

Ультразвуковой контроль осей колесных пар поездов семейства ICE

Авария, произошедшая 9 июля 2008 г. в Кёльне вследствие излома одной оси поезда ICE 3 (рис. 1), была вызвана недостаточной усталостной прочностью осей колесных пар, которыми оснащены поезда ICE 3 и ICE-T. Это подтверждено в докладе о причинах аварии, подготовленном по поручению прокуратуры Федеральным бюро исследований и испытаний материалов (BAM) в Берлине.

Первые результаты исследований

С предварительными результатами исследований BAM ознакомил прокуратуру Кёльна в сентябре 2008 г.

На основе полученных данных в этом же месяце BAM представило руководству DB свою гипотезу, согласно которой причиной излома не было какое-либо внешнее воздействие. Вероятной причиной аварии могло стать стечение следующих обстоятельств:

- неоднородное распределение неметаллических включений в слитке;

- в процессековки слитка данные включения не были деформированы, поэтому остались недопустимо широкие и длинные зоны с этими включениями в области галтели между подступичной и средней частями оси. При металлографическом анализе материала заготовки в кузнечном цехе неметаллические включения недопустимого размера не были обнаружены. Образец для приготовления шлифа был вырезан в зоне слитка, удаленной от места нахождения указанного включения;

- по всей вероятности, неметаллические включения не были распознаны при ультразвуковом контро-

ле ни в кузнечном цехе, ни на участке изготовления колесных пар;

- вероятно, ось испытывает в зоне указанной галтели повышенную вибрационную нагрузку, обусловленную конструктивными или эксплуатационными причинами;

- большое число эксплуатационных циклов нагружения;

- недопустимо большие включения, плотно расположенные под поверхностью и на поверхности полированной галтели оси, образуют дефекты, которые приводят к иницированию трещин;

- из-за повышенной чувствительности данной высокопрочной стали к концентрации напряжений развитие трещин протекало интенсивнее, чем у других известных материалов, использующихся для изготовления осей колесных пар;

- усталостная трещина не была своевременно распознана: ультразвуковой контроль полой оси был недостаточно чувствительным или интервал испытаний оказался слишком большим.

По мнению бюро BAM, материал следует исследовать далее. Необходимо определить общее количество неметаллических включений в материале оси, а также оценить возможное число колесных пар, которых может коснуться данная ситуация. Для этого необходимо исследовать следующее:

- объем партии;



Рис. 1. Поезд серии ICE 3 у платформы в Кёльне (фото: DB, М. Лаутеншлегер)



Рис. 2. Ультразвуковые испытания колесных пар в депо Мюнхен (фото: DB, Буссе)

- технологическую цепочку изготовления осей;
- тип образцов и процесс их вырезки;
- используемые методы контроля;
- пределы возможностей метода неразрушающих испытаний;
- характеристики поступающих слитков;
- вид документации контроля качества;
- возможности обратной связи в процессе контроля качества;
- процесс повторного взятия образцов;
- базовая документация, использовавшаяся при разработке стандартов чистоты стали, в частности марки 34CrNiMo6, из которой изготовлены оси поездов ICE 3.

Кроме того, специалисты ВАМ пришли к выводу о необходимости экспериментальных исследова-

ний с целью определения влияния крупных неметаллических включений на усталостную прочность стали марки 34CrNiMo6 при нагрузке более 1 млн. циклов.

Дальнейшее усиление контроля

Введенное на сети DB сокращение пробегов между ультразвуковыми испытаниями колесных пар поездов ICE (рис. 2) привело к тому, что уже с середины октября 2008 г. уменьшились размеры движения на линиях, по которым курсируют поезда ICE 3. В результате этого зачастую стало невозможно эксплуатировать составы, представляющие собой сцепы из двух базовых поездов, а на некоторых участках эти поезда полностью изымались из эксплуатации. Так, на маршру-

те Кёльн — Мюнхен поезда ICE шли только до Франкфурта-на-Майне; дальше пассажирам приходилось пересаживаться на обычные междугородные поезда.

