

Н.Н. БАЛУЕВ,
заместитель начальника Департа-
мента автоматики и телемеханики
ОАО «РЖД»
К.В. ГРИГОРЬЕВ,
начальник отдела Департамента
вагонного хозяйства ОАО «РЖД»
А.А. МИРОНОВ,
генеральный директор ООО
«Инфотэкс АТ»
В.Л. ОБРАЗЦОВ,
главный технолог

СРЕДСТВА ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ КТСМ И АСК ПС ХОДОВЫХ ЧАСТЕЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В 2005 г. в журнале «Автоматика, связь, информатика» № 3 и 5 опубликованы две статьи, посвященные анализу эксплуатации средств теплового контроля (СТК) подвижного состава. За истекшие годы на железных дорогах России появился подвижной состав нового поколения: локомотивы, грузовые и пассажирские вагоны с коническими роликовыми подшипниками кассетного типа, в том числе скоростные вагоны Тверского вагоностроительного завода, курсирующие в фирменных поездах «Невский экспресс», «Буревестник», «Северодвинск», а также высокоскоростные пассажирские электропоезда Velaro RUS «Сапсан» немецкого концерна Siemens и ALLEGRO французского концерна Alstom. Существенно изменился и парк средств теплового контроля – все физически изношенные и морально устаревшие системы ПОНАБ и ДИСК заменены на микропроцессорные комплексы КТСМ, которые на всех железных дорогах объединены в автоматизированные системы централизованного контроля подвижного состава АСК ПС. Перспективные направления совершенствования средств теплового контроля КТСМ-02 и АСК ПС были опубликованы в журналах «АСИ», 2005 г., № 12 и 2009 г., № 1. Проанализируем результаты эксплуатации КТСМ и АСК ПС за последнее десятилетие.

К началу 2010 г. на железных дорогах России эксплуатировались 4755 комплектов КТСМ (99,9 % всех СТК), в том числе 1668 комплектов (35 %) микропроцессорных средств контроля пятого поколения КТСМ-02 (рис. 1). Как видно из диаграммы, в 1999–2001 гг. было изъято из эксплуатации или модернизировано средствами КТСМ-01 все постовое оборудование устаревших установок ПОНАБ-3. После разработки универсального варианта КТСМ-01Д с микропроцессорным периферийным контроллером ПК-02ГД в 2002–2006 гг. были модернизированы все установки ДИСК-Б. В 2008–2009 гг. по решению руководства ОАО «РЖД» для создания 266 комбинированных пунктов контроля буксовых узлов локомотивов все КТСМ-01Д поставляли с новым напольным оборудованием ДИСК-Б в соответствии с чертежом 78Б.11-01/02. С 2004 г. дороги оснащали многофункциональными микропроцессорными комплексами КТСМ-02 с более совершенными микропроцессорными контроллерами ПК-05 и оригинальными напольными камерами КНМ-05 (чертеж ИН7.360.000). По сравнению с опытными образцами в серийных камерах улучшена виброзащита приемных капсул, повышена термостабильность боломет-

ров, оптимизирован обогрев узла заслонки и входного окна, введена разветвленная диагностика всех составных частей КТСМ-02.

Общее количество средств теплового контроля на дорогах возросло в 1,5 раза – с 3075 комплектов в 1999 г. до 4755 в 2009 г. По мере внедрения новой техники специалисты ООО «Инфотэкс АТ» совершенствовали прикладное программное обеспечение микропроцессорных контроллеров и технологию обслуживания КТСМ работниками дистанций. Эти мероприятия существенно снизили затраты времени на регламентное обслуживание технических средств контроля, сократили количество отказов оборудования СТК, общее время простоя и время, непосредственно затрачиваемое обслуживающим персоналом на устранение отказов как в абсолютном, так и в относительном исчислении (рис. 2).

