

**А.А. МИРОНОВ**,  
директор  
ООО «Инфотэкс АТ»,  
канд. техн. наук  
**В.Л. ОБРАЗЦОВ**,  
главный технолог  
**В.С. МИТЮШЕВ, Н.Г. ПИГАЛЕВ**,  
ведущие инженеры  
**А.Э. ПАВЛЮКОВ**,  
профессор УрГУПС,  
доктор техн. наук

# ТЕПЛОВАЯ ДИАГНОСТИКА ПОДШИПНИКОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

(Продолжение. Начало см. «АСИ», 2007 г., N 9)

## ОСОБЕННОСТИ НАГРЕВА ОСЕЙ И ЗОН СКАНИРОВАНИЯ

Известно, что при движении тележек ЦНИИ-ХЗ-О грузовых вагонов и КВЗ-ЦНИИ пассажирских скорость воздуха на поверхности обдуваемых деталей на первой оси выше, чем на второй. Это приводит к тому, что на наружных поверхностях корпусов букс первых осей каждой тележки теплоотдача выше, чем на корпусах букс вторых осей. Поэтому и температуры корпусов букс первых осей несколько ниже, чем вторых осей. В

В.Л. Образцов, А.Э. Павлюков «Контролепригодность подвижного состава к тепловой бесконтактной диагностике»), что нагрев букс в тележке различный: соотношение этих температур по осям составляет 1,28–2,3 в зависимости от зоны на корпусе буксы или подшипника. Для подтверждения результатов расчета и изучения температур в реальных условиях экспериментально исследовали буксовые узлы поезда «Невский экспресс» во время рейсовых поездок. В буксовых узлах одного вагона поезда были установлены кассет-

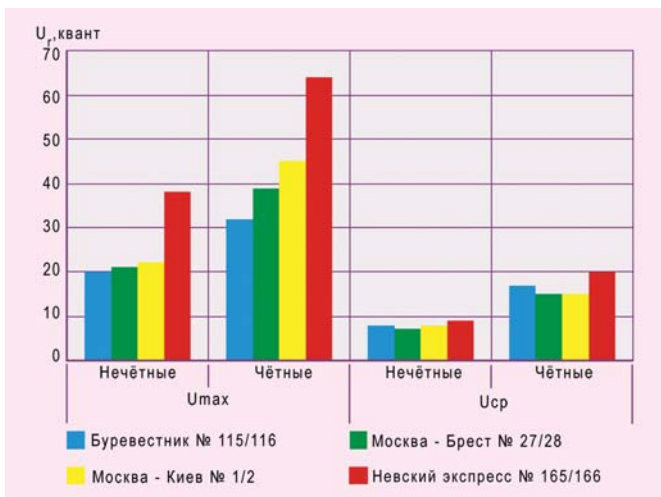


РИС. 1

то же время различие в средних уровнях нагрева букс грузовых вагонов и пассажирских с типовыми тележками незначительно (до 10 %) и составляет 1–3 кванта в единицах КТСМ.

Опыт эксплуатации тележек модели 68-4076, 68-4075 пассажирских вагонов высокоскоростных поездов производства Тверского вагоностроительного завода («Невский экспресс», «Буревестник» и др.), в которых кассетные подшипники установлены в корпус нестандартной буксы, показывает, что уровень нагрева нечетных и четных осей поездов по показаниям КТСМ-01 различаются в 1,5–2,5 раза. На рис. 1 представлены статистические (максимальные, средние) параметры массивов тепловых сигналов. Расчетные и экспериментальные исследования тележек модели 68-4076 подтвердили достоверность показаний средств теплового контроля.

Выполненные в программных комплексах FloWorks и Ansys аэродинамические и тепловые расчеты при скорости движения вагонов 180 км/ч соответственно показали (см. «АСИ», 2006 г., № 11 А.А. Миронов,



РИС. 2

ные подшипники компании Бренко, а в буксовых узлах другого вагона – подшипники ТД ЕПК. Лабораторией буксовых узлов и колесных пар ВНИИЖТа измерялись температуры наружных обойм кассетных подшипников, а ООО «Инфотэкс АТ» – температуры корпусов букс и тележек. Данные измерений температур сопоставлялись с уровнями тепловых сигналов КТСМ-01Д от этих же букс.

На внешние поверхности букс вагона были установлены с помощью магнитного крепления ранее апробированные термодатчики Dallas Semiconductor с памятью на основе устройства iButton DS 1921. Эти датчики расположили рядом с датчиками системы контроля нагрева букс (СКНБ) пассажирского вагона, вместо которых были установлены термопары (рис. 2).

