DOI: 10.34031/2071-7318-2025-11-9-131-141

Тимашов Е.П., Пастухов А.Г., *Вергун В.И.
Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина
**E-mail: vergun_vadim@mail.ru*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОПОРНЫХ УЗЛОВ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ

Аннотация. *В статье подробно рассматриваются технологии диагностирования неисправностей подшипников, их классификация по степени автоматизации, типам, режимам диагностирования и видам. Особое внимание уделяется тепловому методу диагностики как наиболее эффективному для раннего обнаружения неисправностей. Была рассмотрена классификация стендового оборудования по виду, по типу нагрузки и параметрам проверки. Представлена классификация средств измерения температуры, включающая контактные и бесконтактные устройства. Описаны перспективные датчики температуры, в том числе интегральные датчики. Обсуждаются возможности внедрения автоматической диагностики подшипниковых узлов для повышения эффективности обслуживания и увеличения ресурса оборудования. С целью обеспечения технологии автоматической диагностики планируется создание диагностического комплекса автоматического контроля температуры с использованием интегральных датчиков температуры. В статье приведены результаты эксперимента по измерению температуры подшипника хвостовика заднего редуктора 90366-30090 и подшипника раздаточной коробки 2DACF050S-17SH2A автомобиля Toyota Rav 4 2008 г. с использованием пирометра ADA TemPro 300. Полученные результаты динамики изменения температур исследуемых узлов необходимы для обоснования величин критериев для температурной диагностики. Наблюдаемый рост температуры подшипников 5,0…5,1 °С/тыс. км в зависимости от пробега автомобиля характерен для установившегося режима изнашивания по классической «кривой износа».*

Ключевые слова: *подшипники качения, надежность, диагностирование, трансмиссия, условия работы, опорные узлы, силовые узлы.*

Введение. Подшипники качения – ключевые элементы для обеспечения работы механизмов и машин. Подшипники качания состоят из наружного кольца, внутреннего кольца, тел качения и сепаратора. Их надежность зависит от качества материалов, точности изготовления, правильности монтажа и условий работы [1-2]. Под действием высоких нагрузок подшипники подвержены усталостному износу, что приводит к внезапным простоям, падению производительности и авариям. Для того, чтобы предотвратить внезапные простои нужно регулярно диагностировать подшипники.

Для регулярного диагностирования подшипниковых узлов устройство для диагностики должно работать автоматически и собирать данные о работе с последующим анализом через специальную программу. Благодаря этому устройству можно будет своевременно принимать решения об обслуживании или замене подшипника. Данный метод диагностики относится к бесконтактным методам и регламентируется ГОСТ Р 56542-2015 «Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов» [3].

Диагностирование на основе измерения температуры наиболее приспособлено для автоматизации так как используя датчики температуры можно отслеживать скорость изменения температуры, пиковые значения температуры, а полученные данные передавать на специальное устройство для анализа [4-5]. Температурная диагностика позволит обеспечить надежность и продлить срок службы механизмов и машин.

Материалы и методы. Проведен эксперимент по измерению температуры с помощью пирометра ADA TemPro 300 (технические характеристики: измеряемая температура от -32 до +350 °С; точность измерения ± 1,5 °С в диапазоне от 0 до +350 °С, ± 3,0 °С в диапазоне от - 32 до 0 °С; габариты 175×100×49 мм; масса – 130 г; принцип измерения – инфракрасный). Объекты исследования: подшипник хвостовика заднего редуктора 90366-30090 (технические характеристики: роликовый радиально-упорный однорядный; габариты 30×68×17,5; количество роликов – 19; динамическая грузоподъемность – 35 кН; статическая грузоподъемность – 40 кН; масса – 0,292 кг) и подшипник раздаточной коробки 2DACF050S-17SH2A (технические характеристики аналога F16129 (ISO): шариковый радиально-упорный двухрядный; габариты 25×52×42 мм; диаметр шарика – 5,95 мм; количество шариков – 12 шт.; динамическая грузоподъемность – 16,5 кН; статическая грузоподъемность – 13,7 кН; масса – 0,36 кг), применяемые на автомобиле Toyota Rav 4 2008 г.

С целью изучения температурных характеристик объектов исследования при эксплуатации проведены наблюдения за изменением температуры в период с 01.09.2024 по 31.10.2024, периодичность измерений – каждые три дня. Температура окружающей среды за находилась в диапазоне от +8 до +28 °С, относительная влажность воздуха – от 21 до 94 %, скорость ветра – от 2 до 7,6 м/с. Измерения температуры проводились в одно и то же время суток, после полной остановки автомобиля.

Основная часть. Изучение рабочих процессов в шариковых подшипниках с предварительным натягом показало, что характеристики деформации тел качения оказывают влияние на долговечность подшипника. При предварительном натяге уменьшаются осевые и радиальные зазоры, а также повышается точность работы, но если дать чрезмерное радиальное усилие, то это приведет к перегреву и уменьшению долговечности работы подшипника. На эффективность работы подшипника влияют такие факторы как нагрузка, скорость вращения, температура и тип смазки [6]. При этом основными причинами выхода из строя подшипников являются: усталостное повреждение тел качения, поломка сепараторов, перегрев от чрезмерных осевых нагрузок [7].

