

Применение малошумных тормозных накладок из композита и металлокерамики

МСЖД уделяет большое внимание проблеме снижения шума, возникающего при грузовых железнодорожных перевозках. Понижению уровня шума способствует замена тормозных колодок из серого чугуна на колодки с накладками из композиционных или металлокерамических материалов. Для нового подвижного состава разрабатываются композиционные накладки (тип К) с высоким и стабильным коэффициентом трения, для эксплуатируемого — металлокерамические (тип LL) с таким же коэффициентом трения, как у серого чугуна. При этом важно найти решение, которое позволило бы железным дорогам сохранить репутацию наиболее экологичного вида транспорта.

Тормозная техника — одна из самых старых проблем, которыми занимается Международный союз железных дорог (МСЖД). Еще в 1923 г. на европейских железных дорогах решено было заменить ручные тормоза на каждом вагоне, приводившиеся в действие по сигнальному свистку машиниста поезда, на общий пневматический тормоз, управляемый с локомотива.

Первоначально сертификации подвергались только управляющие клапаны, муфты и тормозной кран машиниста. По мере повышения скорости движения усложнялись тормозные системы, в них вводились новые детали; на сегодня МСЖД сертифицируется 13 различных компонентов тормозных систем. Фрикционные элементы должны удовлетворять требованиям документов 541–3 (дисковые тормоза) или 541–4 (колодочные тормоза).

Причины возникновения шума и пути его снижения

Важность снижения уровня или устранения шума для железных дорог постоянно возрастает. В мае 2006 г. вступил в силу раздел Тех-

нической спецификации совместимости систем (TSI), посвященный шуму, излучаемому подвижным составом. Основная доля шума, создаваемого грузовыми вагонами, обусловлена качением колеса по рельсу. Чем больше шероховатость поверхности катания и некруглость колеса, тем выше уровень шума. При тормозных колодках из серого чугуна (пока наиболее широко распространенного материала) поверхность катания колеса имеет значительно большую шероховатость, чем при сопоставимых колодках с накладками из композитов, так как частицы металла чугунной колодки во время торможения внедряются в поверхность колеса. Замена чугунных колодок композиционными накладками позволяет существенно снизить уровень шума, излучаемого грузовым вагоном. Так, при скорости движения 100 км/ч уровень шума снижается на 10 дБ (А).

Технические проблемы

Для создания тормозных накладок из композиционных материалов необходимо решить ряд технических проблем:

- заменяющий продукт должен иметь требуемый коэффициент трения и гарантировать соблюдение заданного тормозного пути при любых погодных условиях;

- при формировании поездов из грузовых вагонов с тормозными колодками из серого чугуна и вагонов с накладками из композита при торможении не должно возникать недопустимых сил продольного сжатия или других эффектов, требующих от машиниста локомотива выполнения специальных мероприятий;

- необходимо, чтобы в течение срока службы расходы на композиционные накладки были не выше, чем на чугунные колодки, а это значит, что и без того трудные для железных дорог условия конкуренции не должны ухудшаться.

Известно, что примерно 25–30% тепла, выделяющегося при торможении, отводится колодками из серого чугуна, а остальное тепло — колесом. Композит — плохой проводник тепла, поэтому колесо подвергается большим тепловым нагрузкам. Возросшее по этой причине число разрушений колес в конце 1980-х годов привело к запрещению применения композитных накладок в грузовых вагонах новой постройки.

Следует также отметить, что колодки из серого чугуна имеют ряд преимуществ:

- их коэффициент трения практически не зависит от погоды;

- чугун, выпущенный разными изготовителями, обладает одинаковыми свойствами;

- небольшие ползуны сошлифовываются при следующем торможении;

• постоянная шероховатость обеспечивает равномерную силу сцепления колеса с рельсом.

Главный недостаток чугунных колодок — зависимость коэффициента трения от скорости (рис. 1) и силы прижатия (рис. 2). Коэффициент трения заметно выше в зоне низкой скорости движения.

Разработка новых тормозных накладок

Для замены чугунных колодок было признано необходимым разработать два вида тормозных накладок:

типа К — из композита с увеличенным, но стабильным коэффициентом трения, предназначенные для нового или модернизированного подвижного состава;

типа LL — из металлокерамического материала с таким же коэффициентом трения, как у чугунных колодок, пригодные для непосредственной замены последних на эксплуатируемом подвижном составе.

