

нам контактно-усталостного характера. В настоящее время на железных дорогах Европы во избежание преждевременных контактно-усталостных повреждений заменяют около 20 тыс. рельсов (600 км) в год. В 30 % случаев причиной замены рельсов являются трещины в головке. По данным Европейского исследовательского института железнодорожного транспорта (ERRI), суммарные потери, связанные с проблемой контактной усталости при качении, достигают 300 млн. евро в год.

Полагают, что рельсы, прошедшие поверхностную обработку, будут гораздо надежнее в эксплуатации по сравнению с обычными. Точное увеличение срока службы поверхностно-обработанных рельсов еще неизвестно, но согласно прогнозам их долговечность примерно в 2 раза больше, чем необработанных. С позиции владельца инфраструктуры, поверхностно-обработанные рельсы обеспечивают больший срок службы, исключают необходимость в перепрофилировании шлифованием и снижают потери из-за нарушения графика движения поездов в связи с выделением окон для текущего содержания и замены рельсов.

Проект InfraStar сосредоточен на создании комбинированных рельсов с покрытиями, повышающими сопротивляемость проявлениям контактной усталости при качении. Достижимость этой цели доказана разработкой и испытаниями новой технологии и

материалов на основе тщательного изучения взаимодействия колеса и рельса. Полученные знания теперь можно использовать в целях оптимизации таких рельсов для эксплуатации в разных условиях.

Благодаря этому появилась, в частности, возможность разработки рельсов, как доступных с экономической точки зрения, так и удовлетворяющих специфическим функциональным требованиям. Можно, например, варьировать состав материала покрытия и применять наиболее эффективные (и, вероятно, более дорогие) смеси только там, где это действительно необходимо.

Известно, что критическими местами железнодорожных линий являются стрелочные переводы и глухие пересечения, где неблагоприятные последствия контактной усталости при качении и износа, в том числе волнообразного, проявляются особо остро. Еще один отрицательный фактор в этих местах — высокий уровень скрежещущего звука. В настоящее время с привлечением новых партнеров готовятся предложения по расширению проекта InfraStar для решения проблем, связанных с устранением или ослаблением влияния указанных факторов применительно к движению поездов по переводам и пересечениям.

M. Heinsch. International Railway Journal, 2004, № 2, p. 13 – 15.

Шпалы из альтернативных материалов в условиях высокой осевой нагрузки

Железные дороги при эксплуатации шпал и креплений сталкиваются со следующими проблемами: снижение устойчивости ширины колеи, поперечной и вертикальной стабильности пути, продольной сопротивляемости рельсов уgonу; перекося шпал; наддергивание пружинных костылей и путевых шурупов; возникновение трещин в подкладках и крепежных деталях рельсовых креплений, трещин и расщеплений в шпалах; врезание подкладок в шпалы; влияние влажности.

В 2001 г. железные дороги первого класса США и Канады потратили 911 млн. дол. США на приобретение новых шпал и 26,5 млн. на ремонт лежащих в пути.

В 2003 г. программы развития путевого хозяйства семи крупных железных дорог и четырех региональ-

ных систем Северной Америки предусматривали укладку примерно 15,3 млн. шпал, в том числе около 93 % новых пиленых из древесины твердых пород, до 1,5 % старогонных, 5 % железобетонных, менее 0,1 % металлических и 0,4 % композитных (пластиковых), остальное приходилось на шпалы из других альтернативных материалов.

Несмотря на то что доля заказов на шпалы из альтернативных материалов все еще сравнительно невелика, промышленность продолжает развивать и совершенствовать их конструкции. Принадлежащий Федеральной железнодорожной администрации США (FRA) Центр транспортных технологий (ТТС) в Пуэбло проводит исследования эксплуатационных характеристик шпал разных типов на полигоне ускоренных испытаний (FAST). Большинство результатов, анализируемых в данной статье, получено в ходе

испытаний на кольцевом пути (НТЛ) с верхним строением, рассчитанным на тяжелые режимы эксплуатации при пропуске опытного поезда с осевой нагрузкой 35 т. Информация об испытаниях в условиях коммерческой эксплуатации приведена в разделе по железобетонным шпалам.

