Вагонные тормозные колодки повышенной износостойкости

А. В. Шакина,
главный инженер проекта филиала ООО «НТЦ Информационные Технологии»

В. С. Фадеев,
д. т. н., исполнительный директор ООО «НТЦ Информационные Технологии»

О. В. Штанов,
к. т. н., зам. директора филиала по научной работе ООО «НТЦ Информационные Технологии»

Интенсификация железнодорожных перевозок на территории России в 1990-2000-е годы привела к появлению ряда проблем в сфере эксплуатации железнодорожного транспорта, в частности к повышенному износу рельсов, колес и тормозных колодок. И если для борьбы с износом рельсов и колес разработано достаточное количество методик – от лубрикации до изменения конструкции вагонных тележек, то основной мерой борьбы с износом тормозных колодок является создание новых видов фрикционных материалов.

В настоящее время на российских железнодорожных вагонах используется два типа тормозных колодок: чугунные, применяемые, как правило, на пассажирских вагонах (например, колодки из чугуна по ОСТ 32.194-2002), и композиционные – на основе полимеров (ТИИР-300, ТИИР-303, ТИИР-308), используемые в основном на грузовых вагонах [1]. И те, и другие колодки обладают как преимуществами, определившими их продолжительное использование на железнодорожном транспорте, так и недостатками, усугубление которых в связи с ростом скоростей движения составов и нагрузок на ось вагона требует перехода к колодкам из новых фрикционных материалов. Так, чугунные тормозные колодки характеризуются высокой теплопроводностью, обеспечивающей эффективный теплоотвод из зоны трения «колодка – колесо», а также дешевизной. Однако применение таких колодок на скоростях свыше 120 км/ч неприемлемо из-за снижения коэффициента трения. Кроме того, чугунные колодки обладают низкой износостойкостью (30-50 тыс. км). Композиционные колодки на полимерной основе имеют стабильный коэффициент трения и высокую износостойкость (90-200 тыс. км) в широком диапазоне скоростей, но вызывают термомеханические повреждения колес вследствие низкой теплопроводности. Кроме того, в осенне-зимний период такие колодки обледеневают, что требует включения тормозов для просушки [2].

Таким образом, идеальный материал тормозной колодки должен обеспечивать стабильный коэффициент трения во всем диапазоне скоростей и нажатий на колодку, обладать износостойкостью не ниже 200 тыс. км, а также не вызывать появления на колесах термических трещин и не усугублять их износ по прокату (назовем это колесосберегающим эффектом). Таким противоречивым требованиям удовлетворяют металлокерамические фрикционные материалы, получаемые методом порошковой металлургии. В частности, за рубежом разработаны и применяются металлокерамические тормозные колодки, например из материала Diafrikt на медной основе (Чехия), обладающие более высокой износостойкостью и более стабильным коэффициентом трения, чем композиционные колодки на полимерной основе, причем их взаимодействие с поверхностью катания колеса не приводит к появлению термических трещин и выщербин [3]. Серьезным недостатком металлокерамических колодок, препятствующим их эксплуатации в России, является высокая стоимость, определяемая составом (до 70% меди, до 7% олова [4]).

Однако возможность заменить металлокерамический фрикционный материал тормозных колодок на медной основе металлокерамикой на железной дала, по первоначальным оценкам, снижение себестоимости колодки более чем в 5 раз. В настоящее

время ООО «НТЦ Информационные Технологии» осуществляет разработку тормозной колодки из металлокерамического материала на основе железа. На данном этапе речь идет о создании вагонной колодки как более простой в производстве (конструкция и состав материала защищены патентами РФ № 2525609, 2524763, 133489, 133490), однако разработана конструкция локомотивной колодки и с металлокерамическими вставками (патенты РФ № 2494901, 2499711).

Основным этапом проектирования новой тормозной колодки повышенной износостойкости, обеспечивающей колесосберегающий эффект, является, безусловно, разработка металлокерамического фрикционного материала на железной основе.

