

УДК 629.4.027.4:006.354

Кандидаты техн. наук Г. И. БРЮНЧУКОВ, А. В. СУХОВ, инж. Д. Е. КЕРЕНЦЕВ,
канд. техн. наук А. С. РАЗУМОВ

Катаные колесные центры для магистральных тепловозов 2ТЭ10, 2ТЭ116

Аннотация. Приведены результаты разработки и внедрения опытной партии катаных колесных центров из стали марки «С» производства ОАО «ВМЗ», предназначенных для магистральных тепловозов серий 2ТЭ10, 2ТЭ116, взамен серийных литых центров. Изготавливают катаные колесные центры в поточном производстве на колесопрокатной линии из среднеуглеродистой низколегированной стали с последующей термической обработкой в виде нормализации и отпуска. Катаные центры имеют оптимизированную низконапряженную конструкцию и поставляются с предварительной механической обработкой по всем поверхностям.

В рамках постановки на производство проведены лабораторные испытания катаных центров с анализом комплекса механических свойств, стендовые испытания на вязкость разрушения (трещиностойкость) и усталостную выносливость, а также полигонные испытания опытной партии на Экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ» и подконтрольная эксплуатация на общих основаниях под тепловозами на Северной железной дороге.

Результаты испытаний показали, что новые катаные центры марки «С» имеют повышенную надежность в эксплуатации за счет применения стали повышенного металлургического качества с более высокими прочностными характеристиками, усталостной выносливостью и трещиностойкостью. Кроме того, применение новой марки стали, оптимизированной конструкции центра и технологии изготовления прокаткой взамен отливки обеспечило существенное снижение стоимости колесных центров и позволило уменьшить их конструкционную массу на 10%.

На основании положительных результатов эксплуатационных испытаний на ОАО «ВМЗ» проведены приемочные испытания катаных центров из стали марки «С» и постановка данной продукции на производство в объеме установочной серии.

Результаты этой работы положены в основу нового ГОСТ Р 55498–2013 «Центры колесные катаные для железнодорожного подвижного состава. Технические условия».

Ключевые слова: тяговый подвижной состав; центр колесный катаный; среднеуглеродистая сталь; механические свойства; трещиностойкость; напряженно-деформированное состояние; низконапряженная конструкция; стендовые и эксплуатационные испытания

Центры колесных пар локомотивов являются одной из наиболее ответственных деталей ходовой части тягового подвижного состава, поскольку от них зависит надежность локомотива в целом. Наиболее распространенной причиной отказов литых колесных центров в эксплуатации является их повышенная склонность к трещинообразованию, что существенно снижает безопасность движения. Преждевременное изъятие колесных пар из эксплуатации по этой причине приводит к дополнительным затратам на простой и

техническое обслуживание локомотивного парка. Возникновение трещин в литых центрах связано с наличием в них различного рода литейных дефектов, обусловленных технологией изготовления и являющихся концентраторами напряжений. При этом литые центры имеют более высокую себестоимость изготовления по сравнению с деталями колесных пар, получаемыми методом прокатки (колесо, бандаж).

Повышение надежности и снижение стоимости жизненного цикла колесных центров достигается за счет применения на локомотивах катаных центров, имеющих более высокое металлургическое качество стали и хорошо проработанную горячекатаную структуру [1, 2]. Применение технологии прокатки центров на прессопрокатной линии [3, 4] взамен поштучной отливки в одноразовые формы также позволяет снизить себестоимость их изготовления.

В настоящее время серийно изготавливаются и применяются на сети дорог катаные колесные центры из низкоуглеродистой стали для магистральных электровозов серий ЭП2К, 2ЭС6, 2ЭС10. Положительный опыт эксплуатации данных колесных центров подтверждает перспективность и целесообразность перевода на катаные центры основного локомотивного парка.

В связи с этим специалистами ОАО «ВНИИЖТ» и ОАО «ВМЗ» (Выксунский металлургический завод) была поставлена и решена задача по разработке, комплексным испытаниям и постановке на производство катаных колесных центров для магистральных тепловозов серий 2ТЭ10, 2ТЭ116 и маневрового ТЭМ2, составляющих основной тепловозный парк локомотивного хозяйства. Работа выполнялась в период с 2009 по 2014 г. по заказу ОАО «РЖД».

Конструкция серийных литых центров (рис. 1, а), применяемых на тепловозах указанных серий, является универсальной и имеет следующие особенности:

- наружный диаметр обода центра — 900 мм;
- ширина обода — 111 мм;
- длина ступицы — 197,5 мм;
- диаметр отверстия ступицы — 235 мм;
- вылет ступицы относительно обода с внутренней стороны центра (офсет) — 96,5 мм.