На фрикционном испытательном стенде был проведен предварительный выбор материала. После этого были выполнены линейные испытания для определения тормозной мощности рассматриваемой единицы подвижного состава. Доказательства того, что новая система даже в экстремальных условиях соответствует требованиям эксплуатации, были получены при тормозных испытаниях на аль-

пийских затяжных спусках. Пригодность для зимних условий проверялась линейными испытаниями в Швеции и в климатической камере RTA компании Wien Arsenal.

Имеющаяся программа стендовых испытаний тормозных накладок на пригодность к работе в зимних условиях позволяет заменить многомесячные дорогостоящие испытания на линии. Опыт североамериканских железных дорог, на которых накладки типа К используют уже многие годы, для Европы, к сожалению, неприменим из-за совершенно иных условий эксплуатации:

- использование линий, специально выделенных для грузовых перевозок;
- низкий тормозной коэффициент, равный 30% для груженых вагонов (в Германии он равен 65%);
- увеличенные расстояния между предупредительными и основными сигналами;
- проследование уклонов с очень низкой скоростью (27 км/ч).

Эксплуатационные испытания

Тормозные накладки типа К

В ходе испытаний рассматривались три материала с высоким коэффициентом трения, отвечающие всем требованиям, предъявляемым к тормозным накладкам типа К. Нужно было доказать, что они применимы для длительной экс-

плуатации и что их затраты жизненного цикла не выше, чем при чугунных колодках. Для изучения взаимодействия накладок с колесами и определения износа последних ряд компаний оборудовали накладками типа К несколько грузовых вагонов, находящихся в коммерческой эксплуатации. Контроль состояния поверхности катания колеса и изменений его диаметра, а также определение внутренних напряжений в ободке и измерение степени износа накладок позволили оценить затраты жизненного цикла вагонов с накладками типа К. Полученные положительные результаты способствовали принятию решения об оснащении примерно 8500 грузовых вагонов, находящихся в коммерческой эксплуатации, тормозными накладками типа К. Экономическая эффективность этого мероприятия зависела, однако, от их полной взаимозаменяемости с накладками других видов, что в современных условиях не всегда возможно. В эксплуатации выявились дополнительные проблемы, связанные с применением накладок типа К, что потребовало разработки ряда специальных мер.

Так, частицы композита, появляющиеся в результате износа накладок, образуют электроизоляционный слой, что может привести к ошибкам в работе устройств СЦБ, т. е. к сбоям в работе рельсовых цепей. Для изучения этого явления была разработана специальная программа.

Следующая проблема связана с тем, что при замене тягового подвижного состава на рассматриваемом вагоне может происходить неполный отпуск тормозов, так как в тормозном цилиндре сохраняется некоторое давление. При этом в случае накладок из композиционных материалов происходит недопустимый нагрев колеса. Серый чугун в этих условиях плавится и таким образом защищает колесо от тепловой перегрузки. Разработана

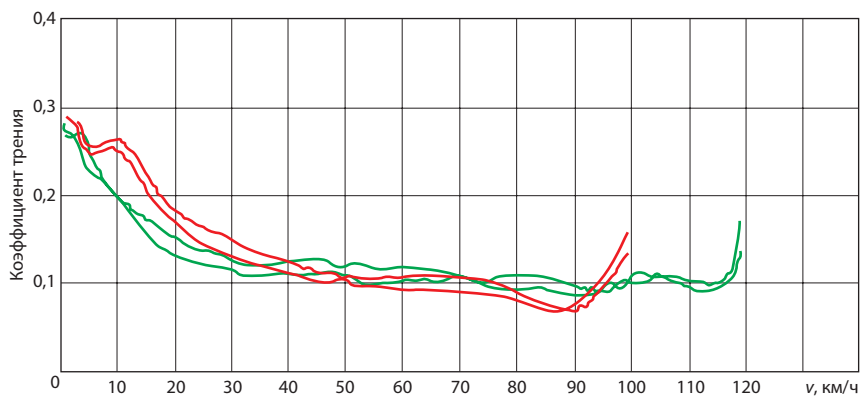


Рис. 1. Коэффициент трения чугунных тормозных колодок как функция скорости

дополнительная программа стендовых испытаний, призванная выявить возможности для выполнения защитной функции новым фрикционным материалом.