Эта разработка осуществлялась на основе методов планирования эксперимента (методы полного и дробного факторного эксперимента в сочетании с методом крутого восхождения). На данном этапе оценка фрикционных свойств и износостойкости образцов материалов выполнена в рамках лабораторных испытаний с помощью машины для испытаний на трение и износ ИИ5018. Каждое испытание представляло собой взаимодействие контртела из стали 45ГСФ, аналогичной по составу и термообработке стали вагонного колеса (временное сопротивление – 900 МПа, твердость – не менее 250 НВ), с образцом металлокерамики по схеме «диск – колодка» при изменении линейной скорости с 70 до 0 км/ч в течение 1 мин., что моделирует торможение колеса реальной колодкой. При этом давление на пятно контакта составляло 70 Н/см^2, максимальная температура в зоне трения – 270 °С. После каждого испытания рассчитывался объемный износ образца, равный отношению его массового износа за время испытания к плотности. Кроме того, образцы подвергались стандартизованным механическим испытаниям (определение твердости, предела прочности на сжатие и сдвиг). На основе результатов комплекса испытаний были отобраны образцы металлокерамики, сочетающие максимальную износостойкость с высоким коэффициентом трения, при этом их твердость должна быть не ниже 10 НВ 10/2452/30, а предел прочности на сжатие – не ниже 15 МПа, что соответствует требованиям ФТС ЖТ ЦВ-ЦЛ 009-99 [5].

После отбора оптимальных по свойствам образцов металлокерамики были проведены их сравнительные лабораторные испытания с образцами стандартных материалов, применяемых для изготовления вагонных тормозных колодок: чугуна по ОСТ 32.194-2002 и композиции ТИИР-300. По результатам испытаний был отобран образец, превосходящий стандартные материалы по сочетанию износостойкости и коэффициента трения. Результаты лабораторных испытаний отобранного образца из металлокерамики на железной основе (ФМТК) в сравнении со стандартными материалами, а также импортной металлокерамикой на медной основе (МКМ) показаны на рисунке 1.

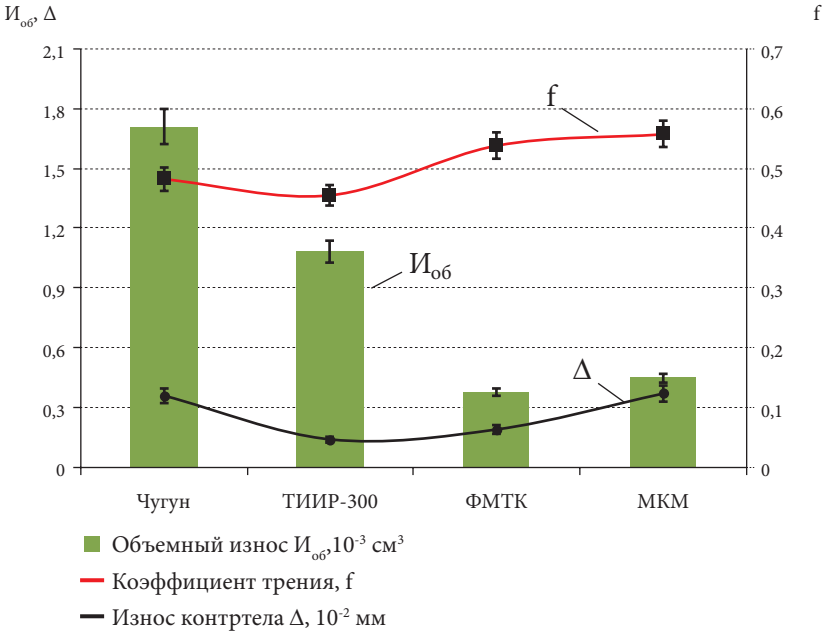

Рис. 1. Объемный износ, коэффициент трения, износ контртела при взаимодействии образца разработанного материала ФМТК с контртелом в сравнении со стандартными материалами тормозных колодок и металлокерамикой на медной основе 10^{-3} см^3

Результаты лабораторных испытаний (рис. 1) показывают, что разработанный металлокерамический материал ФМТК превосходит по износостойкости как стандартные отечественные материалы (чугун – более чем в 4 раза, композицию на полимерной основе ТИИР-300 – приблизительно в 3 раза), так и зарубежный аналог на медной основе (приблизительно в 1,3 раза). При этом реализуемый разработанным материалом коэффициент трения превышает коэффициент трения стандартных материалов до 10%, а износ контртела при взаимодействии с ним практически равен износу контртела при взаимодействии с композицией ТИИР-300.