Надежность подшипников определяется долговечностью, безотказностью, ремонтопригодностью и сохранением эксплуатационных характеристик. Для обеспечения надежности необходимо использовать диагностическое оборудование. В современной диагностике применяются две системы: температурная и акустико-эмиссионная автоматическая диагностика. Больше всего применима температурная диагностика, которая позволяет проводить неразрушающий контроль оборудования. В данной диагностике автоматически анализируются температурные поля и сравниваются с эталонными значениями [8]. При использовании стендового оборудования используются датчики температуры, вибрации и другие устройства [9].

Для раннего определения неисправностей используются множество методов проверки: кинематический, тепловой, виброакустический, электромагнитный, оптический и радиологический. Методы диагностики классифицируются на прямые и косвенные, органолептические и инструментальные [10, 11]. Самыми эффективными считаются виброакустический метод и тепловой метод [12, 13].

Для точного измерения температуры при использовании теплового метода применяют специальные устройства: термоиндикаторы, термосвидетели, контактные приборы и бесконтактные приборы [14-16].

В некоторых исследованиях рассматривается программное обеспечение, с помощью которого анализируют данные, полученные от датчиков или тепловизоров [17-19]. Для бесконтактного измерения температуры рекомендуется использовать датчик DS18B20 или датчики серии ТХА/ТХК/ТЖК 9204. Преимуществом первого датчика является то, что измерение температуры происходит в реальном времени, а также у него есть возможность подключаться дистанционно к системе сбора данных. Преимуществом у второго датчика является рабочий диапазон от -40 °С до +200 °С и антикоррозионная защита [20-22].

Обобщая выше сказанное, отмечаем, что подшипниковые узлы подразделяются на два основных типа: опорные, обеспечивающие фиксацию и поддержку вращающихся элементов с гашением механической энергии, и силовые, выполняющие функцию механических передач с трансформацией и распределением энергии.

В силовых узлах, на примере подшипниковых узлов карданного шарнира, ось вращается в пространстве относительно машины, значит она подвижна. А у опорных узлов ось вращения относительно машины находится в одном том же положении, поэтому она неподвижна. Направление действия нагрузки в силовых узлах только радиальное, а в опорных узлах может быть, как радиальное, осевое, так и комбинированное. Направление вращения в силовых и опорных узлах может быть односторонним и реверсивным. В силовых узлах происходит неполный оборот подшипника, а в опорных узлах полный оборот подшипника. Ускорение в силовых узлах переменное, а в опорных узлах постоянное. На рисунке 1 представлена схема вариантов использования подшипников качения [1, 3].

Каждый тип неисправности подшипников имеет характерные диагностические признаки, позволяющие не только выявить причину повреждения, но и определить методы ее предотвращения. Диагностические технологии классифицируются по четырём критериям: степень автоматизации, режимы диагностики, типы и виды. На рисунке 2 представлена классификация технологий диагностирования [3, 8].

Технологии диагностирования по степени автоматизации бывают ручные, где все операции выполняет человек; автоматизированные, где специальное оборудование проводит процесс диагностирования, а человек анализирует полученные данные; автоматические, где специальное оборудование полностью контролирует процесс диагностирования и последующего анализа данных. По типу различают бесконтактные, работа-

ющие на расстоянии, и контактные, предполагающие взаимодействие измерительных приборов с объектом. По режимам диагностирования бывают периодические, в которых процесс диагностирования происходит через определенные промежутки времени, а также непрерывные, где процесс диагностирования осуществляется постоянно. По видам технологии диагностирования делят на: 1) энергетический – основан на измерении мощности, потребляемой подшипниками, и сравнении полученных значений с эталонными; 2) тепловой – базируется на измерении температуры подшипников и сравнении с допустимыми значениями; 3) виброакустический – анализирует вибрацию и шум подшипников; 4) кинематический – основан на измерении параметров движения элементов подшипника и сравнения их с эталонными.



Рис. 1. Варианты использования подшипников качения

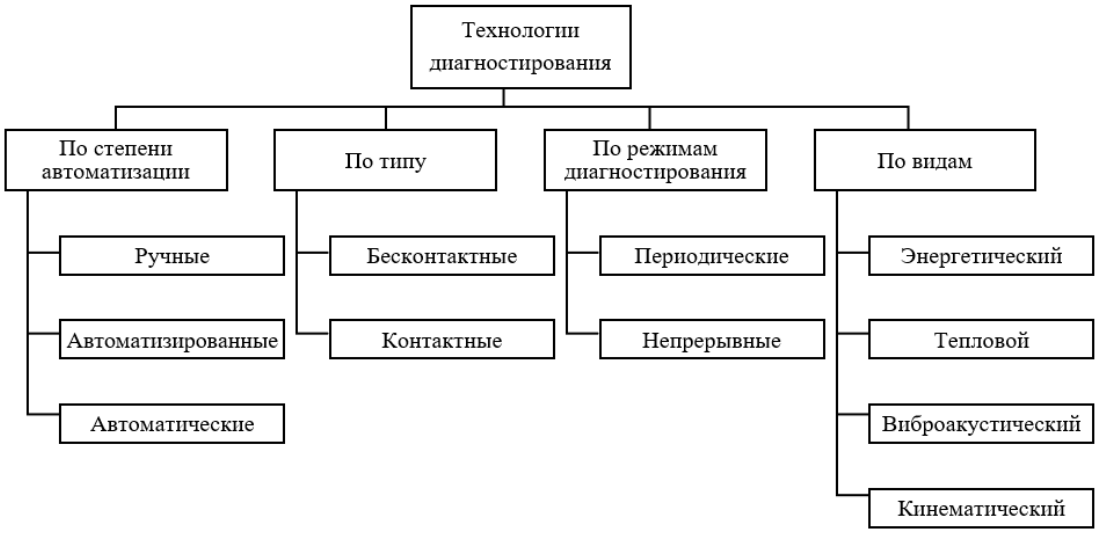


Рис. 2. Классификация технологий диагностирования

Основываясь на технологиях диагностирования, рассмотрим существующие методы диагностирования подшипников, которые включают виброакустический анализ, механическую диагностику, кинематическое исследование, ультразвуковое обследование, тепловизионный контроль и электрическую диагностику. На рисунке

4 представлена классификация методов диагностирования.