Возникают некоторые сложности и при ручном торможении. Действующие документы, в том числе спецификация TSI, требуют надежного удержания груженого вагона на уклонах до 40%. При тормозных колодках из серого чугуна это требование выполняется, в то время как в случае использования накладок из композита из-за низкого статического коэффициента трения последнего необходимы дополнительные меры, например повышение передаточного отношения рычагов ручного тормоза. Опытный образец такого тормоза уже изготовлен.

Экспертная группа МСЖД «Тормозная техника» работает над устранением отмеченных трудностей. С использованием преимуществ композитных тормозных накладок разрабатываются новые технические решения. Так, повышение коэффициента трения позволяет значительно снизить общую массу тормозной рычажной передачи.

Как уже отмечалось, раздел Технической спецификации совместимости, посвященный шуму, излучаемому железнодорожным транспортом, снижает допустимое пороговое значение шумоизлучения для грузовых вагонов. Этот норматив может быть достигнут лишь в том случае, если подвижной состав оснащен тормозными накладками из композиционных материалов или дисковыми тормозами. Приведенные требования распространяются как на новый подвижной состав, так и на прошедший капитальный ремонт. Это значит, что существующий подвижной состав останется в эксплуатации до истечения срока службы.

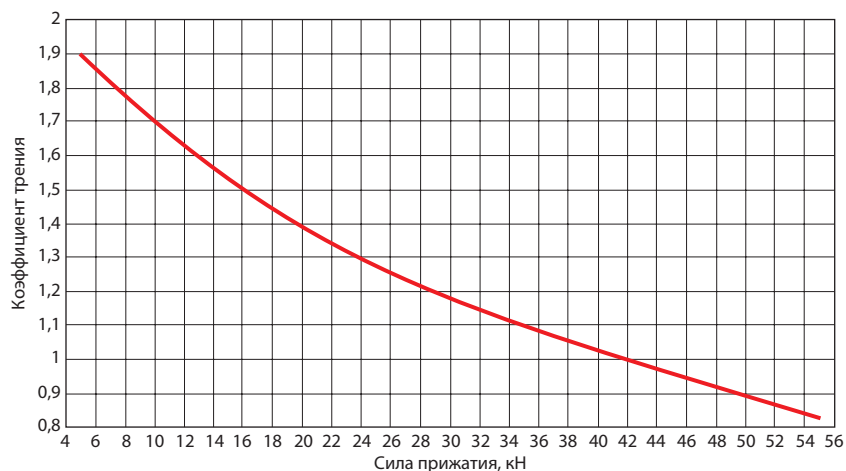


Рис. 2. Коэффициент трения чугунных тормозных колодок как функция силы прижатия

Тормозные накладки типа LL

Значительное снижение уровня шума может быть достигнуто только в случае, если число вагонов с чугунными колодками в поезде не превышает 30%. Срок службы грузовых вагонов составляет 25–35 лет, снижение шумоизлучения в течение ближайших 7–10 лет возможно только при использовании материала-заменителя с таким же коэффициентом трения, как у серого чугуна. Выполненные из металлокерамического материала тормозные накладки типа LL позволят обеспечить крупномасштабную замену чугунных колодок без дополнительных изменений в конструкции грузовых вагонов. Однако применение накладок LL сопряжено с некоторыми сложностями. Так, существуют опасения, что добиться одинакового поведения коэффициента трения чугунной колодки и накладки LL из продукта-заменителя во всем диапазоне скорости и при всех степенях загрузки вагона будет затруднительно. Кроме того, до настоящего времени металлокерамические накладки считали пригодными к эксплуатации только на затяжных альпийских укло-

нах. Проблему представляет также тот факт, что допускаемые к испытаниям на фрикционном стенде материалы оказались неприемлемыми экономически.

Несмотря на то что техническое совершенствование тормозных накладок типа LL продвигается успешно и три материала получили предварительное разрешение МСЖД на применение в международных перевозках, указанные вопросы остаются открытыми. Так как замена серого чугуна на металлокерамику происходит исключительно на добровольной основе (TSI «Шум» относится только к новому подвижному составу), затраты жизненного цикла здесь играют более важную роль, чем для накладок типа К. Разработанные тормозные накладки типа LL гарантируют, что замена колодок из серого чугуна на накладки из металлокерамического материала не увеличит затрат жизненного цикла. В связи с этим многие владельцы грузовых вагонов готовятся к переоснащению своего парка.

H. Paukert. Glasers Annalen, 2007, № 3, S. 106–110.