearboxes of class 3 wheeled tractors]. – Moscow: Tractors and agricultural machinery, 1983. – 21-23 s. [in Russian].
4. Babusenko, S.M. Vliyaniye geometricheskikh parametrov posadochnogo mesta v korpuse na dolgovechnost' podshipnika [Influence of geometric parameters of the seat in the housing on the service life of the bearing] // Reports of the Timiryazev Agricultural Academy: Issue. 81. – Moscow, 1963. – P.348-356. [in Russian].
5. Volokhovich, M.F. K voprosu o vliyaniy zhestkosti korpusa na raspredeleniye nagruzki mezhdru sharikami v sharikopodshipnike. Tom.17 [On the influence of housing rigidity on the distribution of load between balls in a ball bearing. Vol 17]. – Moscow: Proceedings of the Odessa Polytechnic Institute, 1958. – 219-222 p. [in Russian].
6. Ivanov, B.A., Mazhov, B.D. K voprosu ob optimal'nom raspredelenii nagruzki po telam kacheniya v podshipnikakh. V kn.Dinamika i prochnost' mekhanicheskikh sistem [On the issue of optimal load distribution over rolling elements in bearings. In the book Dynamics and strength of mechanical systems]. – Perm, 1972. – 167-172 p. [in Russian].