С осями колесных пар поезда ICE-T также существуют проблемы. В середине октября 2008 г. DB приняли решение сократить в 10 раз пробег между ультразвуковыми испытаниями для всех поездов ICE с наклоняемыми кузовами первой серии (ICE-T) и второй (ICE-T 2), а именно с 300 000 до 30 000 км, что означает проведение таких испытаний через каждые 25 дней. При этом следует учесть, что здесь речь идет совсем о других тележках (компания Fiat Ferroviaria, ныне Alstom) и другом изготовителе колесных пар (компания Lucchini).

Указанные меры объясняются тем, что в начале августа 2008 г. при очередном осмотре поезда из вагонов с наклоняемыми кузовами в депо Мюнхена была обнаружена трещина на оси одной из колесных пар. Исследование показало, что трещина развилась в результате недостаточной шлифовки зоны оси с забойной от удара камнем.

Кроме того, DB с лета 2008 г. занимались исследованием вопроса о скорости развития трещин, приводящих к излому оси. Расчеты показали, что эта скорость значительно больше, чем было принято считать. В результате был сделан вывод, что трещина, развившаяся по каким-либо причинам в материале оси, может привести к излому еще до того, как будет обнаружена обычным ультразвуковым исследованием. Эти результаты были переданы консорциуму, разработавшему поезда ICE-T, чтобы он мог изучить и учесть приводимые соображения заказчика. Поскольку консорциум не согласился с выводами DB, последние приняли решение о введении дополнительного контроля и одновременно возложили ответственность за возможное возникнове-

ние подобных неисправностей на изготовителей.

Срочные меры, принятые DB, предусматривали проведение ультразвукового контроля осей большей части парка поездов ICE-T. Исключение составили только те поезда, которые со времени последнего ультразвукового исследования прошли всего лишь несколько тысяч километров. В результате реализации этих мер на участках, где обращались поезда ICE-T (рис. 3), число их стало значительно меньшим. Это коснулось следующих четырех линий: Гамбург — Берлин — Лейпциг — Мюнхен, Висбаден — Франкфурт-на-Майне — Лейпциг — Дрезден, Штутгарт — Зинген — Цюрих и Дортмунд — Кобленц — Майнц — Франкфурт-на-Майне — Нюрнберг — Пассау — Вена.

Изготовители подвижного состава, в частности Союз железнодорожной промышленности Германии, негативно реагировали на жесткую критику со стороны руководства DB и считали, что решение проблемы следует искать в сотрудничестве, а не в публичной дискуссии.

Хотя с первого момента было ясно, что DB со своими имеющимися в распоряжении ресурсами, т. е. ультразвуковыми установками и обслуживающим персоналом, не смогут регулярно контролировать весь парк подвижного состава с принятыми интервалами, тем не менее они обещали выйти на прежний график движения за короткое время. По состоянию на конец 2008 г. половина парка поездов ICE-T находилась в отстое, а дополнительные установки для ультразвукового контроля (рис. 4) должны были появиться только в феврале 2009 г.

В последние дни октября удалось постепенно улучшить резервный график движения за счет дополнительных поездов. Между Франкфуртом-на-Майне и Лейпцигом были введены резервные по-

езда, идущие с двухчасовым интервалом; между Лейпцигом и Дрезденом начали обращаться с часовым тактовым графиком челночные региональные поезда. Между Гамбургом и Берлином все поезда обра-

лись по графику, за исключением одного из ICE; от Берлина до Мюнхена с двухчасовым тактом ходили резервные междугородные поезда.

Что касается спектра эксплуатационных нагрузок, то DB руковод-



Рис. 3. Поезд ICE-T на линии Saalebahn (фото: DB, М. Лаутеншлегер)



Рис. 4. Участок ультразвукового контроля колесных пар на заводе в Крефельде (фото: DB, С. Варгер)

ствовались положениями документа МСЖД 518. Чтобы проверить эти положения, DB провели контрольные поездки на двух поездах ICE-T, оборудованных измерительными колесными парами.

Помощь других транспортных компаний

Чтобы сформировать дополнительные междугородные поезда взамен выведенных из эксплуатации ICE, DB использовали так называемые резервы узловых станций, но их оказалось недостаточно.