Среднегодовое количество отключений средств теплового контроля из работы в расчете на 10 комплектов сократилось в 11,5 раз – с 17,2 случаев в 1999 г. до 1,5 в 2008 г., а время простоя в 17,3 раза – с 69,1 до 4,0 ч. По вине работников хозяйств пути и сооружений, а также электроснабжения происходит до 20 % всех отключений СТК,

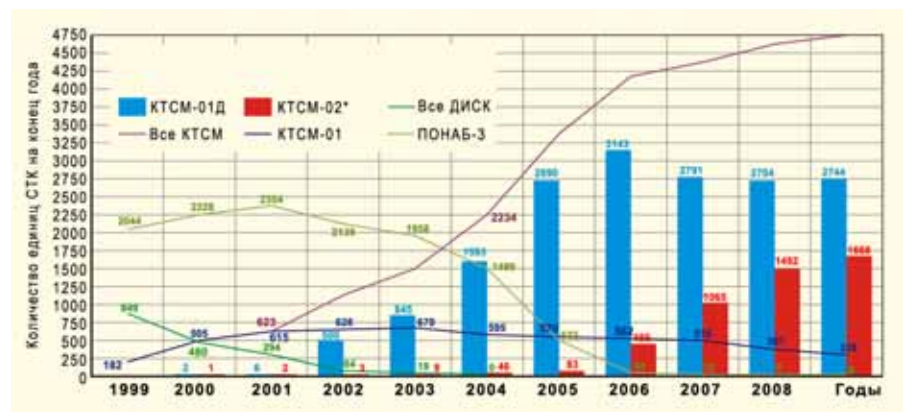


РИС. 1



РИС. 2

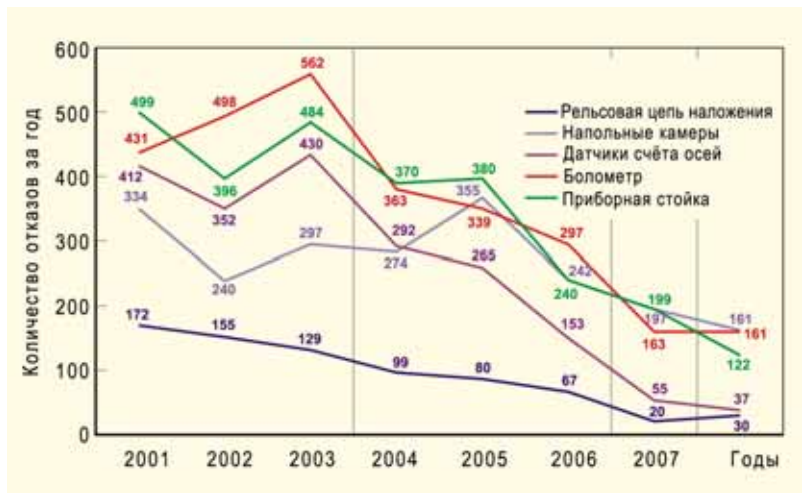


РИС. 3

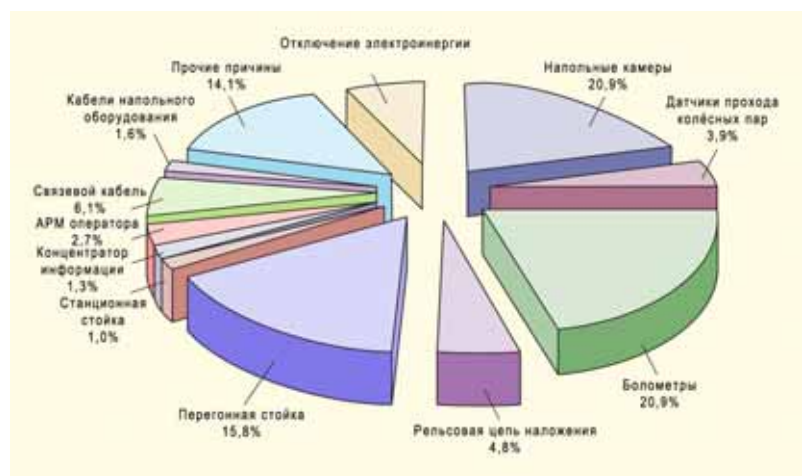


РИС. 4

а из-за отказов оборудования и некачественного выполнения обслуживания устройств работниками дистанций СЦБ – 80 %. Устойчивая тенденция к снижению количества отказов наблюдается с 2004 г. по всем составным частям средств теплового контроля, когда на дистанциях приступили к полной замене изношенного оборудования, а доля КТСМ достигла 50 % общего количества (рис. 3 и 4). Относительное количество «чистых» отказов из-за возникновения неисправностей оборудования меньше