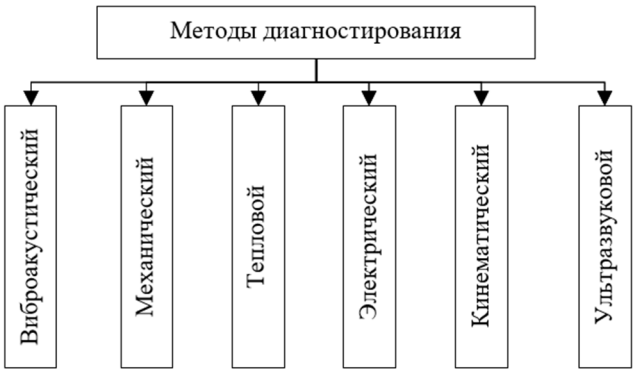


Рис. 3. Классификация методов диагностирования

Каждый метод представленный на схеме (рис. 3) имеет свою специфику: виброакустический метод – основан на измерении и анализе вибраций подшипника; механический метод – оценивает техническое состояние подшипника через измерение момента сопротивления вращению; кинематический метод – основан на измерении скорости вращения внутреннего кольца и сепаратора с помощью специальных датчиков; ультразвуковой метод – основывается на регистрации ультразвуковых волн специальным прибором при появлении микротрещин во внутреннем кольце подшипника; тепловой метод – использует измерение температуры подшипников; электрический метод – определение технического состояния объекта с использованием электрических параметров, которые отражают сложные процессы в контактных зонах трибосопряжений деталей подшипников. Среди всех представленных методов особое внимание заслуживает тепловой метод. Преимуществом данного метода является возможность раннего обнаружения неисправностей, что позволяет своевременно проводить профилактические мероприятия и предотвращать отказы машин.

Современные методы диагностирования подшипников предполагают необходимость использования автоматизированных систем контроля подшипниковых узлов. Это позволит повысить качество обслуживания, увеличить срок службы транспортных и технологических машин, снизить затраты на эксплуатацию и минимизировать простои.

Стендовое оборудование применяется для полной ускоренной диагностики и испытаний подшипников. Сущность стендовых испытаний заключается в комплексном анализе всех характеристик объекта при различных режимах работы и получении полной информации о состоянии объекта. На рисунке 4 представлена классификация стендового оборудования для диагностирования [4, 9].