Федеральные железные дороги Швейцарии (SBB) в этой чрезвычайной ситуации предложили помощь DB, предоставив два состава, которые введены в обращение не на проходящем через Швейцарию маршруте Цюрих — Штутгарт, а на маршрутах внутри Германии. Первый поезд, состоящий из трех вагонов Amr61 и шести вагонов Vrm51 (скорость до 160 км/ч), был направлен из Цюриха на станцию Базель-Бад, где к нему прицепили локомотив DB и отправили далее во Франкфурт-на-Майне. Через несколько дней был отправлен второй поезд из трех вагонов Amr61 и шести Vrm61. Последние оснащены системой блокирования экстренного торможения и могут развивать скорость до 200 км/ч. По данным SBB, всего 18 вагонов будут оставаться в эксплуатации на территории Германии до нормализации положения.

Федеральные железные дороги Австрии (ÖBB) в связи с мероприятиями DB также должны были прибегнуть к замене всех эксплуатирувавшихся в Австрии поездов ICE-T. Это касается одиннадцати поездов, принадлежащих совместной DB и ÖBB компании (восемь поездов DB серии 411 и три поезда ÖBB серии 4011), и соответственно маршрутов Вена-Западная — Франкфурт-на-Майне, Франкфурт-на-Майне — Вена-За-

падная, Дортмунд — Вена-Западная, Вена-Западная — Зальцбург — Брегенц, Вена-Западная — Зальцбург — Мюнхен, Брегенц — Вена-Западная и Мюнхен — Вена-Западная.

При этом оказалось, что ÖBB не были достаточно хорошо подготовлены к чрезвычайным ситуациям. В связи с этим за неимением соответствующего резерва здесь пришлось эксплуатировать вагоны пригородного сообщения. В дальнейшем удалось подготовить минимальное число вагонов дальнего следования ÖBB, отвечающих требованиям Соглашения о совместном использовании пассажирских и багажных вагонов в международном сообщении (RIC). В составе таких поездов находилось как минимум по одному вагону первого класса и одному вагону-ресторану. Максимальная скорость на линиях, не оборудованных системой управления движением LZB, составляла не 160, а лишь 140 км/ч ввиду недостаточной оснащенности вагонов магнитно-рельсовыми тормозами.

Все 12 поездов ICE, курсировавших на маршруте Вена-Западная — Франкфурт-на-Майне (228, 28, 26, 24, 22, 20, 21, 23, 25, 27, 29, 229), заменены резервными поездами пригородного сообщения, в том числе двухэтажными и челночными City-Shuttle.

В резервных поездах ÖBB не предусмотрено бронирование мест, не организована продажа закусок и напитков. Формальное «преобразование» вагонов второго класса регионального двухэтажного поезда в вагоны первого класса не сопровождалось предоставлением соответствующего уровня сервиса.

Снижение максимальной скорости увеличило время нахождения в пути примерно на 15–20 мин, при этом лишь часть времени задержки компенсируется резервом, заложенным в график. Если же на линии появляются места ограничения скорости и одновременно возникают ситуации, связанные с ее снижением

согласно эксплуатационным предписаниям, время опоздания значительно возрастает.

Лишь с 10 ноября 2008 г. DB смогли вновь ввести в эксплуатацию три поезда ICE-T на направлениях Вена — Мюнхен и Вена — Брегенц.

Тележки поездов ICE-T и ICT 2 соответствуют тележкам ETR 460, 470 и 480 поезда Pendolino компании Trenitalia и поезда Cisalpino. Тем не менее SBB еще не предпринимали никаких мероприятий, касающихся колесных пар поездов Cisalpino. Поскольку масса тележек Pendolino меньше, чем тележек ICE-T, то специалисты пришли к мнению, что осям их колесных пар ничего не угрожает.

Поезда S-Bahn Берлина

Ситуация с осями колесных пар коснулась также и парка поездов городской железной дороги (S-Bahn) Берлина (рис. 5). Это обусловлено тем, что оси колесных пар поездов серии 481/482 изготовлены из стали такого же состава, что и поездов ICE. Правда, процентное соотношение компонентов здесь несколько иное. Тем не менее здесь также было введено ограничение величины пробега между ультразвуковыми испытаниями в депо. Пробег был снижен в 2 раза (до 60 тыс. км). В ноябре 2008 г. началась проверка колесных пар. Общий объем предстоящих работ составил 1000 четырехосных вагонов. Ультразвуковые испытания проводились в депо Ванзе и Грюнау. Естественно, они не могли справиться с поставленной задачей в короткий срок. В результате на ряде линий вместо шестивагонных поездов были введены в обращение четырех- и двухвагонные.