На втором этапе были проведены сравнительные испытания моделей тормозных колодок со вставками из металлокерамики ФМТК, чугуна и полимерного композита ТИИР-300 на инерционном стенде ОАО «ВНИИЖТ», позволяющем определить фрикционные свойства материала, его износ, термостойкость, прочность, склонность к наволакиванию, а также оценить воздействие фрикционного материала на поверхность катания колес. Модели со вставками из описанных материалов испытывались на инерционном стенде по одинаковой методике: 3 торможения со скорости 20 км/ч; 3 торможения со скорости 50 км/ч; 1 торможение со скорости 90 км/ч. При проведении испытаний модели колодки с вставками из чугуна усилие нажатия на модель составляло 22 кН, модели с вставками из ТИИР-300 – 9,8 кН. Модель колодки с металлокерамическими вставками испытывалась при усилиях нажатия 9,8 кН и 22 кН. Результаты стендовых испытаний показаны на рисунках 2–5.

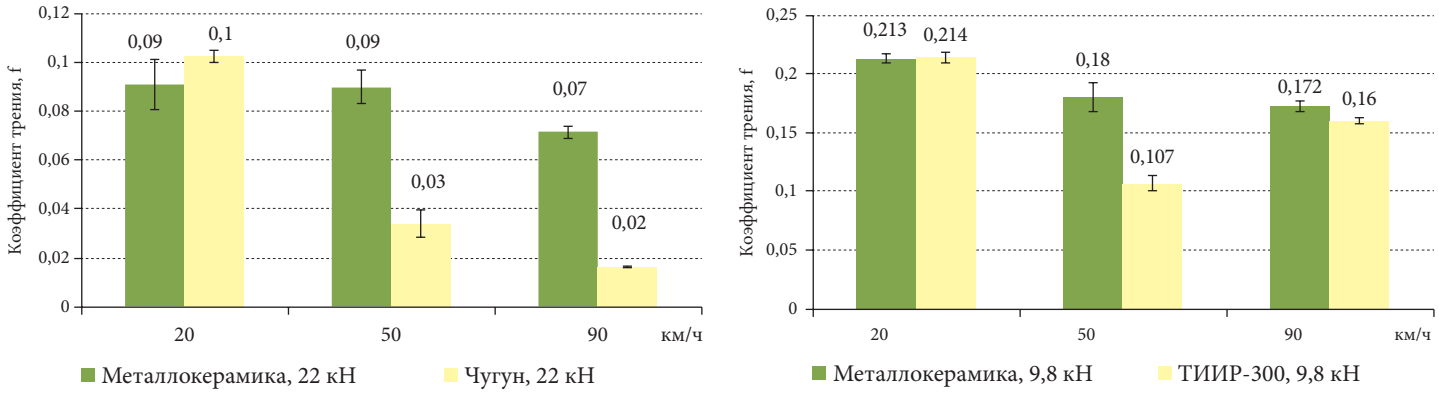

Рис. 2. Результаты стендовых испытаний моделей тормозных колодок: коэффициент трения

