

## 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 Diafrikт 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<sup>2</sup>, 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 стандартным 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.

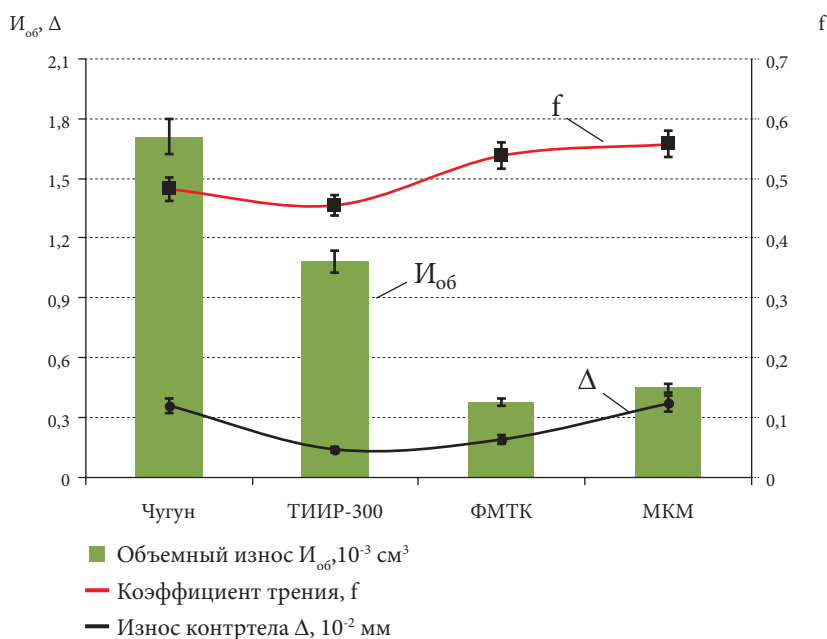


Рис. 1. Объемный износ, коэффициент трения, износ контртела при взаимодействии образца разработанного материала ФМТК с контртелом в сравнении со стандартными материалами тормозных колодок и металлокерамикой на медной основе  $10^{-3} \text{ см}^3$

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.

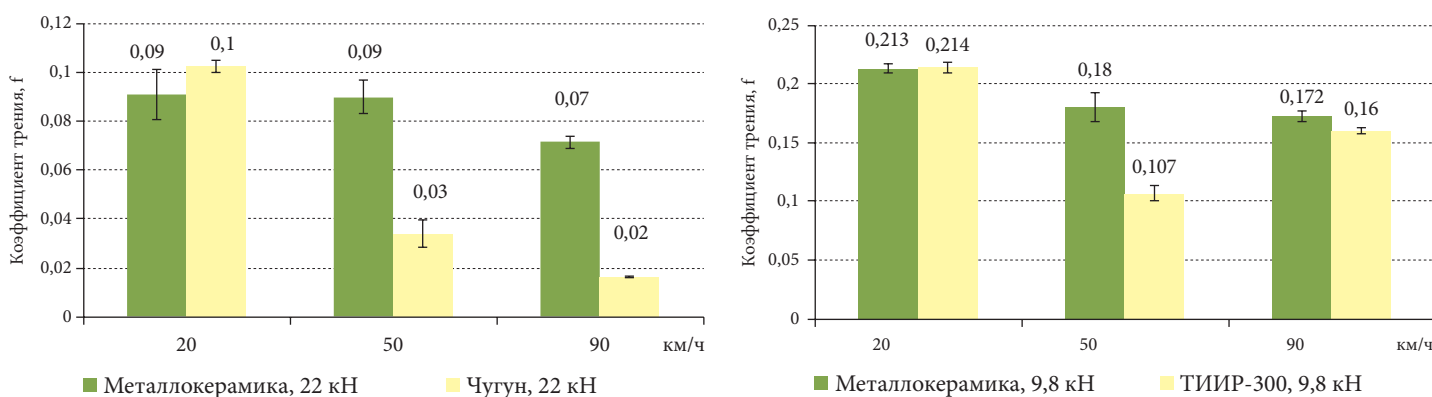


Рис. 2. Результаты стендовых испытаний моделей тормозных колодок: коэффициент трения

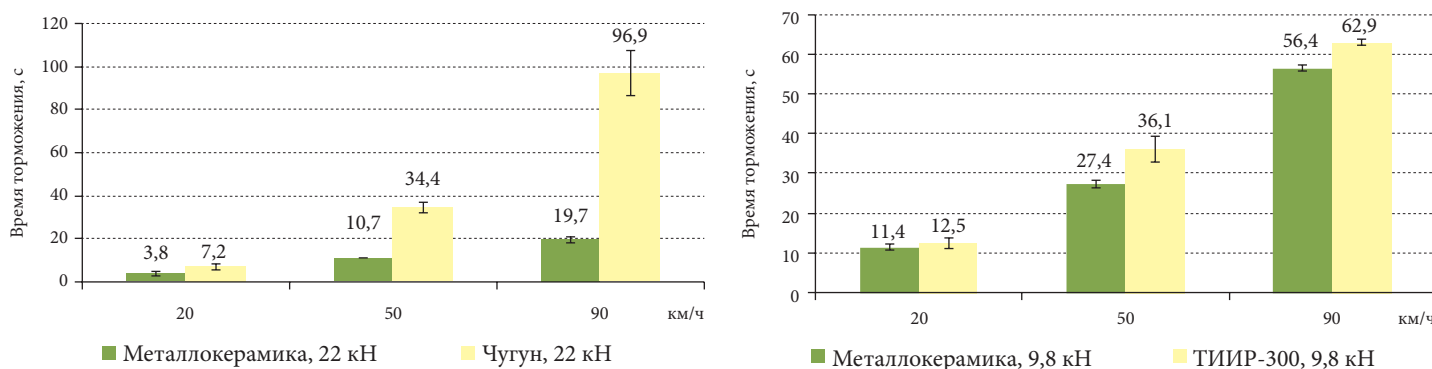


Рис. 3. Результаты стендовых испытаний моделей тормозных колодок: время торможения (действительное)