По тепловым сигналам КТСМ-01Д определялись расчетные температуры сканируемых зон корпусов букс. Истинные значения температур записывались на всем цикле: «движение в Москву из Санкт-Петербурга – стоянка – движение в обратном направлении».

Результаты измерений показали, что среднее от-

## НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ

ношение средних значений относительных температур букс четных и нечетных осей по ходу движения вагонов в контрольных точках (в месте расположения датчиков) при установившемся тепловом режиме работы букс составило 1,28 (расчетное по этим точкам 1,43). Расчетное отношение температур наружных колес подшипников второй и первой осей в одних и тех же точках 1,28. Это при условии, что коэффициенты трения подшипников в обеих буксах равны, т. е. подшипники имеют одинаковое техническое состояние. При смене направления движения поезда менее нагретые буксы в направлении «на Москву» на нечетных осях вагонов становятся более нагретыми в направлении «от Москвы», так как у этих осей меняется расположение по отношению к воздушному потоку.

Однако аэродинамический фактор лишь частично объясняет двукратную разницу показаний температуры по четным и нечетным осям в поезде (рис. 3).

Дальнейшие исследования на виртуальной модели тележки модели 68-4076 и экспериментальные данные показали, что в зону сканирования приемника ИК-излучения в буксе на первой оси тележки по ходу движения попадает менее нагретая часть корпуса буксы – крышка и кронштейн балансира устройства, а на второй оси – стенка корпуса буксы в верхней зоне с

■ На участках скоростного движения взамен КТСМ-01Д с ориентацией ИК-оптики на крышки корпусов букс во втором полугодии 2006 г. была установлена аппаратура КТСМ-02, в которой ИК-оптика ориентирована на нижние части корпусов букс. В результате различие значений наиболее вероятностных уровней распределения амплитуд тепловых сигналов по четным и нечетным осям поезда «Невский экспресс» уменьшилось с 2 (КТСМ-01Д) до 1,3–1,4 раза (КТСМ-02). Это можно объяснить тем, что значения показаний сравниваемых СТК определяются не только разным нагревом подшипников букс первой и второй осей тележки, но и отличиями в интенсивности обдува разных частей корпусов букс из-за присущих тележкам ТВЗ аэродинамических качеств и условиями сканирования корпусов букс под разными углами ориентации ИК-оптики.

При оценке тепловых сигналов, полученных от букс проходящих поездов, в алгоритме АРМ ЛПК используются два диагностических признака: амплитуда теплового сигнала от буксы (уровень нагрева) в квантах  $U_r$  и отношение амплитуды сигнала (уровня) каждой буксы вагона к среднему значению амплитуд сигналов ос-

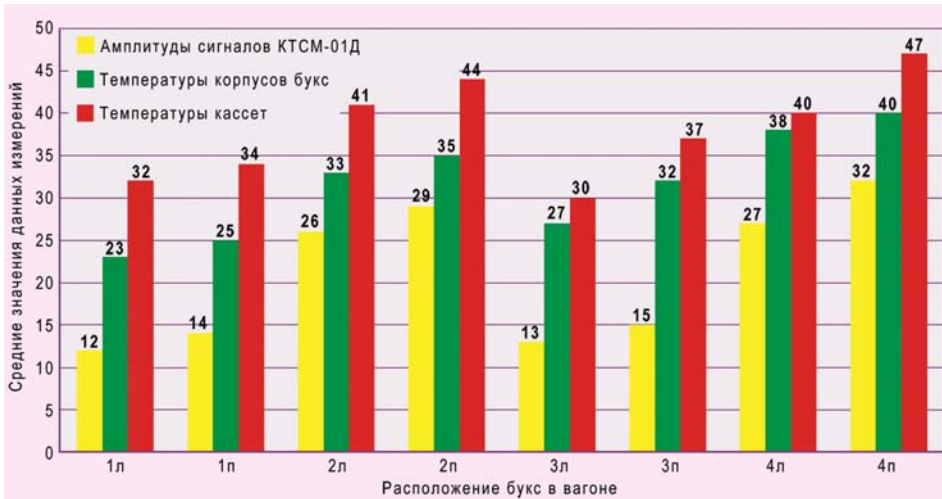


РИС. 3

подветренной стороны (зоне размещения СКНБ). Это происходит из-за того, что в тележке ТВЗ применены несимметричные относительно центров и различные по конструкции корпуса букс, размещаемых с одной стороны тележки на первой и второй осях. По полученной траектории и рассчитанным температурным полям на корпусе букс был определен уровень теплового сигнала с каждой буксы, значение которого пропорционально относительной температуре сканируемых зон на корпусе. Получается, что только за счет различных зон сканирования мощность сигнала на приемнике ИК-излучения с буксы второй оси тележки в 1,36–1,5 раза больше, чем с буксы первой оси.