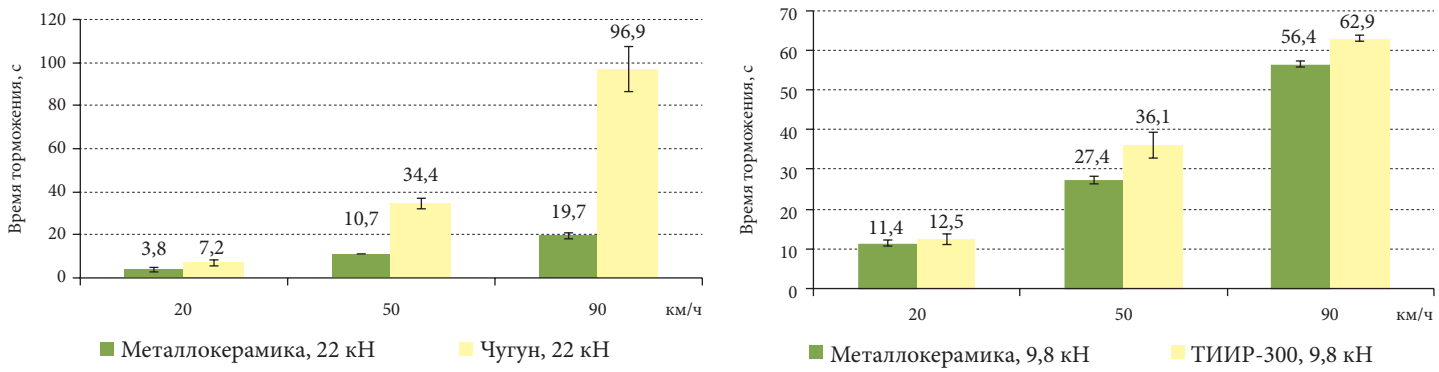

Рис. 3. Результаты стендовых испытаний моделей тормозных колодок: время торможения (действительное)

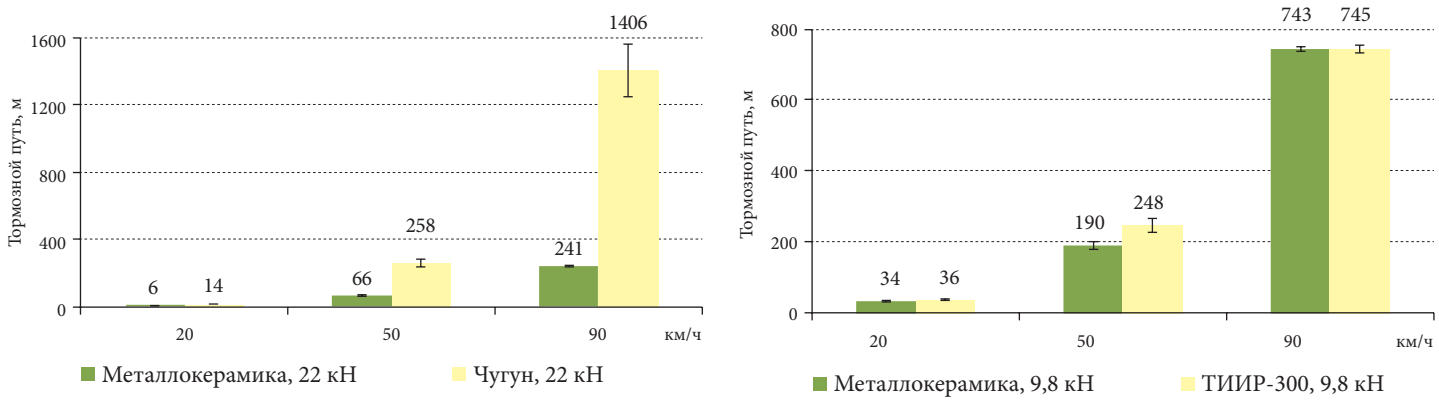

Рис. 4. Результаты стендовых испытаний моделей тормозных колодок: тормозной путь (действительный)

Из результатов проведенных испытаний следует, что разработанный металлокерамический фрикционный материал на железной основе превосходит стандартные материалы (чугун и ТИИР-300) как по фрикционным характеристикам, так и по износостойкости. В частности, тормозной путь, обеспечиваемый разработанным металлокерамическим материалом, на 10-20% короче тормозного пути, обеспечиваемого композицией ТИИР-300, при более чем в 2 раза лучшей износостойкости.

На рисунке 6 показан вид поверхности катания колеса после взаимодействия с моделями тормозных колодок. Видно, что на поверхности катания колеса при взаимодействии с металлокерамикой не образуются выщербины, термические трещины, наварры, кольцевые выработки и другие дефекты. Окончательно реализация разработанным материалом колесосберегающего эффекта может быть доказана эксплуатационными испытаниями.

Технико-экономический расчет показал, что при замене металлокерамическими колодками стандартных чугунных на пассажирских вагонах окупаемость составит 0,62 года, а при замене металлокерамикой полимерных композиционных колодок на грузовых вагонах – 3,06 года.

В настоящее время ООО «НТЦ Информационные Технологии» осуществляет подготовку к выпуску опытной партии металлокерамических тормозных колодок на железной основе повышенной износостойкости.