общего количества нарушений его работоспособности на 30 %, а время простоя соответственно на 40 % меньше в сравнении с данными (см. рис. 2), учитывающими все отключения и простои из-за отказов, отключения электроэнергии, а также при капитальном ремонте пути и модернизации СТК.

При общем снижении количества отказов средств теплового контроля наиболее уязвимым, как и 10 лет назад, является напольное оборудование, на которое приходится до 50 % всех отказов. За эти годы

количество отказов станционного оборудования сократилось с 14 до 5 %, а количество отключений электроэнергии – с 20 до 7 %.

Надежность средств теплового контроля буксовых узлов и тормозов может быть оценена рядом показателей: вероятностью безотказной (исправной) работы $p(t)$, вероятностью отказа $g(t) = 1 - p(t)$, интенсивностью отказов $\lambda(t)$ или параметром потока отказов $\omega(t)$, средней наработкой на отказ (временем работы между отказами) T_m , коэффициентами готовности K_g и использования K_i .

В отчетах дистанций, служб и департамента содержатся такие параметры, как количество эксплуатируемых изделий $N_{стк}$, общее количество отказов СТК за период эксплуатации $N_{отк}$, общее время их простоя/восстановления T_v .

Рассчитаем основные показатели эксплуатационной надежности средств теплового контроля, имеющиеся в отчетах Департамента автоматики и телемеханики за 1999–2008 гг., по известным из теории формулам [1], не учитывая отключения оборудования по вине смежных служб (см. таблицу).

Так, в 2008 г. при круглосуточной эксплуатации годовой фонд рабочего времени всех средств равен $T_{р.в} = N_{стк} \cdot T_{г} = 4588 \cdot 8760 = 40\,190\,880$ ч, а суммарное время исправной работы $T_i = T_{р.в} - T_{пр} = 40\,190\,880 - 1334,2 = 40\,189\,545,8$ ч.

Среднее время наработки T_m всех средств в расчете на годовой период эксплуатации, если не учитывать время простоя по прочим причинам, равно отношению суммарного времени исправной работы T_i к количеству отказов $N_{отк}$. В расчете на все изделия получим: $T_m = 40\,189\,545,8 / 562 = 71\,511,6$ ч или 15,6 ч на одно изделие, т. е. из 4588 комплектов средств теплового контроля через каждые 15,6 ч одно из изделий на сети дорог может быть в неработоспособном состоянии. Интенсивность отказов равна $\lambda(t) = 562 / 4588 \cdot 8760 = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ ч}^{-1}$. Вероятность безотказной работы СТК в течение месяца $p(t) = e^{-\lambda(t) \cdot t_m} = 0,99$. Вероятность возникновения отказа в течение месяца $q(t) = 1 - p(t) = 0,01$ (примерно 1 отказ на 100 изделий). Среднее время устранения одного отказа $T_{отк} = 1334,2 / 562 = 2,37$ ч.

Коэффициент готовности средств теплового контроля K_g равен отношению общего времени

Годы	Количество СТК	Доля КТСМ, %	Количество отказов на один комплект СТК	Время простоя/на один комплект СТК, ч	Среднее время устранения одного отказа, ч
1999	3075	5,9	3795/1,23	10769/3,5	2,84
2000	3188	15,8	2716/0,85	7385/2,31	2,72
2001	3277	19,2	2363/0,72	7526,7/2,3	3,19
2002	3350	33,3	2044/0,61	9206,1/2,75	4,50
2003	3597	42,4	2265/0,63	8153,3/2,27	3,59
2004	3751	58,3	1728/0,46	5121/1,37	2,96
2005	3911	61,6	1687/0,43	4274,6/1,09	2,53
2006	4203	99,0	1385/0,33	4060,5/0,97	2,93
2007	4382	99,9	747/0,17	2048,1/0,47	2,74
2008	4588	99,9	562/0,12	1334,2/0,29	2,37
2009	4755	99,9	640/0,13	865,9/0,18	1,35