Работа по созданию опытного образца катаного центра включала в себя разработку новой марки стали

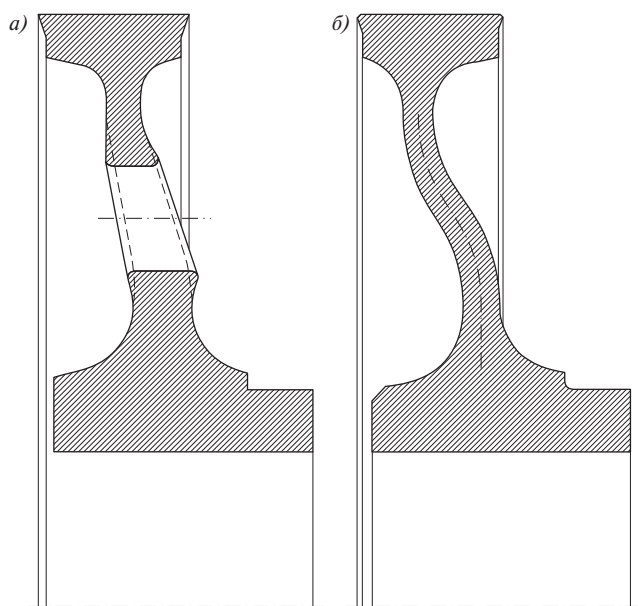


Рис. 1. Конструкция центра колесного для тепловозов 2ТЭ10, 2ТЭ116, ТЭМ2:

а — серийный литой центр; б — новый катанный центр

для изготовления центров методом прокатки и создание оптимизированной низконапряженной конструкции центра.

Разработку новой марки стали проводили с учетом следующих факторов, обеспечивающих снижение себестоимости изготовления центров и повышение их надежности в эксплуатации:

- поточное изготовление центров на колесопркатной линии с минимальным временем перевалки производства колес на изготовление центров и обратно;
- изготовление катанных центров из среднеуглеродистой стали высокого металлургического качества с повышенными прочностными характеристиками взамен

низкоуглеродистой стали (снижение конструкционной массы центра);

- обеспечение повышенной прочности катанных центров при сохранении достаточно высокого уровня ударной вязкости и трещиностойкости за счет применения простой термической обработки (нормализация или нормализация с отпуском);

- сталь, применяемая для производства катанных центров, должна быть эквивалентна или близка по химическому составу к маркам колесных сталей, уже имеющих в сортаменте завода-изготовителя.

С учетом выполнения перечисленных условий производства и обеспечения высокого комплекса механических свойств для изготовления катанных центров была разработана среднеуглеродистая низколегированная сталь марки «С» по ТУ 0943-259-01124323-2009. Требования к химическому составу стали марки «С» приведены в табл. 1. Сталь подвергается внепечной обработке и вакуумированию, массовая доля водорода в жидкой стали перед разливкой — не более 0,0002% (2,0 ppm).

После прокатки центры подвергают нормализации с отпуском.

Механические свойства центров в состоянии поставки должны соответствовать значениям, указанным в табл. 2.

Кроме этого, для катанных центров установлены повышенные требования (как для цельнокатанных колес категории В по ГОСТ 10791 – 2011) к следующим показателям: шероховатость поверхности, отклонения формы, наличие внутренних и поверхностных дефектов, загрязненность стали неметаллическими включениями, величина остаточного дисбаланса, а также браковочные критерии ультразвукового контроля. Также необходимо отметить, что центры проходят

Таблица 1

Химический состав стали центров

Марка стали	Массовая доля элементов, %									
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	V	P	S	S + P
«С»	0,44–0,53	0,70–1,10	0,30–0,50	0,30	0,30	0,25	0,15	0,025	0,020	0,040
Плавка № 6750 (факт.)	0,47	1,00	0,50	0,08	0,05	0,07	0,09	0,008	0,010	0,018

Таблица 2

Механические свойства центров

Марка стали	Временное сопротивление, не менее, Н/мм ²	Предел текучести, не менее, Н/мм ²	Относительное удлинение, не менее, %	Относительное сужение, не менее, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ² , не менее	
					при +20 °С	при –60 °С
«С»	720	—	15	25	35	25
Центр № 385364 (факт.)	813	502	19	47	54	147
Центр № 385340 (факт.)	792	489	22	48	58	159

Примечания. 1. Режим термической обработки центров: нормализация с 875 °С и отпуск при 470 °С в течение 140 мин. 2. Образцы для определения механических свойств при растяжении и ударной вязкости изготавливались из подступичной части диска центра.

предварительную механическую обработку по всем поверхностям, в том числе окончательную чистовую обработку по поверхностям диска и зон его перехода в обод и ступицу.

Для катаного центра из стали марки «С» была разработана новая низконапряженная конструкция (рис. 1, б), предназначенная на замену серийной конструкции. Расчет и анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) новой конструкции центра при приложении комплекса характерных эксплуатационных нагрузок проводили методом конечно-элементного анализа с помощью программного пакета ANSYS. Расчет был выполнен для составного локомотивного колеса в сборе с учетом максимальной и минимальной толщины бандажа на соответствующих конечно-элементных моделях (рис. 2). Методика расчета учитывала эксплуатационные механические и тепловые нагрузки, а также монтажные нагрузки от соединения с натягом колесного центра с осью и бандажом [5, 6, 7, 8]. По результатам расчета проводили сравнение НДС новой и серийной конструкции при одинаковых схемах и условиях нагружения с заключением о возможности применения новой конструкции взамен существующей. При этом анализ новой конструкции выполняли с максимальной статической нагрузкой от колесной пары на рельсы 30 тс, а серийной конструкции — 24 тс.