Таким образом, почти двукратное различие уровней нагрева букс четных и нечетных осей в скоростных поездах в соответствии с показаниями аппаратуры КТСМ-01Д обусловлено различным нагревом подшипников и корпусов букс ввиду разного характера их обдува встречным потоком воздуха и «считыванием» теплового сигнала с букс четных осей по ходу движения в более информативной зоне.

тальных букс по соответствующей стороне вагона  $O_{tn}$ . Совместное использование обоих признаков позволяет снизить вероятность суммарной ошибки, неизбежной при диагностике. Уровень нагрева буксы – случайная величина, поэтому выбор пороговых значений – ответственная процедура. По существу, установление текущих значений тревожной сигнализации СТК сводится к выбору пороговой кривой в виде функции общего вида  $U_r = f(O_{tn}, n, Tr0, Tr1)$  в координатах  $O_{tn}$  и  $U_r$ , где  $n$  – соответствующая настройка аппаратуры,  $Tr0$  и  $Tr1$  – уровни тревожной сигнализации «Тревога 0» или «Тревога 1».

При контроле нагрева букс с кассетными коническими подшипниками требуются более высокие пороги тревожной сигнализации, чем для цилиндрических подшипников, так как ныне применяемые для них пороги настроек совпадают с температурами рабочего нагрева конических подшипников кассетного типа. Это приводит к тому, что при контроле вагонов с различными подшипниками происходит большое количество срабатываний тревожной сигнализации при проследовании вагонов с буксами на подшипниках кассетного типа. Сигнал от каждой буксы сравнивается с пороговыми значениями признаков  $U_r$  и  $O_{tn}$  программным путем. Для уменьшения необоснованных остановок поездов при рабочем нагреве букс с кассетными подшипниками специалисты ООО «Инфотэкс АТ» разработали алгоритмы автокоррекции (версии 2.0.4.3 и 2.0.5.0) порогов тревожной сигнализации, принятых для букс с цилиндрическими подшипниками за основу (версия 2.0.1.0).

В соответствии с версиями 2.0.4.3 и 2.0.5.0 реша-

ется задача распознавания типа подшипника и тележки (для пассажирских вагонов) по тепловым сигналам от букс подвижных единиц. В зависимости от определенного типа подшипников в контролируемом вагоне (цилиндрический или кассетный) программное обеспечение АРМ ЛПК (КТСМ) и АРМ ЦПК системы АСК ПС, в которую включены КТСМ, устанавливает традиционные или повышенные пороги срабатывания тревожной сигнализации для каждого вагона поезда. На рис. 4 показано распределение сигналов от кассетных букс поезда «Невский экспресс» в координатах  $O_{tn}$ ,  $U_r$  и механизм коррекции порогов тревожной сигнализации для них в соответствии с условной температурой подшипника при различных настройках СТК. Из рисунка видно, что коррекция порогов в сравнении с версией 2.0.1.0 значительно снижает количество тревожных показаний.

Алгоритм версии 2.0.5.0 (взамен 2.0.4.3) выполняет

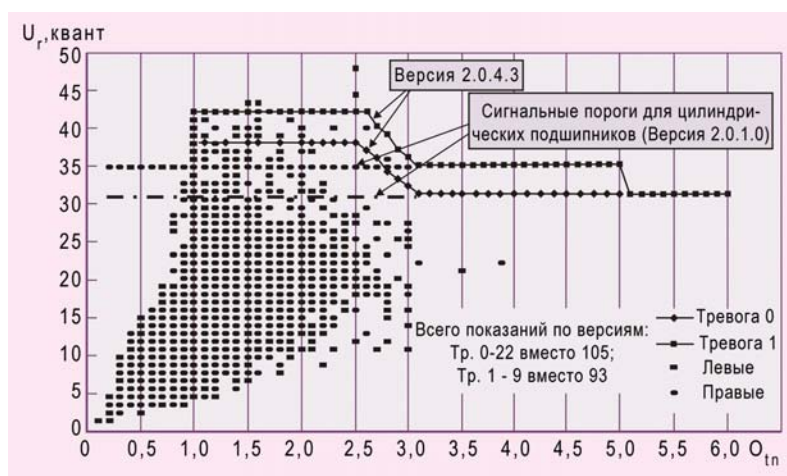


РИС. 4

следующие функции: идентифицирует тип подвижной единицы и подшипников вагонов при контроле грузовых и пассажирских поездов, принимает решения о выработке тревожной сигнализации соответственно типу подшипника и подвижных единиц в поездах с учетом расположения букс на осях тележек и максимально реализуемых на участках скоростей движения поездов.