исправной работы изделия к сумме общего времени исправной работы и времени восстановления отказов: $K_g = (4\ 018\ 945,8 - 1334,2)/40\ 190\ 880 = 0,99$. Коэффициент использования K_i равен отношению суммарного времени исправной работы T_i к сумме времени исправной работы, времени устранения отказов $T_{отк}$ и дополнительных простоев $T_{доп}$, взятых за один и тот же период $K_i = 40\ 189\ 545,8/(40\ 189\ 545,8 + 1854) = 0,999$. В результате получено: коэффициенты готовности СТК и использования равны $K_g = K_i$. Аналогичные расчеты по данным за 1999 г. показали, что $T_m = 7095,2$ ч; $\lambda(t) = 1,4 \cdot 10^{-4}$ ч⁻¹; $p(t) = 0,9$; $q(t) = 0,1$ (1 отказ на 10 изделий).

Из этих расчетов можно сделать вывод, что надежность средств теплового контроля после модернизации или замены ПОНАБ-3 и ДИСК-Б на КТСМ возросла в 10 раз. Для оперативного анализа надежности этих средств, кроме используемых в хозяйстве показателей количества отказов и времени простоя в расчете на одно изделие, достаточно применять

среднее время устранения одного отказа $T_{отк}$, которое оценивает качество обслуживания и ремонта КТСМ на дистанциях (рис. 5).

Показатели надежности КТСМ по количеству отказов и времени простоя в расчете на 1 комплект выше среднесетевых на Забайкальской, Октябрьской и Дальневосточной дорогах соответственно в 3; 2 и 1,6 раза, а по превышению среднего времени устранения одного отказа еще на Сахалинской, Северной, Красноярской и Юго-Восточной дорогах. Имеется положительная динамика снижения простоев подвижных единиц за 2–3 года на Октябрьской, Калининградской, Куйбышевской, Свердловской, Южно-Уральской, Забайкальской, Дальневосточной и Сахалинской дорогах.

Благодаря вводу в эксплуатацию 990 новых пунктов контроля и переносу перегонного оборудования на новые координаты пути сократилось среднее расстояние между установленными средствами теплового контроля с 32,2 км в 2003 г. до 23,8 км в 2008 г., повы-

сились пороги тревожной сигнализации АРМ ЛПК и сократилось количество задержек поездов в пути следования с перегревом буксовых узлов (рис. 6).

Относительное количество задержек поездов по показаниям этих средств и отцепок вагонов с перегревом буксовых узлов (соответственно на 1 и 10 тыс. проконтролированных поездов) при прочих равных условиях изменялось в зависимости от настройки пороговых значений тревожной сигнализации: по сравнению с 2001 г. резкий рост произошел в 2003 г. после понижения порогов. В последующие годы пороговые значения срабатывания тревожной сигнализации по мере наращивания объемов внедрения КТСМ постепенно достигли уровня 2002 г. При этом КТСМ-01 (01Д) и КТСМ-02 имели разные пороги. В 2006 г. опять выросло количество отцепок вагонов с началом массовых поставок на дороги КТСМ-02, которые более адекватно, чем КТСМ-01Д, отражают тепловое состояние подшипников. Относительное количество отцепок вагонов в пути следования снизилось во второй половине 2008 г. за счет повышения порогов тревожной сигнализации КТСМ-02. Перед пунктами технического обслуживания вагонов (ПТО) размещено не более 15 % всех средств теплового контроля. При введении дополнительных признаков оценки состояния буксовых узлов, таких как «Динамика нагрева» – Тр.0 {Д} и «Приработка» – Тр.0 {П}, доля отцепок вагонов на ПТО увеличилась до 60 % общего количества. Во второй половине 2009 г. снизились необоснованные задержки поездов на главных направлениях Октябрьской, Горьковской, Свердловской и Западно-Си-