Расчеты выполнены для следующих характерных случаев нагружения (см. схему на рис. 3):

- 1) движение колесной пары по прямому участку пути, когда на колесо действует вертикальная сила по кругу катания V_1 ;
- 2) движение колесной пары в кривой, когда на гребень действует горизонтальная боковая сила L_2 , а на обод — вертикальная смещенная в сторону гребня V_2 ;
- 3) движение колесной пары через стрелочные переводы и пересечение путей, когда гребень колеса соприкасается с направляющим рельсом стрелки (вертикальная нагрузка V_3 , горизонтальная нагрузка L_3);
- 4) длительное торможение колесной пары в течение 20 мин (нагрузка T_h);
- 5) движение колесной пары по прямому участку пути после длительного торможения (комбинация расчетных случаев 1 и 4);
- 6) движение колесной пары в кривой после длительного торможения (комбинация расчетных случаев 2 и 4);
- 7) движение колесной пары через стрелочные переводы и пересечение путей после длительного торможения (комбинация расчетных случаев 3 и 4).

Оценку НДС при различных вариантах нагружения проводили по максимальным значениям интенсивности напряжений по Мизесу в наиболее напряженных зонах перехода диска в обод и ступицу с внутренней и наружной стороны центра.

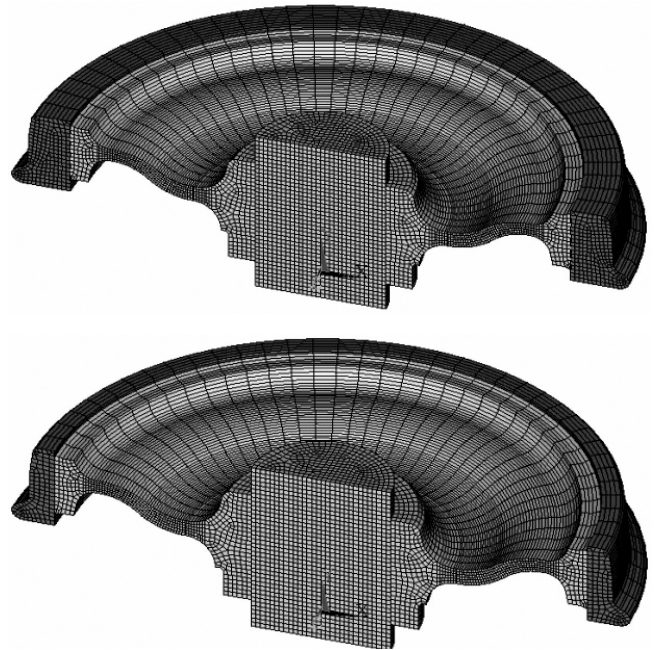


Рис. 2. Конечно-элементная модель локомотивного колеса с новым (сверху) и предельно изношенным (снизу) бандажом

Выполненный расчет показал, что наряду с увеличением максимальной нагрузки от колесной пары на рельсы до 30 тс удалось за счет использования S-образной формы диска центра [9] и перехода от литья к прокату снизить уровень максимальной интенсивности напряжений в колесном центре от действия механических и тепловых нагрузок на 10–40%, а также уменьшить массу центра на 30 кг по сравнению с существующей конструкцией (с 302 до 272 кг).

По разработанной нормативной документации в 2010 г. на ОАО «ВМЗ» была изготовлена опытная партия катаных тепловозных центров из стали марки «С». Опытные образцы центров прошли предварительные испытания, включая заводские приемо-сдаточные, на соответствие требованиям ТУ 0943-259-01 124323-2009,

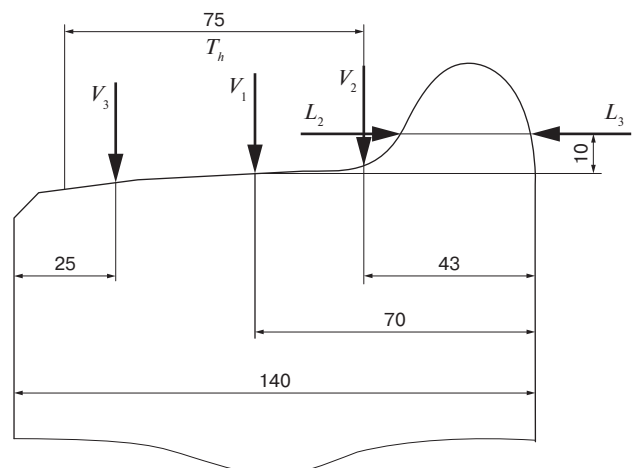


Рис. 3. Схема приложения механических и тепловых нагрузок к ободу локомотивного колеса