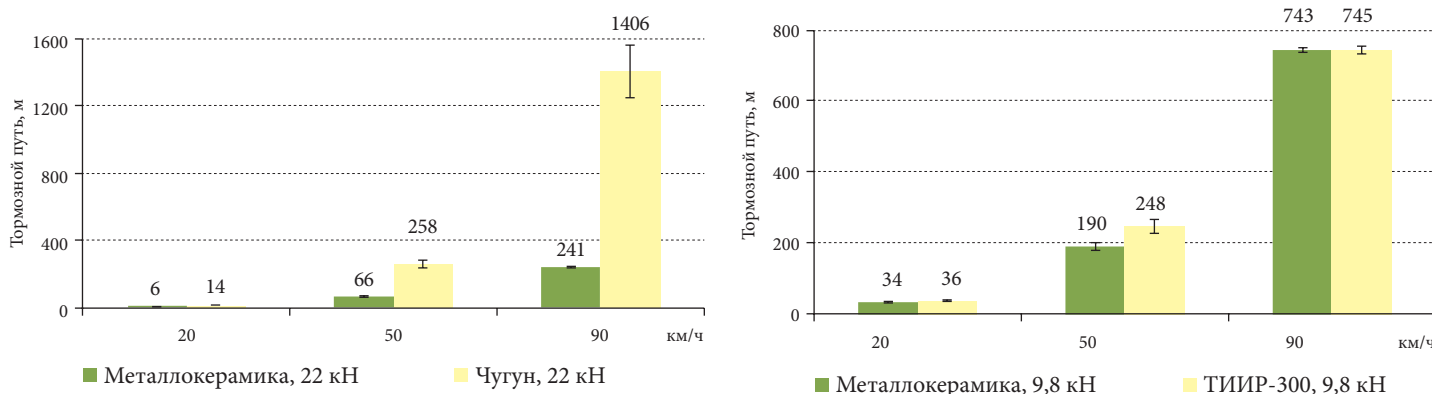


Рис. 4. Результаты стендовых испытаний моделей тормозных колодок: тормозной путь (действительный)

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, навары, 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.

### Список использованной литературы

1. Сравнительные характеристики тормозных колодок различных поставщиков / Л. А. Вуколов, В. А. Жаров // Вестник ВНИИЖТ. – 2005. – № 2. – С. 17–20.
2. Контактнo-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 В61Н1/00; F16D69/00; F16D69/02; F16D69/04 Beam block (Brzdový špalík) / J. Spacilova, D. Cizek, J. Miculek, O. Rehak /

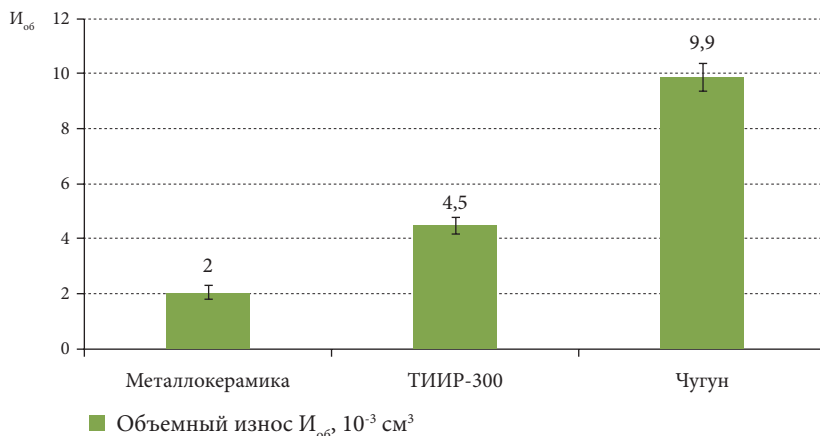


Рис. 5. Результаты стендовых испытаний моделей тормозных колодок: объемный износ

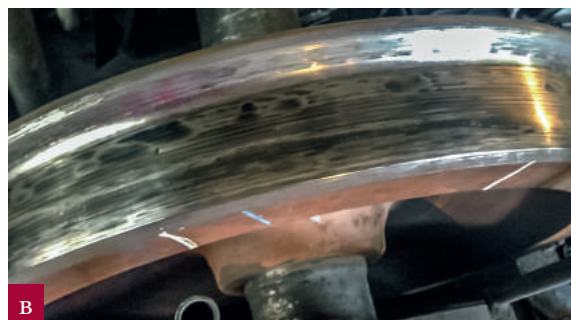
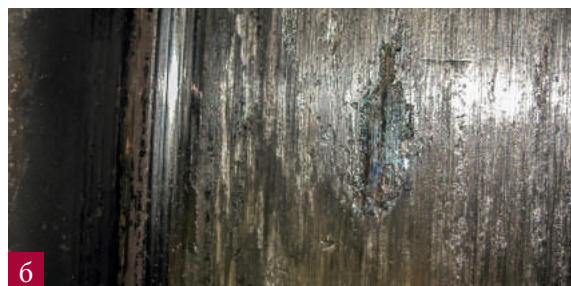


Рис. 6. Вид поверхности катания колеса после взаимодействия с моделью тормозной колодки: а – с металлокерамическими вставками; б – с чугунными вставками; в – со вставками из полимерного композита ТИИР-300

5. Патентообладатель Diafrikt Brakes, заявка № CZ19980008819U от 14.04.1999.
5. Приложение № 4 к приказу Минтранса России № 209 от 19.11.2009.