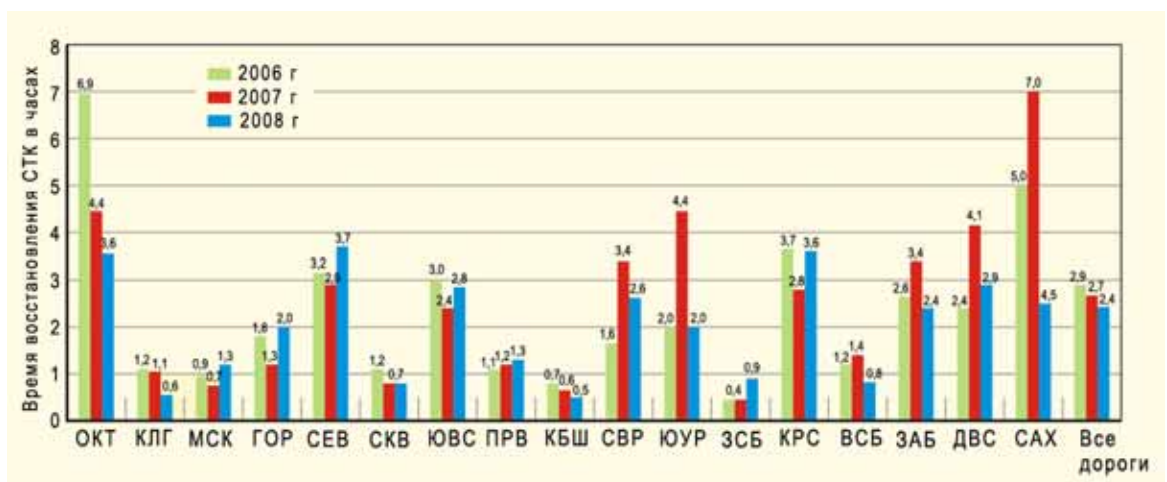


РИС. 5



РИС. 6

бирской дорогах в результате перевода всех КТСМ-02 на контроль букс в градусах Цельсия в соответствии с версией ПО 2.0.7.6.

Частота перегрева буксовых узлов имеет сезонный характер: весной количество показаний КТСМ в 2 раза выше, а осенью – в 1,25 раза выше, чем летом (рис. 7). То же самое касается и отцепок вагонов.

В умеренном климате количество задержек поездов и отцепок вагонов из-за перегрева буксового узла и неполадок тормозов существенно ниже, чем на дорогах, находящихся в резко континентальном климате. На участках дорог со сложным профилем и большой долей кривых буксы греются чаще, чем на дорогах с преобладанием равнинных участков. Это объясня-

ется тем, что в кривых возникают дополнительные осевые нагрузки на подшипники. Чаще всего перегрев букс фиксировался на нечетных осях вагонов, курсирующих на дорогах Севера (включая северные направления Октябрьской дороги), Урала, Сибири и Дальнего Востока, где наиболее суровые условия эксплуатации (рис. 8 и 9). Существенно снизить количество задержек поездов на Западно-Сибирской дороге удалось только после введения повышенных порогов тревожной сигнализации Тр.1. При этом были учтены такие факторы, как более высокие скорости и длины участков безостановочного движения грузовых поездов, высокая доля кольцевых маршрутов с вагонами нового поколения, оборудованных коническими подшипниками кассет-

ного типа. Такой риск был оправдан и в связи с более низкой частотой отцепок вагонов на дороге из-за перегрева буксового узла. На Горьковской дороге, а также дорогах Сибири и Дальнего Востока отцепок в 1,5–2 раза больше, чем в среднем по сети. «Лидером» же является Куйбышевская дорога, где такой показатель в 3 раза выше среднесетевого.

За последние три года сократилось количество задержек поездов по показаниям КТСМ из-за заторможенных колесных пар и тележек грузовых вагонов (рис. 10). Это произошло в основном за счет внедрения КТСМ-02, снижения количества показаний, что имеется кратковременный нагрев элементов колес при служебном торможении, в том числе на участках размещения КТСМ.