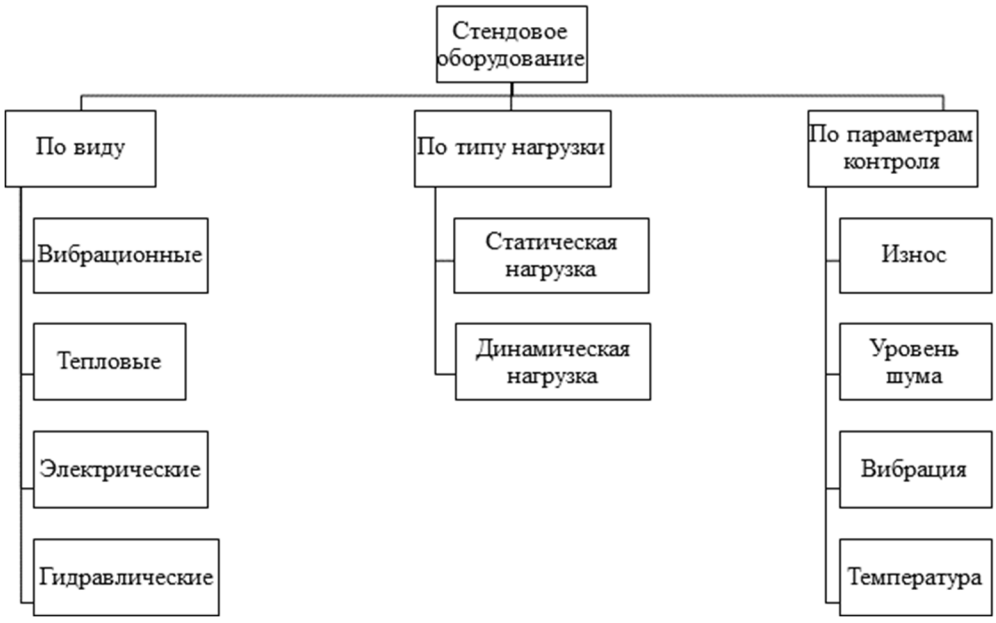


Рис. 4. Классификация стендового оборудования

Классификация стендового оборудования (рис. 4) по виду включает в себя: 1) вибрационные стенды – предназначены для имитации вибрационных нагрузок и проверки вибрационных характеристик подшипников; 2) тепловые стенды – используют для контроля температуры подшипника при различных режимах эксплуатации; 3) электрические стенды – применяют для проведения электромеханических испытаний и проверки электрических параметров, чтобы выявить зарождающиеся дефекты подшипников; 4) гидравлические стенды – служат для контроля давления, оценки герметичности и работоспособности подшипниковых узлов в трансмиссионных системах. По типу нагрузки стенды делятся на: статические, для измерения контактных напряжений в центре контакта между дорожками качения и элементами качения подшипника; динамические, для определения долговечности подшипников в условиях переменных нагрузок, таких как удары и вибрации. По параметрам контроля включают такие параметры как: износ – процесс разрушения подшипника в процессе эксплуатации из-за трения между телами качения и дорожками качения, из-за коррозии; шум – нежелательный шум, возникающий из-за загрязнения, неправильной установки или недостаточной смазки в подшипнике; вибрация – механические колебания, возникающие при работе механизмов; температура – изменение температуры подшипников при эксплуатации.

В нашей работе основной акцент будет сделан на тепловую диагностику, а именно измерение температуры. Измерение температуры может проходит с помощью технических средств как контактных, так и бесконтактных. На рисунке 5 представлена классификация средств измерения температуры [13–16].



Рис. 5. Классификация средств измерения температуры

Средства измерения температуры (рис. 5) подразделяется на бесконтактные и контактные. В свою очередь, бесконтактные делятся на пирометры – приборы для измерения температуры в одной точке, и тепловизоры – устройства для получения тепловой картины объекта. Пирометры делятся на оптические, использующие сравнение теплового излучения объекта с эталонной лампой накаливания, и инфракрасные, работающие на принципе измерения инфракрасного излучения. Контактные средства измерения делятся на термоиндикаторные наклейки, самоклеящиеся материалы, которые меняют цвет при достижении определенной температуры, и термометры. Термоиндикаторные наклейки бывают необратимые, которые меняют цвет при определенной температуре и после активации не возвращаются к исходному состоянию, и обратимые, которые могут восстанавливать цвет после снижения температуры, а также позволяют проводить многократные измерения. Термометры делятся на: термометры расширения – основаны на изменении объема жидкости или изменении линейных размеров при изменении температуры; манометрические термометры – основаны на изменении давления жидкостей или газа в замкнутом объеме при изменении температуры; термометры сопротивления – основаны на изменении электрического сопротивления проводников или полупроводников при изменении температуры; термопары – работают по принципу возникновения электродвижущей силы при нагревании спая разнородных проводников или полупроводников.

Основываясь на классификации средств измерений, будем использовать датчики температуры с автоматическим контролем. На рисунке 6 представлена классификация перспективных

датчиков для измерения температуры с автоматическим контролем [20–22].

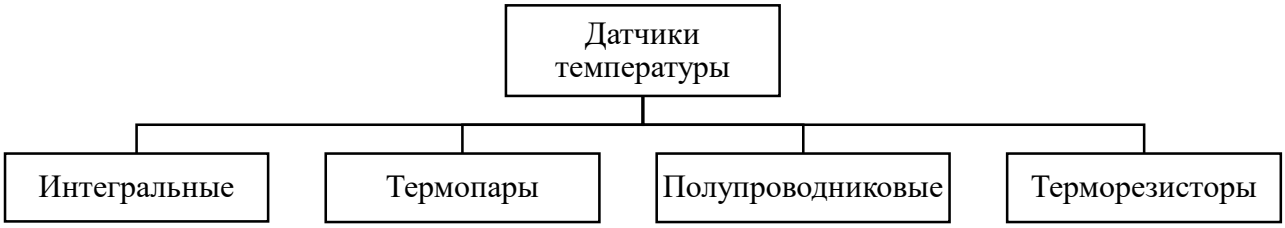


Рис. 6. Классификация перспективных датчиков для измерения температуры

Классификация перспективных датчиков для измерения температуры (рис. 6) включает в себя: интегральные датчики – работают по принципу генерации выходного сигнала, который пропорционален температуре; термопары – создают разность потенциалов между двумя разнородными металлами при нагреве; полупроводниковые датчики – основаны на изменении электрического сопротивления металла от температуры; терморезисторы – резисторы, сопротивление которых меняется в зависимости от температуры. Из всех перечисленных датчиков для измерения температуры, больше всего подойдут интегральные датчики так как обладают высокой точностью измерения и высокой скоростью отклика, а также могут работать в диапазоне различных температур.

Для внедрения системы непрерывного автоматизированного контроля температуры планируется создать диагностический комплекс, использующий методы термодиагностики, оснащённый микроконтроллерами, инфракрасными датчиками и термоэлектрическими преобразователями.

Для установления и обоснования критериев диагностирования проведены наблюдения за изменением температуры подшипников. На рисунке 7 представлены фотографии измерения температуры подшипника хвостовика заднего редуктора 90366-30090 и подшипника раздаточной коробки 2DACF050S-17SH2A. Измерения проводились один раз в три дня в одно и тоже время суток. Помимо непосредственно измерения температур подшипниковых узлов фиксировалась и температура окружающего воздуха. При обработке результатов измерений от температуры подшипникового узла температура окружающего воздуха отнималась.



а)



б)

Рис. 7. Фотографии измерения температуры:
а) подшипника хвостовика заднего редуктора 90366-30090;
б) подшипника раздаточной коробки 2DACF050S-17SH2A.