При распознавании скоростных пассажирских вагонов с кассетными буксами и коррекции порогов в соответствии с версией 2.0.5.0 для средств контроля КТСМ-01Д и КТСМ-02 применяются различные алгоритмы и коэффициенты коррекции порогов сигнализации. Максимальное повышение порога ограничивается разными значениями для аппаратуры КТСМ-01Д и КТСМ-02. Для четных осей при использовании КТСМ-01Д (название признака «ТСВ чет») вводится повышающая коррекция порогов «Тревога 0» и «Тревога 1», как и для грузовых вагонов с коническими подшипниками кассетного типа (рис. 5), для нечетных осей («ТСВ нечет») применяются пониженные пороги независимо от значения параметра  $O_{tn}$ .

Для комплексов КТСМ-02 повышающая коррекция порогов на нечетные оси вводится только для сигнализации «Тревога 0» и на все оси – для сигнализации «Тревога 1».

Эксплуатационные испытания на Октябрьской, Московской, Северной и Горьковской дорогах показали эффективность использования алгоритма ПО версии 2.0.5.0. Их результатом явилось значительное снижение количества тревожных показаний. Руководство ОАО «РЖД» издало указание (ВГ-3739 от 09.04.07) об использовании ПО версии 2.0.5.0 на всех железных дорогах России.

Благодаря непрерывному мониторингу за опытной эксплуатацией кассетных подшипников в различных поездах, проведенным исследованиям, анализу опыта отечественных и зарубежных специалистов установлены пороговые значения тревожной сигнализации при бесконтактном методе контроля нагрева букс средствами ИК-техники для одновременно эксплуатирующихся на железных дорогах России разнотипных подшипников. Для этого разработан оригинальный алгоритм идентификации типа тележек и подшипников подвиж-

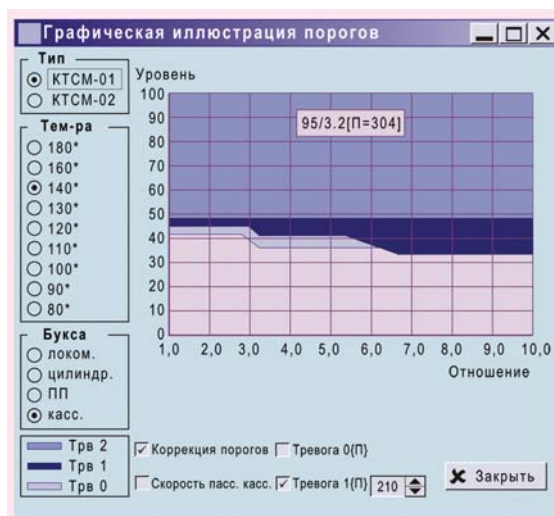


РИС. 5

ного состава по температурным признакам буксовых узлов.

На примере контроля скоростного пассажирского подвижного состава с кассетными подшипниками производства ТВЗ подтверждена целесообразность внедрения КТСМ-02 с ориентацией приемника инфракрасного излучения на нижнюю часть корпусов букс проходящих поездов, при которой не требуется введение пониженных порогов тревожной сигнализации для букс нечетных осей и повышение порогов сигнализации «Тревога 1» для букс четных осей.

Изложенная методология авторами использована также для совершенствования теплового контроля буксовых узлов тягового подвижного состава, конструкции тележек которого имеют значительно большее разнообразие, чем у вагонов. Моделирование траектории сканирования корпусов букс при различных углах ориентации ИК-оптики в пространстве показало, что обеспечить 100 %-й тепловой контроль буксовых узлов тягового подвижного состава различных серий можно, например, комбинированным использованием напольного оборудования КТСМ-01Д и КТСМ-02 на специализированных пунктах, размещенных на участке через 80–120 км. Соответствующие программно-технические решения одобрены руководством ОАО «РЖД» и приняты к реализации в 2007 г.