Отказы тормозного оборудования, вызывающие неполный (замедленный) отпуск тормозов, также имеют сезонный характер. Наибольшее количество задержек из-за неполадок в тормозной системе происходит на Приволжской, Красноярской, Восточно-Сибирской, Забайкальской и Дальневосточной дорогах, на которых еще велика доля КТСМ-01Д (от 60 до 90 %) с ориентацией ИК-оптики вспомогательных напольных камер на ступицы колес. На дорогах, где доля КТСМ-02 от 35 до 50 %, количество показаний, что имеются заторможенные вагоны, значительно ниже, чем в среднем по сети за счет меньшего количества показаний нагрева элементов колес при служебном торможении, в том числе и на контрольном участке пути.

За последние три года в связи с изменением структуры парка средств теплового контроля и повышением порогов тревожной сигнализации снизилось количество показаний КТСМ из-за нагрева букс локомотивов в 2 раза, из-за нагрева букс и шкивов пассажирских вагонов в 5,7 раза.

На комбинированных пунктах контроля буксовых узлов локомотивов в параллельном режиме эксплуатируются КТСМ-01Д (КТСМ-01) и КТСМ-02 с основными напольными камерами, но с разной ориентацией ИК-оптики на корпуса букс. Таким образом, не нарушая безопасность движения, снижается количество необоснованных задержек поездов при рабочем нагреве подшипников локомотивов. При этом сохраняется контроль буксовых