При обработке результатов измерение конечные значения температуры получали путем вычитания температуры воздуха от измеренной температуры. На рисунке 8 представлена графики изменения температуры подшипников автомобиля TOYOTA RAV 4 с учетом пробега за период 01.09.2024-31.10.2024 с учетом температуры окружающего воздуха.

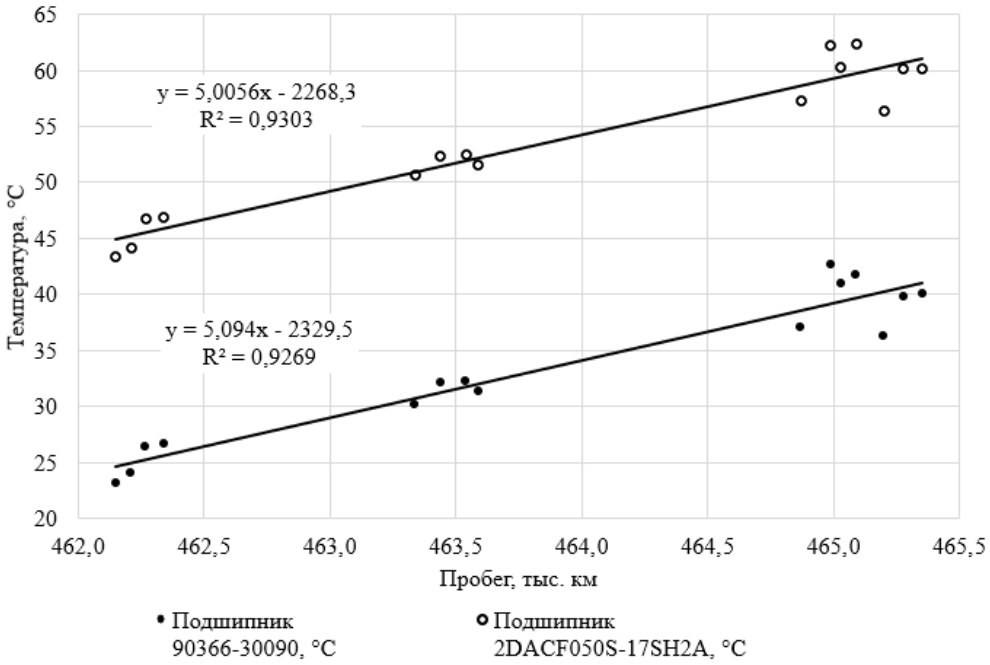


Рис. 8. Графики изменения температуры подшипников автомобиля TOYOTA RAV 4

Анализ графиков показывает, что за период пробега 3,21 тыс. км температура подшипника хвостовика заднего редуктора 90366-30090 поднялась на 19,5 °С, а температура подшипника раздаточной коробки 2DACF050S-17SH2A поднялась на 18,9 °С. При этом скорость роста температуры подшипника хвостовика заднего редуктора 90366-30090 составила 5,1 °С/тыс. км, а у подшипника раздаточной коробки 2DACF050S-17SH2A составила 5,0 °С/тыс. км. Величина достоверности аппроксимации опытных данных в обоих случаях составила $R^2 = 0,93$.

Сходимость скорости роста температур обоих подшипников можно объяснить их работой в составе единой механической трансмиссии, в агрегатах раздаточной коробки и заднего моста. При этом абсолютное значение температуры подшипника раздаточной коробки выше, что объясняется распределением потока мощности в трансмиссии. Наблюдаемый рост температуры в зависимости от пробега характерен для установившегося режима изнашивания по классической «кривой износа». Полученные уравнения изменения температур (рис. 8), их абсолютные величины и величины скорости изменения температур можно использовать при назначении диагностических критериев автоматической температурной диагностики.

Выводы. 1. На основании проведенного анализа были рассмотрены технологии диагностирования неисправностей подшипников, методы диагностирования, изучена классификация стендового оборудования для диагностирования подшипников и средств измерения температуры. Обосновано применение автоматической температурной диагностики.

2. Проведенные наблюдения за изменением температуры показали, что за период пробега 3,21 тыс. км температура подшипника хвостовика заднего редуктора 90366-30090 поднялась на 19,5 °С, а температура подшипника раздаточной коробки 2DACF050S-17SH2A поднялась на 18,9 °С.

3. Скорость роста температуры подшипника хвостовика заднего редуктора 90366-30090 составила 5,1 °С/тыс. км и у подшипника раздаточной коробки 2DACF050S-17SH2A составила 5,0 °С/тыс. км. Полученные уравнения, абсолютные величины температур и величины изменения

температур можно использовать при назначении диагностических критериев автоматической температурной диагностики, а также для прогнозирования технического состояния.

4. Перспективы дальнейших исследований заключаются в создании диагностического комплекса, использующего методы термодиагностики, оснащённого микроконтроллерами, инфракрасными датчиками и термоэлектрическими преобразователями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пастухов А.Г., Тимашов Е.П., Вергун В.И. Совершенствование технологии диагностирования опорных узлов трансмиссии автомобиля КАМАЗ-55111 // Технический сервис машин. 2024. Т. 62, № 1. С. 21–27. DOI: 10.22314/2618-8287-2024-62-1-21-27

2. Хохлов А.А., Астафьева М.В. Разновидности подшипников качения и скольжения и их сравнительный анализ // Наука и Образование. 2024. Т. 7, № 4.