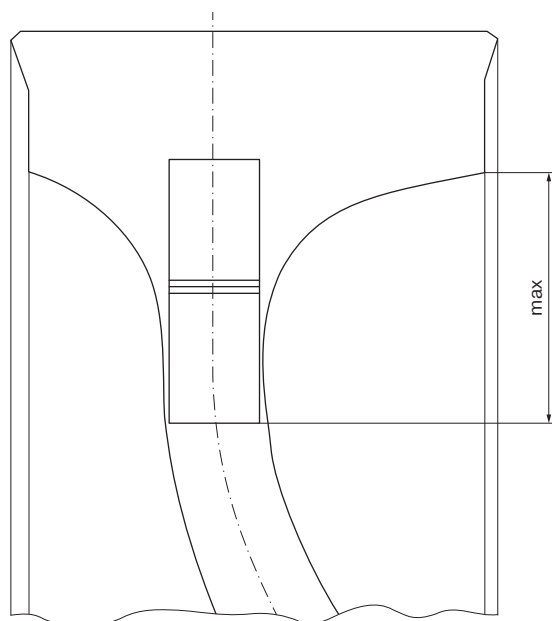


Рис. 4. Схема вырезки образцов для испытаний на трещиностойкость

лабораторные испытания с анализом химического состава и механических свойств (см. табл. 1 и 2), а также стендовые испытания на статическую вязкость разрушения (трещиностойкость) и усталостную выносливость.

Определение статической вязкости разрушения (трещиностойкости) K_{IC} катаных центров проводили на прямоугольных компактных образцах с краевой трещиной типа 3 по ГОСТ 25.506–85. Образцы изготавливали из зоны перехода диска центра в обод таким образом, чтобы надрез на образце располагался на уровне перехода катаной части диска в штампованную (рис. 4). Данная схема вырезки образцов позволяет при их последующем испытании моделировать распространение сквозной трещины в диске центра в окружном направлении.

Испытание образцов проводили на гидравлическом пульсаторе типа ГРМ-1 при статическом нагружении по схеме внецентренного растяжения при температуре $+20^\circ\text{C}$. Всего было испытано шесть образцов.

По результатам испытаний значение вязкости разрушения K_{IC} составило $75,9 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, т. е. катаные центры имеют достаточный запас по трещиностойкости (на уровне колесной стали марки «2» по ГОСТ 10791–2011).

Для стендовых испытаний на усталостную выносливость от опытной партии было отобрано два центра. Усталостные испытания проводили с целью проверки катаных центров на соответствие требованию п. 18.6 Норм безопасности НБ ЖТ ТМ 02-98 по типовой методике на машине-пульсаторе типа ЦДМ-200ПУ методом циклического нагружения с коэффициентом асимметрии $R = 0,1$ и частотой действия переменных

нагрузок 300 мин^{-1} (5 Гц). Применяемая схема нагружения с вертикальным расположением центра (рис. 5) моделировала вертикальную (осевую) нагрузку, передающуюся от центра с бандажом на рельс по кругу катания при движении колесной пары по прямому участку пути. При необходимости данная схема нагружения позволяет испытывать один центр в нескольких сечениях без погрешности в случае сохранения его целостности (до шести сечений приложения нагрузки с поворотом на 60°).

Критерием успешного прохождения испытания являлось отсутствие деформаций, трещин или разрушения в наиболее напряженных частях центра и сохранение им несущей способности (возможности выдерживать заданную нагрузку) в течение всего времени испытаний. Нормативное значение показателя по НБ ЖТ ТМ 02-98 — не менее 1,5 млн циклов при максимальной нагрузке цикла 650 кН (для серийных литых и катаных центров). В связи с тем что катаные центры из стали марки «С» имеют повышенные прочностные характеристики и трещиностойкость, для них была установлена база прохождения усталостного испытания 5 млн циклов.

Согласно ранее выполненным расчетам НДС конструкции наиболее напряженными в катаном тепловозном центре при данной схеме нагружения являются зона перехода диска в приободную часть с внутренней стороны (зона А, рис. 5) и зона перехода диска в подступичную часть с наружной стороны (зона В, рис. 5). При испытании центров проводился контроль за указанными зонами, поскольку они являются наиболее вероятными очагами возникновения усталостной трещины. Дополнительно в процессе испытания выполняли тензометрирование напряженного состояния в зонах А и В (рис. 6), результаты которого подтвердили расчетные данные по оценке НДС конструкции.

Усталостное испытание центров проводили с пошаговым увеличением максимального уровня нагрузки цикла от 450 до 950 кН (дальнейшее увеличение нагрузки было ограничено возможностями оборудования). Результаты испытания приведены в табл. 3.

Стендовые испытания показали, что предел выносливости катаных центров составляет не менее 950 кН на базе 5 млн циклов.

На основании положительных результатов предварительных испытаний было принято решение о проведении полигонных испытаний катаных центров с целью оценки их стойкости к возникновению трещин от эксплуатационных нагрузок, конструкционной прочности соединения с бандажом и осью колесной пары и подтверждения их надежности и безопасности в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным.

Полигонные испытания опытных катаных центров в количестве 24 шт. были проведены в 2011 г.

на Экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ» (ст. Щербинка) по специально разработанной программе и методике. Для проведения полигонных испытаний был выделен тепловоз 2ТЭ10МК № 335 приписки депо Котлас Северной железной дороги, полностью оснащенный катаными центрами (рис. 7). Полигонные испытания тепловоза проводили со скоростью 70 км/ч. Пробег тепловоза за все время испытаний составил свыше 15 000 км.