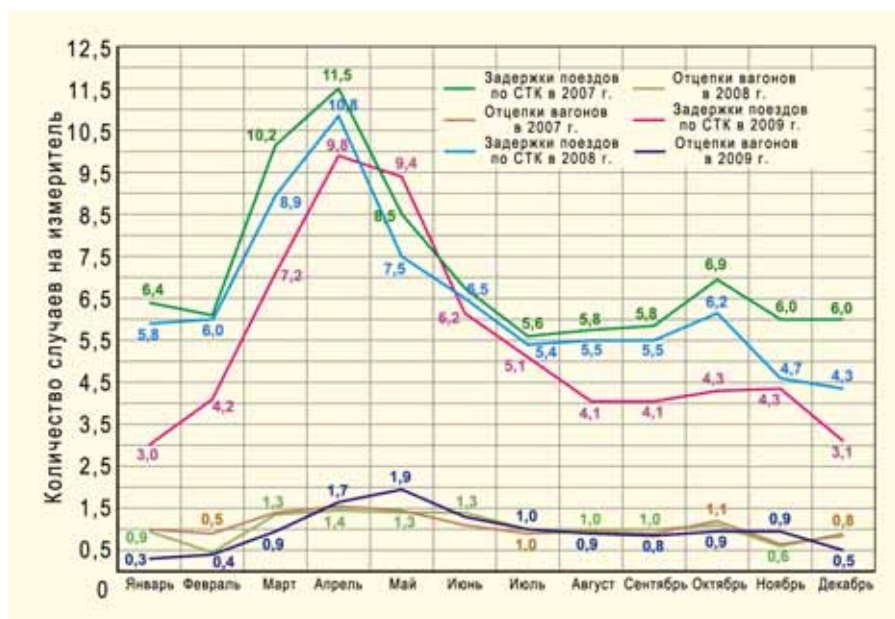


РИС. 7

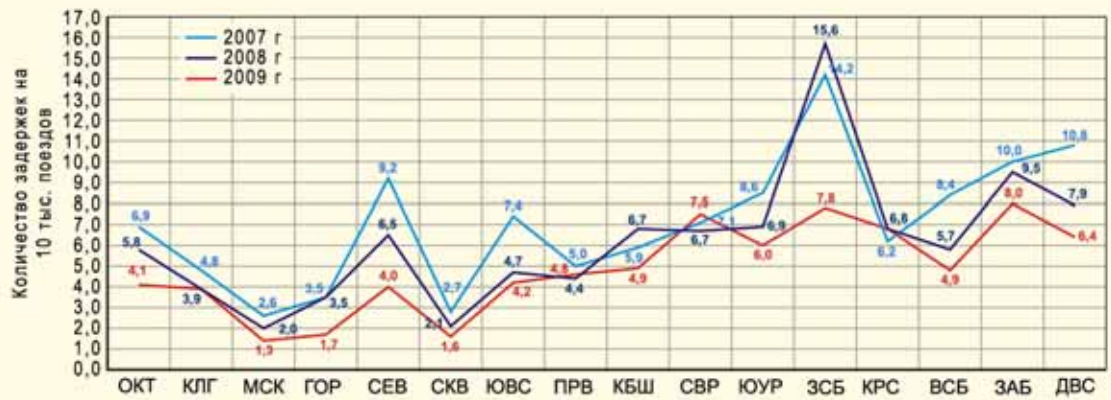


РИС. 8



РИС. 9

узлов вагонов и моторвагонного подвижного состава. Такие пункты должны создаваться через 80–100 км на всех грузонапряженных направлениях железных дорог, где курсируют локомотивы всех серий – от ВЛ10 до ВЛ85, ЧС2т, ЧС4, 2ТЭ121, на которых рессоры перекрывают поле обзора приемников ИК-излучения КТСМ-02. У локомотивов серий ЧС8, ЧС200, ТЭП60 крышки букс частично недоступны для теплового контроля средствами КТСМ-01Д. Практически у всех серий локомо-

тивов на разных осях корпуса букс смонтированы скоростемеры, токосъемники, противоюзные устройства, а часть сканируется ИК-оптикой не в полной мере из-за поводков, балансиров, гасителей колебаний, труб, подножек и др. [2]. Аналогичные проблемы теплового контроля имеют место в той или иной мере у скоростных пассажирских вагонов производства Тверского вагоностроительного завода (модели 68-4076 и 68-4096) и у высокоскоростных электропоездов

САПСАН, ALLEGRO, PENDOLINO. Специалисты ООО «Инфотэкс АТ» разработали вариант установки на новых пунктах контроля КТСМ-02 с двумя парами напольных камер КНМ-05. В них ИК-оптика ориентирована как на крышки, так и на нижние части корпусов букс. Управление происходит от блоков БУНК и микропроцессорного контроллера ПК-05. Для выявления заторможенных и возможно заклиненных колесных пар планируется разработать и поставить на производство новую подсистему КТСМ-02ТМ с ориентацией ИК-оптики на ободы колес изнутри колеи, как в некоторых зарубежных системах контроля. Буксовые узлы всех скоростных локомотивов (ЧС7, ЧС200), пассажирских вагонов и высокоскоростных электропоездов надежно контролируются только средствами КТСМ-02.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сотсков Б. С. Основы теории и расчета надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники. М., «Высшая школа», 1970, 270 с.
2. Мионов А. А. и др. Тепловой контроль буксовых узлов инфракрасной оптикой. «Локомотив», № 4, 2008 г., с. 29–32.

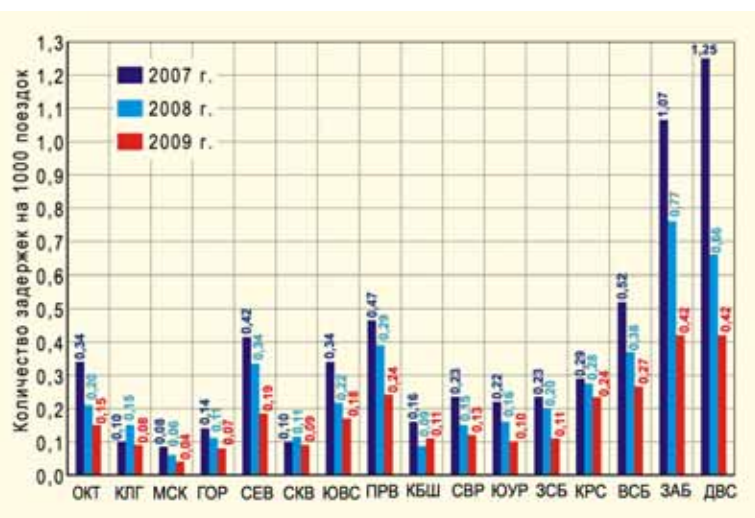


РИС. 10