3. Вергун В.И. Анализ технологий диагностирования подшипниковых узлов // Горинские чтения. Инновационные решения для АПК: Материалы VI Международной студенческой научной конференции, Майский, 13-15 марта 2024 года. С. 181.

4. Богданов Д.А., Гаврилин А.Н. Автоматизированный комплекс вибрационной диагностики подшипников // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 9. С. 3–8. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-9-3-4

5. Тимашов Е.П., Пастухов А.Г. Исследование температурных режимов подшипниковых узлов коробки передач автомобиля КамАЗ-5320 для обеспечения их контролепригодности // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2023. № 4. С. 45–51. DOI: 10.31857/S023571192304017X

6. Ортиков М.Н. Динамика подшипников качения при натяге тел качения // Автоматизированное проектирование в машиностроении. 2015. № 3. С. 32–33.

7. Клебанов Я.М., Урлапкин А.В., Адеянов И.Е., Пугачева Т.М., Поляков К.А., Бражникова А.М. Динамические нагрузки и долговечность массивных сепараторов подшипников качения // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024. № 11(776). С. 3–13.

8. Алешкевич Н.А., Бобович С.О., Короткевич С.В., Пинчук В.Г., Кравченко В.В. Разработка схем и методов диагностики узлов трения энергетического оборудования // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. 2014. Т. 9, № 2. С. 31–36.

9. Пат. 133299 U1 Российская Федерация, МПК G01M 13/04, G01M 17/04. Стенд для диагностики и испытания ступичных подшипников / М.В. Майоров, В.Н. Чернышов, В.В. Мишин, Н.В. Рыбакова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО "Госуниверситет - УНПК". № 2013118864/11; заявл. 23.04.2013; опубл. 10.10.2013.

10. Афоничев Д.Н., Аксенов И.И. Повышение эффективности использования систем технического диагностирования в сельском хозяйстве // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2015. № 4(47). С. 109–114.

11. Хатунцев В.В., Мишин М.М., Козлов С.А. Перспективные методы диагностики как инструмент совершенствования технического сервиса мобильной сельскохозяйственной техники // Сборник научных трудов, посвященный 85-летию Мичуринского государственного аграрного университета. Мичуринский государственный аграрный университет. 2016. С. 88–93.

12. Харланова К.С., Мишин В.В. Обзор методов диагностирования подшипников качения // Прогрессивные технологии и процессы: Сборник научных статей 9-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Юго-Западный государственный университет. 2022. С. 141–146.

13. Мишин В.В., Пашментова А.С. Устройство диагностирования подшипника качения при входном контроле // Современные материалы, техника и технологии. 2017. № 1(9). С. 163-167.

14. Молчанов И.В. Прибор для бесконтактного и беспроводного измерения и регистрации температуры // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2020. Т. 20, № 12. С. 118–121.

15. Хамидов О.Р., Кудратов Ш.И., Юсуфов А.М., Жамилов Ш.Ф., Абдурасулов Ш.Х., Саматов Ш.А. Совершенствование теплового метода диагностирования коленчатых валов дизелей тепловозов, эксплуатирующихся в условиях АО "Узбекистон темир йуллари" // Наука и образование транспорту. 2024. № 1. С. 79–81.

16. Вязов А.Е. Измерение температуры объектов технического диагностирования методом оптической пирометрии // Наука через призму времени. 2019. № 6(27). С. 31–33.

17. Ермохин А.В., Мокроусов А.С. Выработка требований к методу определения технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса подшипниковых узлов ГТД 9И56 // Наука и военная безопасность. 2019. № 4(19). С. 90–93.

18. Каменев С.В., Марусич К.В. Современные методы компьютерного моделирования и инженерного анализа тепловых характеристик шпиндельных узлов // Интернет-журнал Науковедение. 2017. Т. 9, № 5. С. 26.

19. Коробейников А.Б., Сарваров А.С. Анализ существующих методов диагностирования электродвигателей и перспективы их развития // Электротехнические системы и комплексы. 2015. № 1(26). С. 4–9.

20. Быкадор В.С., Австрийченко А.А., Шарипов В.Г., Киселев Н.В. Аналоговый и цифровой датчики измерения температуры в микропроцессорных системах на базе контроллера ARDUINO // Современные тенденции развития науки и технологий. 2016. № 5-3. С. 38–47.

21. Пфейфле Е.А., Алтухов Ю.А. Сравнение работы датчиков измерения температуры и влажности воздуха arduino // Педагогическое образование на Алтае. 2017. № 1. С. 108–113.

22. Демидович О.А. Датчики температуры и их применение // Компетентность. 2014. № 4(115). С. 52–54.

Информация об авторах

Тимашов Евгений Петрович, доктор технических наук, доцент инженерного факультета. E-mail: timachov@mail.ru. ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имения В.Я. Горина». Россия, 308503, Белгородская область, р-н Белгородский, п. Майский, ул. Вавилова, д.1.

Пастухов Александр Геннадьевич, доктор технических наук, профессор инженерного факультета. E-mail: pastukhov_ag@mail.ru. Белгородский государственный аграрный университет имения В.Я. Горина. Россия, 308503, Белгородская область, р-н Белгородский, п. Майский, ул. Вавилова, д.1.