При проведении полигонных испытаний периодически производилась постановка тепловоза на смотровую канаву для осмотра центров в соответствии с [10, 11] и контроля следующих показателей [12]:

- сдвиг контрольной отметки бандажа относительно контрольной отметки колесного центра (визуальный контроль);
- ослабление посадки бандажа на ободу колесного центра (визуальный контроль и отстукивание слесарным молотком поверхности катания бандажа);
- ослабление или сдвиг колесного центра на оси вдоль образующей или в окружном направлении (визуальный контроль);

Таблица 3

Результаты усталостных испытаний катаных центров из стали марки «С»

Номер центра	Нагрузка цикла, кН		Число циклов испытания, $\times 10^6$	Примечания
	P_{\max}	P_{\min}		
385330	450	45	5,0	Центр выдержал испытание
	650	65		
	850	85		
	950	95		
385360	650	65		
	950	95		

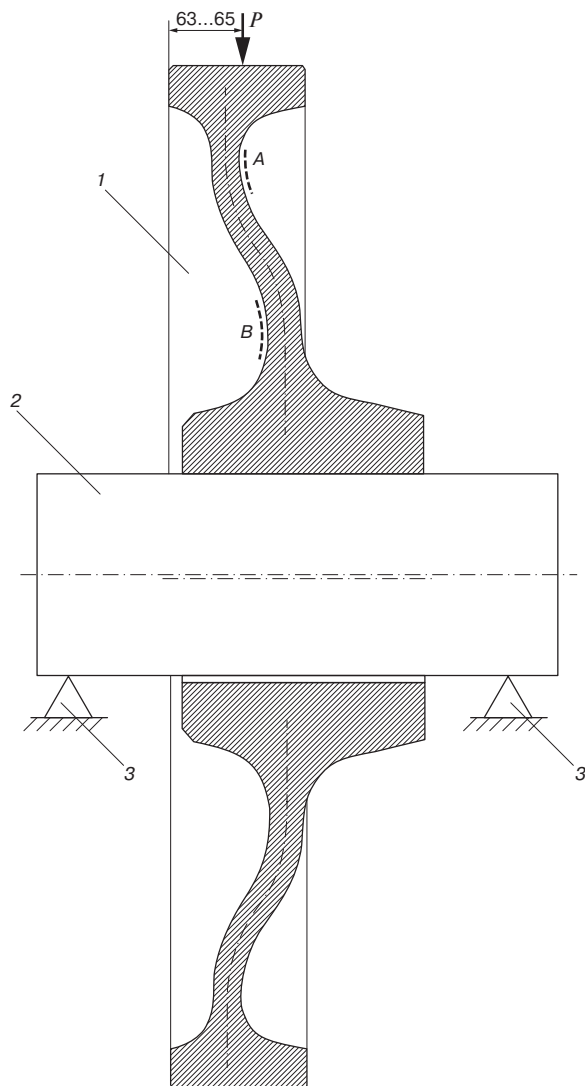


Рис. 5. Типовая схема усталостного испытания катаного центра: 1 — центр; 2 — ось; 3 — неподвижные опоры



Рис. 6. Стендовое усталостное испытание катаного центра с проведением тензометрирования наиболее нагруженных зон



Рис. 7. Грузовой тепловоз 2ТЭ10МК № 335 с катаными колесными центрами (Экспериментальное кольцо, ст. Щербинка)

- отсутствие трещин в обод, диске и ступице колесного центра (визуальный контроль);
- отсутствие трещин в зонах перехода диска центра в обод и ступицу (неразрушающий контроль вихретоковым методом).

Осмотр центров и контроль указанных показателей производился с наружной и внутренней сторон в местах, доступных для осмотра и контроля, с передвижением тепловоза на смотровой канаве. Контроль отсутствия трещин в центрах проводился вихретоковым методом дефектоскопом ВД-12НФМ в соответствии с инструкцией № ЦТТ-18/2.

Результаты визуального осмотра и вихретокового контроля опытных катаных центров после завершения испытаний подтвердили отсутствие в них трещин и обеспечение конструкционной прочности соединения с бандажом и осью колесной пары. На основании положительных результатов полигонных испытаний катаных центров было принято решение о проведении подконтрольных эксплуатационных испытаний опытной партии указанных центров с целью подтверждения их надежности и безопасности в реальных условиях эксплуатации.

Эксплуатационные испытания опытной партии катаных колесных центров в количестве 72 шт. были проведены в 2011–2012 гг. на Северной железной дороге. Для проведения испытаний тепловозы 2ТЭ10МК-335, 2ТЭ10МК-2286 и 2ТЭ10МК-3021 приписки ТЧЭ Котлас были полностью оснащены катаными центрами (по 24 центра на один тепловоз, всего 72 центра).

Подконтрольные тепловозы эксплуатировались в магистральном грузовом движении на общих основаниях. Пробег тепловозов на момент завершения эксплуатационных испытаний (июнь 2012 г.) составил:

- 2ТЭ10МК-335 — 180,6 тыс. км;
- 2ТЭ10МК-2286 — 116,1 тыс. км;
- 2ТЭ10МК-3021 — 115,6/94,8 тыс. км (секция А/секция Б).