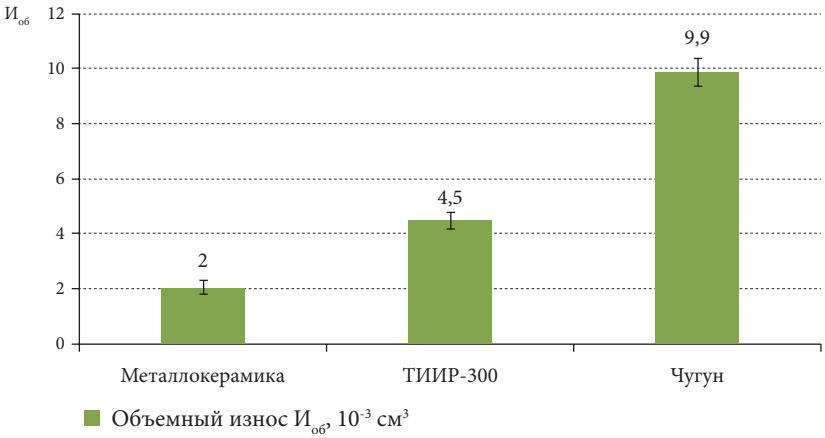

Рис. 5. Результаты стендовых испытаний моделей тормозных колодок: объемный износ

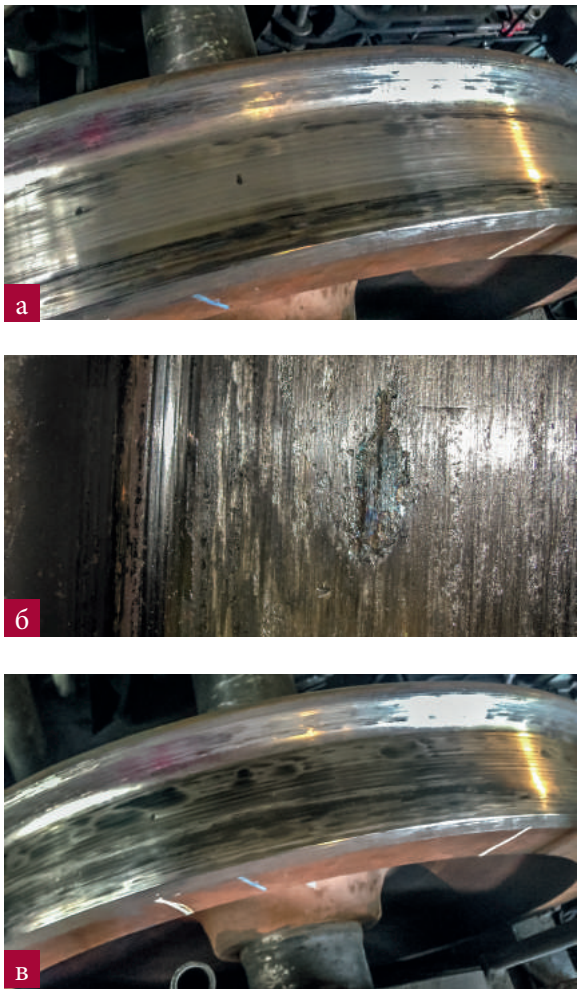

Рис. 6. Вид поверхности катания колеса после взаимодействия с моделью тормозной колодки: а – с металлокерамическими вставками; б – с чугунными вставками; в – со вставками из полимерного композита ТИИР-300

Список использованной литературы

1. Сравнительные характеристики тормозных колодок различных поставщиков / Л. А. Вуколов, В. А. Жаров // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – № 2. – С. 17–20.
2. Контактно-усталостные повреждения колес грузовых вагонов / под ред. С. М. Захарова. – М. : Интекст, 2004. – 160 с.
3. Металлокерамические тормозные колодки для тягового подвижного состава / Л. А. Вуколов, С. А. Сапожников, В. Я. Берент // Вестник ВНИИЖТ. – 2009. – № 5. – С. 13–15.
4. Патент Ceska Republika № 19960221 МПК B61H1/00; F16D69/00; F16D69/02; F16D69/04 Beam block (Brzdový špalik) / J. Spacilova, D. Cizek, J. Miculek, O. Rehak / Патентообладатель Diafrikt Brakes, заявка № CZ19980008819U от 14.04.1999.
5. Приложение № 4 к приказу Минтранса России № 209 от 19.11.2009.