Вергун Вадим Игоревич, аспирант третьего года обучения. E-mail: vergun_vadim@mail.ru. Белгородский государственный аграрный университет имения В.Я. Горина. Россия, 308503, Белгородская область, р-н Белгородский, п. Майский, ул. Вавилова, д.1.

Поступила 19.11.2025 г.

© Тимашов Е.П., Пастухов А.Г., Вергун В.И., 2026

Timashov E.P., Pastukhov A.G., *Vergun V.I.

Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin

**E-mail: vergun_vadim@mail.ru*

IMPROVING THE DIAGNOSIS OF VEHICLE TRANSMISSION SUPPORT UNITS

Abstract. *The article provides a detailed examination of bearing fault diagnostic technologies, their classification by the degree of automation, types, diagnostic modes, and types. Special attention is paid to the thermal diagnostic method as the most effective for the early detection of faults. The classification of test bench equipment by type, load type, and test parameters was considered. A classification of temperature measuring instruments is presented, including contact and contactless devices. Promising temperature sensors, including integrated sensors, are described. The possibilities of implementing automatic diagnostics of bearing assemblies to improve maintenance efficiency and increase the service life of equipment are discussed. In order to ensure the technology of automatic diagnostics, it is planned to create a diagnostic complex for automatic temperature control using integrated temperature sensors. The article presents the results of an experiment on measuring the temperature of the 90366-30090 rear axle shaft bearing and the 2DACF050S-17SH2A transfer case bearing of a 2008 Toyota Rav 4 using an ADA TemPro 300 pyrometer. The obtained results of the temperature dynamics of the studied nodes are necessary to justify the values of the criteria for temperature diagnostics. Observed increase in bearing temperature 5.0... 5.1 °C/thousand km depending on the mileage of the car is characteristic of a steady-state wear mode according to the classic «wear curve».*

Keywords: *rolling bearings, reliability, diagnostics, transmission, operating conditions, support units, power units.*

REFERENCES

1. Pastuhov A.G., Timashov E.P., Vergun V.I. Improvement of the technology of diagnostics of the transmission support units of the KAMAZ-55111 car [Sovershenstvovanie tekhnologii diagnostirovaniya opornyh uzlov transmissii avtomobilya KAMAZ-55111]. Machinery technical service. 2024. Vol. 62. No. 1. Pp. 21–27. DOI: 10.22314/2618-8287-2024-62-1-21-27 (rus)

2. Khokhlov A.A., Astafieva M.V. Varieties of rolling and sliding bearings and their comparative

analysis [Raznovidnosti podshipnikov kacheniya i skol'zheniya i ih sravnitel'nyj analiz]. Science and Education. 2024. Vol. 7. No. 4. (rus)

3. Vergun V.I. Analysis of technologies for diagnosing bearing assemblies [Analiz tekhnologij diagnostirovaniya podshipnikovyh uzlov]. Gorinskie chteniya. Innovacionnye resheniya dlya APK: Materialy VI Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii. FGBOU VO Belgorodskij GAU im. V.YA. Gorina. 2024. p. 181. (rus)

4. Bogdanov D.A., Gavrilin A.N. Automated complex of vibration diagnostics of bearings [Avtomatizirovannyj kompleks vibracionnoj diagnostiki podshipnikov]. Proceedings of Tula State University. Technical sciences. 2024. No. 9. Pp. 3–8. DOI: 10.24412/2071-6168-2024-9-3-4 (rus)

5. Timashov E.P., Pastukhov A.G. Investigation of the temperature conditions of the bearing units of the KamAZ-5320 gearbox to ensure their controllability [Issledovanie temperaturnyh rezhimov podshipnikovyh uzlov korobki peredach avtomobilya KamAZ-5320 dlya obespecheniya ih kontroleprigodnosti]. Problems of mechanical engineering and machine reliability. 2023. No. 4. Pp. 45–51. DOI: 10.31857/S023571192304017X (rus)

6. Ortikov M.N. Dynamics of rolling bearings under tension of rolling elements [Dinamika podshipnikov kacheniya pri natyage tel kacheniya]. Computer-aided design in mechanical engineering. 2015. No. 3. Pp. 32–33. (rus)

7. Klebanov Ya.M., Urlapkin A.V., Adeyanov I.E., Pugacheva T.M., Polyakov K.A., Brazhnikova A.M. Dynamic loads and durability of massive rolling bearing separators [Dinamicheskie nagruzki i dolgovechnost' massivnyh separatorov podshipnikov kacheniya]. News of higher educational institutions. Mechanical engineering. 2024. No. 11(776). Pp. 3–13. (rus)

8. Aleshkevich N.A., Bobovich S.O., Korotkevich S.V., Pinchuk V.G., Kravchenko V.V. Development of schemes and diagnostic methods for friction units of power equipment [Razrabotka skhem i metodov diagnostiki uzlov treniya energeticheskogo oborudovaniya]. Emergencies: education and science. 2014. Vol. 9. No. 2. Pp. 31–36. (rus)

9. Mayorov M.V., Chernyshov V.N., Mishin V.V., Rybakova N.V. Stand for diagnostics and testing of hub bearings. Patent RF, no. 2013118864/11, 2013.