Периодические осмотры и контроль катаных центров проводились в соответствии со специальной программой и методикой испытаний (контролируемые показатели и методы контроля — как при полигонных испытаниях).

По результатам визуального осмотра и вихретокового контроля катаных центров колесных пар тепловозов в период проведения эксплуатационных испытаний и после их завершения установлено, что сдвиг контрольных отметок бандажей и центров, ослабление посадки бандажей на центрах, сдвиг центров на осях и трещины в центрах отсутствуют. После завершения эксплуатационных испытаний конструкционная прочность соединения катаных центров с бандажом и осью колесной пары обеспечена и они признаются годными к дальнейшей эксплуатации.

В настоящее время партия катаных центров продолжает успешно эксплуатироваться под тепловозами на Северной железной дороге (средний пробег колесных пар с катаными центрами по состоянию на декабрь 2014 г. превысил 500 тыс. км).

На основании положительных результатов эксплуатационных испытаний на ОАО «ВМЗ» были проведены приемочные испытания катаных центров из стали марки «С» по ТУ 0943-259-01124323-2009 в составе межведомственной комиссии с целью постановки продукции на производство в объеме установочной серии. По результатам приемочных испытаний конструкторской и технологической документации на производство катаных центров присвоена литера «О₁» и подтверждена готовность ОАО «ВМЗ» к производству установочной серии данной продукции в объеме 3000 шт. На основании акта приемочных испытаний ОАО «ВМЗ» прошло процедуру обязательного подтверждения соответствия катаных центров марки «С» (сертификат соответствия получен в марте 2015 г.).

Заключение. Результатом выполненной работы стало создание нового вида продукции — катаных колесных центров из стали марки «С» для магистральных тепловозов, имеющих конкурентные преимущества перед серийными литыми центрами:

- повышенная надежность в эксплуатации за счет применения стали повышенного металлургического качества с более высокими прочностными характеристиками, усталостной выносливостью и трещиностойкостью;
- снижение конструкционной массы центра на 10%, что составляет 30 кг на один центр, или 720 кг нерессоренной массы на двухсекционный тепловоз;
- снижение закупочной стоимости продукции до 50%;
- снижение (исключение) затрат локомотивного хозяйства на ремонт сваркой трещин в колесных центрах тепловозов в эксплуатации.

Необходимо отметить, что результаты данной работы были положены в основу нового ГОСТ Р 55498–2013 «Центры колесные катаные для железнодорожного подвижного состава. Технические условия», вступившего в действие с 1 марта 2014 г. и установившего единые технические требования к центрам колесным катаным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жучков С.М., Кузьмичёв В.М. Замена литых центров локомотивных колес на катаные: преимущества и задачи // Металлургические процессы и оборудование. 2007. № 3. С. 11–14.
2. Пути повышения конструкционной прочности колесных центров / С.М. Жучков [и др.] // Металлургические процессы и оборудование. 2008. № 4. С. 13–16.

3. Жучков С. М., Кузьмичёв В. М., Перков О. Н. Технологические возможности замены литых центров локомотивных колес катаными // *Металлургические процессы и оборудование*. 2007. № 4. С. 23–25.

4. Жучков С. М., Кузьмичёв В. М., Перков О. Н. Особенности реализации технологии изготовления колесных центров для локомотивов методом обработки давлением // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: сб. научн. тр. Днепропетровск: ИЧМ НАН Украины*, 2008. Вып. 17. С. 240–244.

5. Fermer M. Optimisation of a railway freight car wheel by use of a fractional factorial design method/ *Proceedings of Inst. Mech. Eng. Vol. 308*. 1994. P. 97–107.

6. Association of American Railroads «Procedure for the Analytic Evaluation of Locomotive and Freight Car Wheel Designs, S-660-83».

7. Волохов Г. М., Керенцев Д. Е. Развитие методов оценки прочности конструкций цельнокатаных железнодорожных колес и критериев их допуска к эксплуатации пары// *Вестник ВЭЛНИИ*. 2013. № 2. С. 138–154.

8. Бородин А. В., Здор Г. П., Ярышева Л. В. Анализ прочности соединения «колесный центр—бандаж колеса тепловоза»// *Известия Транссиба*. 2012. № 1. С. 8–12.

9. Железнодорожное колесо: патент на изобретение RUS 2428319 / Р. А. Голышков, Д. Е. Керенцев. 07.04.2010.

10. Инструкция по формированию, ремонту и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм ЦТ-329. М.: Техинформ, 2000. 136 с.

11. Колесные пары тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту КМБШ.667120.001РЭ, 2005.