Для обеспечения нормальной ситуации на сети S-Bahn Берлина требовалось на тот период 558 двухвагонных поездов. В наличии было: 630 четырехвагонных по-

ездов, 500 новых поездов серии 481/482, 70 двухвагонных поездов серии 480, изготовленных в 1990 г., 60 четырехвагонных поездов серии 485/885. DB, к которым относятся и городские железные дороги Берлина, смогут переломить ситуацию, лишь мобилизовав резервы и увеличив производственные мощности ремонтных заводов и депо.

Грузовые вагоны

В связи с аварией в Кёльне DB и другие европейские железнодорожные компании обратили внимание на ситуацию с колесными парами грузовых вагонов. После аварии в Виареджо (Италия), где погибли 24 человека, было принято решение об испытаниях всех колесных пар. Авария произошла в результате излома оси колесной пары вагона со сжиженным газом, который сошел с рельсов и взорвался.

Федеральное бюро железных дорог Германии (EVA) намерено предписать всем компаниям, эксплуатирующим грузовые вагоны, которые обращаются на сети Германии, проводить обследование осей колесных пар на наличие трещин. Сроки и интервалы проведения этих работ еще не определены. На сети железных дорог Германии обычно обращается более 120 000 грузовых вагонов. Сейчас в связи с экономическим кризисом их приблизительно на треть меньше. Проверка грузовых вагонов должна координироваться в масштабах Европы.

Выводы и рекомендации

Хотя в докладе комиссии ВАМ нет прямых ссылок на недостатки конструкции колесной пары, тем не менее в нем даны некоторые рекомендации, касающиеся необходимости расчетной проверки усталостной прочности, с которой связан выбор всех размеров оси.



Рис. 5. Электропоезд серии 481 городской железной дороги Берлина (фото: DB, Н. Маскус)

В частности, отмечается, что при существующей конструкции и рассматриваемом материале увеличение толщины стенки оси на 9% (диаметр подступичной части принять равным 195 вместо 179 мм, в зоне галтели — 174 вместо 160 мм) позволит повысить ее пробег в течение срока службы до 15 млн. км. Это позволило бы значительно уменьшить число дорогостоящих и времязатратных ультразвуковых испытаний.

С приходом нового руководства DB были пересмотрены некоторые решения в отношении проблемы осей колесных пар. Так, с компанией Alstom подписано соглашение об оснащении к концу 2011 г. 67 поездов ICE-T новыми колесными парами. Замена 1872 осей продлится около года. Министерство транспорта Германии намерено законодательно повысить требования к изготовителям железнодорожной техники, для чего оно разрабатывает предложения по изменению закона о железных дорогах. Это решение принято совместно с руководством DB. Министерство транспорта надеется, что процеду-

ра изменения законодательства начнется еще до конца 2010 г. Как сообщила пресс-служба министерства, эти планы должны быть согласованы с федеральными землями, а также приведены в соответствие с документами ЕС, касающимися единой процедуры допуска бюро EVA вагонов и локомотивов.

Соглашение с Alstom должно положить конец конфликту между DB и изготовителями подвижного состава. С компаниями Siemens и Bombardier DB еще в октябре 2009 г. договорились о замене моторных осей поездов ICE 3.

Компания Alstom берет на себя разработку и производство новых осей колесных пар ICE-T, а также всю процедуру их допуска EVA. Стоимость проекта составляет более 50 млн. евро. По окончании процедуры допуска DB и Alstom намерены совместно разработать график замены осей. Работы должны проводиться на заводах Франкфурта-на-Майне, Мюнхена и Крефельда.

По материалам компаний Deutsche Bahn, SBB, ÖBB, www.br-online.de, www.wdr.de, www.handelsblatt.com.