10. Afonichev D.N., Aksenov I.I. Improving the efficiency of using technical diagnostics systems in agriculture [Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya sistem tekhnicheskogo diagnostirovaniya v sel'skom hozyajstve]. Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2015. No. 4(47). Pp. 109–114. (rus)

11. Khatuntsev V.V., Mishin M.M., Kozlov S.A. Promising diagnostic methods as a tool for improving the technical service of mobile agricultural machinery [Perspektivnye metody diagnostiki kak instrument sovershenstvovaniya tekhnicheskogo servisa mobil'noj sel'skohozyajstvennoj tekhniki]. Sbornik nauchnyh trudov, posvyashchennyj 85-letiyu Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. Michurinskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2016. Pp. 88–93. (rus)

12. Kharlanova K.S., Mishin V.V. Review of methods for diagnosing rolling bearings [Obzor metodov diagnostirovaniya podshipnikov kacheniya]. Progressivnye tekhnologii i processy: Sbornik nauchnyh statej 9-j Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. YUgo-Zapadnyj gosudarstvennyj universitet. 2022. Pp. 141–146. (rus)

13. Mishin V.V., Pashmentova A.S. A device for diagnosing a rolling bearing during input control [Ustrojstvo diagnostirovaniya podshipnika kacheniya pri vhodnom kontrole]. Modern materials, equipment and technologies. 2017. No. 1(9). Pp. 163–167. (rus)

14. Molchanov I.V. Device for contactless and wireless temperature measurement and recording [Pribor dlya beskontaktnogo i besprovodnogo izmereniya i registracii temperatury]. Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University. 2020. Vol. 20. No. 12. Pp. 118–121. (rus)

15. Khamidov O.R., Kudratov Sh.I., Yusufov A.M., Zhamilov Sh.F., Abdurasulov Sh.Kh., Samatov Sh.A. Improvement of the thermal method of diagnosing crankshafts of diesel locomotives operated in the conditions of Uzbekiston Temir Yullari JSC [Sovershenstvovanie teplovogo metoda diagnostirovaniya kolenchatyh valov dizelej teplovozov, ekspluatiruyushchihsya v usloviyah AO «Uzbekiston temir jullari»]. Science and education for transport. 2024. No. 1. Pp. 79–81. (rus)

16. Vyazov A.E. Measurement of temperature of objects of technical diagnostics by optical pyrometry [Izmerenie temperatury ob"ektov tekhnicheskogo diagnostirovaniya metodom opticheskoj pirometrii]. Science through the prism of time. 2019. No. 6(27). Pp. 31–33. (rus)

17. Ermokhin A.V., Mokrousov A.S. Development of requirements for a method for determining the technical condition and forecasting the residual life of bearing assemblies GTD 9I56 [Vyrabotka trebovanij k metodu opredeleniya tekhnicheskogo sostoyaniya i prognozirovaniya ostatochnogo resursa podshipnikovyh uzlov GTD 9I56]. Science and military security. 2019. No. 4(19). Pp. 90–93. (rus)

18. Kamenev S.V., Marusich K.V. Modern methods of computer modeling and engineering

analysis of thermal characteristics of spindle assemblies [Sovremennye metody komp'yuternogo modelirovaniya i inzhenernogo analiza teplovyh harakteristik shpindel'nyh uzlov]. Online journal of Science Studies. 2017. Vol. 9. No. 5. P. 26. (rus)

19. Korobeynikov A.B., Sarvarov A.S. Analysis of existing methods for diagnosing electric motors and prospects for their development [Analiz sushchestvuyushchih metodov diagnostirovaniya elektrodvigatelej i perspektivy ih razvitiya]. Electrical engineering systems and complexes. 2015. No. 1(26). Pp. 4–9. (rus)

20. Bykador V.S., Austrichenko A.A., Sharipov V.G., Kiselev N.V. Analog and digital temperature sensors in microprocessor systems based on the ARDUINO controller [Analogovyj i cifrovoj datchiki izmereniya temperatury v mikroprocessornyh sistemah na baze kontrollera ARDUINO]. Current trends in the development of science and technology. 2016. No. 5-3. Pp. 38–47. (rus)

21. Pfeifle E.A., Altukhov Yu.A. Comparison of the operation of arduino temperature and humidity sensors [Sravnenie raboty datchikov izmereniya temperatury i vlazhnosti vozduha arduino]. Pedagogical education in Altai. 2017. No. 1. Pp. 108–113. (rus)

22. Demidovich O.A. Temperature sensors and their application [Datchiki temperatury i ih primenenie]. Competence. 2014. No. 4(115). Pp. 52–54. (rus)

Information about the authors

Timashov, Evgeny P. DSc, Associate Professor. E-mail: timachov@mail.ru. Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin. Russia, 308503, Belgorod region, Belgorodsky district, Maysky, st. Vavilova, 1.

Pastukhov, Alexander G. DSc, Professor. E-mail: pastukhov_ag@mail.ru. Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin. Russia, 308503, Belgorod region, Belgorodsky district, Maysky, st. Vavilova, 1.

Vergun, Vadim I. Postgraduate student. E-mail: vergun_vadim@mail.ru. Belgorod State Agrarian University named after V. Gorin. Russia, 308503, Belgorod region, Belgorodsky district, Maysky, st. Vavilova, 1.

Received 19.11.2025

Для цитирования:
Тимашов Е.П., Пастухов А.Г., Вергун В.И. Совершенствование диагностирования опорных узлов трансмиссии автомобиля // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2026. № 9. С. 131–141. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-11-9-131-141

For citation:
Timashov E.P., Pastukhov A.G., Vergun V.I. Improving the diagnosis of vehicle transmission support units. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2026. No. 9. Pp. 131–141. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-11-9-131-141