12. Бородин А. В., Здор Г. П., Ярышева Л. В. Влияние условий эксплуатации на прочность соединения «колесный центр—бандаж» колеса тепловоза// *Транспорт Урала*. 2013. № 2. С. 55–58.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

БРЮНЧУКОВ Григорий Иванович,
заведующий лабораторией, ОАО «ВНИИЖТ».
129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10.
Тел.: (499) 260-45-23.
E-mail: steelmaker3@mail.ru ✉

СУХОВ Алексей Владимирович,
заведующий отделением «Транспортное материаловедение»,
ОАО «ВНИИЖТ».
129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10.
Тел.: (499) 260-43-90.
E-mail: A_Sukhov@mail.ru

КЕРЕНЦЕВ Дмитрий Евгеньевич,
главный специалист, ОАО «ВМЗ».
607060, Выкса, ул. Братьев Баташевых, д. 45.
Тел.: (83177) 9-54-63.
E-mail: kerencev_de@vsv.ru

РАЗУМОВ Андрей Сергеевич,
ведущий научный сотрудник, ОАО «ВНИИЖТ».
129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10.
Тел.: (499) 260-43-92.
E-mail: razumov78@yandex.ru

Rolled wheel center hubs for mainline diesel-electric locomotives 2TE10, 2TE116

Grigory I. Bryunchukov, Candidate of Technical Science, Laboratory Chief, JSC Railway Research Institute (JSC VNIIZhT).
10, 3rd Mytischinskaya str., 129626 Moscow, Russian Federation. Tel.: +7 (499) 2604523. E-mail: steelmaker3@mail.ru ✉

Alexey V. Sukhov, Candidate of Technical Science, Head of Department for Transport Related Material Technology, JSC Railway Research Institute (JSC VNIIZhT). 10, 3rd Mytischinskaya str., 129626 Moscow, Russian Federation. Tel.: +7 (499) 2604390. E-mail: a_sukhov@mail.ru

Dmitry E. Kerentsev, Head Expert, JSC VMZ. 45, Batashev Brothers Street, 607060, Vyksa, Russian Federation. Tel.: +7 (83177) 95463.
E-mail: kerencev_de@vsv.ru

Andrey S. Razumov, Candidate of Technical Science, Leading Research Worker, JSC Railway Research Institute (JSC VNIIZhT).
10, 3rd Mytischinskaya str., 129626 Moscow, Russian Federation. Tel.: +7 (499) 2604392. E-mail: razumov78@yandex.ru

Abstract. Given below are results of development and implementation of a pilot batch of rolled wheel center hubs made of steel grade 'S' at the JSC VMZ Iron and Steel Works designed to replace stock-produced cast wheel center hubs in mainline diesel-electric locomotives 2TE10, 2TE116. Flow line production of rolled wheel center hubs includes a mill for rolling center disk-type wheels where wheel center hubs are made of medium carbon/low-alloy steel with further heat treatment (namely normalizing and stress relieving). The rolled wheel center hubs have an optimized low-stress configuration and are supplied with all its surfaces machined.

Within the standard routine preceding mass production, the rolled centers were tested in a laboratory where a full package of mechanical properties were analyzed, were tested on a rig for crack resistance (or fracture toughness), also a pilot lot was tested on the Experimental Loop (JSC VNIIZhT) and were tested in revenue operations performed by Severnaya Railway Operator where they were installed in the wheels of diesel-electric locomotives.

Test results have shown that the new rolled wheel center hubs made of steel grade 'S' demonstrated improved reliability in revenue operations due to higher steel quality and higher parameters of strength, fatigue life and fracture toughness. Additionally, the

use of a new steel grade, optimized center hub design, and a new manufacturing technology—rolling instead of casting—have resulted in a substantial cuts of wheel centers production costs and a 10% decrease of assembled weight.

Due to positive results of tests in revenue operations the company JSC VMZ has held the acceptance test procedure related to rolled wheel center hubs made of steel grade 'S' and registered a permit to manufacture as much as a preproduction batch.

Results of this work have been taken as a basis for the new standard GOST R 55498–2013 'Rolled wheel center hubs for the railway rolling stock. Technical specifications'.

Keywords: motive power; rolled wheel center hub; medium carbon steel; mechanical properties; fracture toughness; stress-strained condition; low-stress construction; rig tests and field trials

References

1. Zhuchkov S. M., Kuz'michev V. M. *Zamena litykh tsentrov lokomotivnykh koles na katanye: preimushchestva i zadachi* [Replacing cast centers of locomotive wheels for rolled ones: Benefits and challenges]. *Metallurgicheskie protsessy i oborudovanie*, 2007, no. 3, pp. 11–14.

2. Zhuchkov S. M. et al. *Puti povysheniya konstruktsionnoy prochnosti kolesnykh tsentrov* [Ways to increase the structural

strength of the wheel centers]. Metallurgicheskie protsessy i oborudovanie, 2008, no. 4, pp. 13–16.

3. Zhuchkov S. M., Kuz'michev V. M., Perkov O. N. *Tekhnologicheskie vozmozhnosti zameny litykh tse ntrov lokomotivnykh koles katany mi* [Technological feasibility of replacing cast centers of locomotive wheels by rolled ones]. Metallurgicheskie protsessy i oborudovanie, 2007, no. 4, pp. 23–25.

4. Zhuchkov S. M., Kuz'michev V. M., Perkov O. N. *Osobennosti realizatsii tekhnologii izgotovleniya kolesnykh tse ntrov dlya lokomotivov metodom obrabotki davleniem* [Features of the implementation of production technology of wheel centers for locomotives by forming]. Fundamental'nye i prikladnye problemy chernoy metallurgii. Sb. nauch. tr. [Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy. Coll. sci. pap.], 2008, no. 17, pp. 240–244.

5. Fermer M. *Optimisation of a railway freight car wheel by use of a fractional factorial design method*. Proceedings of Institution of Mechanical Engineers, 1994, vol. 308, pp. 97–107.

6. *Procedure for the Analytic Evaluation of Locomotive and Freight Car Wheel Designs, S-660–83*. Washington, DC, Association of American Railroads.

7. Volokhov G. M., Kerentsev D. E. *Razvitie metodov otsenki prochnosti konstruksiy tsel'notkatanykh zheleznodorozhnykh*

koles i kriteriev ikh dopuska k ekspluatatsii pary [Development of methods to assess the strength of structures of solid-rolled railway wheels and criteria for the admission to operation as a pair]. Vestnik VELNII [Bulletin of the Russian Research and Design Institute of Electric Locomotive Building], 2013, no. 2, pp. 138–154.

8. Borodin A. V., Zdor G. P., Yarysheva L. V. *Analiz prochnosti soedineniya "kolesnyy tse ntr — bandazh kolesa teplovoza"* [The analysis of the strength of "wheel center — bandage of the locomotive wheels"]. Izvestiya Transsiba, 2012, no. 1, pp. 8–12.

9. Golyshkov R. A., Kerentsev D. E. *Railway wheel*. Patent RUS 2428319. April 07, 2010. (in Russ.).

10. *Instructions for the formation, repair and maintenance of wheel pairs of traction rolling stock of 1520 mm DH-329*. Moscow, Tekhinform Publ., 2000. 136 p. (in Russ.).

11. *Wheelsets of traction rolling stock of 1520 mm*. Instructions for use, maintenance and repair of KMBSH. 667120.001RE. 2005

12. Borodin A. V., Zdor G. P., Yarysheva L. V. *Vliyanie usloviy ekspluatatsii na prochnost' soedineniya "kolesnyy tse ntr — bandazh" kolesa teplovoza* [Effect of operating conditions on the strength of "wheel center — bandage" of the locomotive wheel]. Transport Urala, 2013, no. 2, pp. 55–58.

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Повышение эффективности устройства и содержания железнодорожного пути: сборник трудов ВНИИЖТ / под ред. А. Ю. Абдурашитова. М.: ВМГ-Принт, 2014. 125 с.

Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований с применением методов математического моделирования по выбору оптимального профиля рельсов из условий минимизации уровня воздействия от колес подвижного состава. Рассмотрены основные показатели безотказности технических средств стрелочного хозяйства с учетом внедрения системы управления ресурсами и рисками (УРРАН). Изложены результаты разработки новой конструкции железобетонной шпалы, предназначенной для различных эксплуатационных условий, включая тяжеловесное и высокоскоростное движение. Предложены конструкции охранных приспособлений для безбалластного мостового полотна. Приво-

дятся основные положения методики выбора оптимальных технических решений по стабилизации и усилению оседающих насыпей на мерзлоте в условиях БАМ.

Рассмотрены вопросы определения зависимости сопротивления конструкции скреплений внешнему воздействию от их фактического состояния. Представленные в сборнике работы направлены на повышение надежности функционирования конструкции железнодорожного пути в различных эксплуатационных условиях, могут быть полезны инженерно-техническим работникам железнодорожного транспорта, преподавателям и студентам транспортных вузов.

По вопросам предварительного заказа на приобретение книги обращайтесь в редакционно-издательский отдел ОАО «ВНИИЖТ», тел. (499) 260-43-20.

«Вестник ВНИИЖТ» ГДЕ подписаться?

Подписку на **научно-технический журнал «Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта» («Вестник ВНИИЖТ»)** можно оформить в любом почтовом отделении связи по Объединенному каталогу «Пресса России», том 1 или агентствах по распространению печатных изданий «Урал-Пресс», АРЗИ.

Подписной индекс журнала — 70116.

Также можно оформить подписку (годовую и полугодовую) на договорных условиях в редакции. Адрес редакции журнала: 129626, Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, тел.: +7 (499) 260-43-19, факс: +7 (499) 262-00-70, E-mail: journal@vniizht.ru.

Подписчики стран ближнего и дальнего зарубежья могут подписаться на журнал «Вестник ВНИИЖТ» по каталогу подписного агентства «МК-Периодика» (www.periodicals.ru).

«VNIIZht Bulletin» («Railway Research Institute Bulletin») — научно-технический журнал на английском языке, издается ОАО «ВНИИЖТ» с 2011 г. (ISSN 2220–9484). Периодичность — 2 раза в год. В журнале публикуются наиболее значимые и актуальные для зарубежных читателей научные статьи, опубликованные в журнале «Вестник ВНИИЖТ» на русском языке.

Оформить подписку можно в подписном агентстве «МК-Периодика» (www.periodicals.ru) или в редакции журнала по электронной почте journal@vniizht.ru.