Композитные шпалы

Первыми в путь на ТТС были уложены композитные шпалы, изготовленные компаниями TieTek и U. S. Plastic Lumber. Испытания этих шпал входили в программу FAST/HAL с 1997 г., по некоторым из них пропущено более 716 млн. т брутто поездной нагрузки. К настоящему времени эти шпалы продемонстрировали способность выдерживать столь тяжелые режимы эксплуатации. Имели место наддергивания путевых шурупов и пружинных костылей легкого профиля. Трещины, появившиеся в некоторых шпалах при укладке из-за недостаточного диаметра просверленных отверстий, развились незначительно. Не отмечены дефекты, приведшие к изъятию шпал из пути. Сопротивление поперечному смещению композитных шпал производства обеих компаний после пропуска 9 млн. т брутто оказалось для шпал с более шероховатой поверхностью примерно на 60 % выше и для менее шероховатых шпал на 40 % ниже по сравнению с деревянными.

При этом лабораторные испытания в ТТС показали, что средняя сила, необходимая для выдергивания костылей из композитных шпал, существенно (в 2,65 раза) ниже, чем из новых дубовых; проблем с наддергиванием пружинных костылей не отмечено.

Два основных участка испытаний композитных шпал расположены в кривой радиусом 291 м пути НТЛ. Один из этих участков предназначен для оценки эксплуатационных характеристик композитных шпал, уложенных в путь попеременно с деревянными; 30 % из 174 шпал (примерно 87 м пути) — композитные. Как композитные, так и деревянные шпалы на этом участке снабжены упругими скреплениями с путевыми шурупами. Некоторые шурупы в шпалах обоих типов частично потеряли крепежные свойства, но затем их переустановили с деревянными дюбелями. По шпалам пропустили поездную нагрузку немногим более 280 млн. т брутто.

На втором опытном участке последовательно уложили 100 композитных шпал с подкладками типа AREMA толщиной 35,6 мм и пружинными костылями, забитыми в предварительно просверленные отверстия диаметром 9,5 мм. Схема установки пружинных костылей, примененная на этом участке на обеих рельсовых нитях, соответствует обычно используемому в кривых, т. е. с расположенными по диагонали основными костылями, двумя рельсовыми костылями с внутренней стороны колеи и одним

с наружной. Под концами подкладок отмечено их слабое врезание в шпалы.

Вскоре после начала пропуска опытного поезда с высокой осевой нагрузкой по экспериментальному участку отмечено наддергивание большинства костылей, как основных, так и рельсовых. После пропуска 370 млн. т брутто высота выхода костылей из шпал составила от 9,5 до 12,7 мм, что несколько больше, чем обычно при деревянных шпалах.

В ТТС проведена предварительная оценка влияния температуры на вертикальную жесткость и сопротивляемость уширению колеи пути на композитных шпалах. Результаты лабораторных испытаний показали, что образец длиной 1524 мм из материала, используемого при изготовлении композитных шпал, при изменении температуры на 37 °С изменил свою длину на 6 мм, тогда как образец из дуба — только на 0,4 мм.

Финансируемые FRA испытания на вертикальную жесткость пути проводились на участке со 100 композитными шпалами и на примыкающем участке с дубовыми шпалами той же конфигурации. Результаты испытаний показали, что в отношении вертикальной жесткости сколько-нибудь заметной разницы между теми и другими шпалами нет.

В ходе статических испытаний вертикальная жесткость композитных и дубовых шпал находилась в диапазоне от 222 до 241 кг/см² при изменении температуры в середине шпалы на 32 °С.

Динамические измерения, проведенные с помощью путенагрузочного вагона ТТС, дали аналогичные результаты. В пути на мощном основании, характеризующемся супесями, и чистом балласте не отмечено значительных изменений вертикальной жесткости, которые можно было бы связать с изменениями температуры композитных пластмассовых шпал в рассмотренном диапазоне.

На сопротивляемость уширению колеи проведены испытания статические (с использованием поперечного нагрузочного устройства ТТС) и динамические (с использованием путенагрузочного вагона). Их результаты свидетельствуют, что в случае композитных шпал нет признаков влияния температуры на исследуемый показатель в оцениваемом диапазоне.

Мониторинг деформации средней части шпалы под нагрузкой ведется с середины 2002 г. Опытная композитная шпала была уложена на опоры шириной 22,9 см, установленные на железобетонной плите; расстояние между опорами равно 1524 мм. Нагрузку величиной 122 кг прикладывали в средней части на длине 45 см. За все время наблюдений за шпалами наружная температура колебалась в диапазоне от -23 до +43 °С. До настоящего времени деформации не отмечены.

Следует также отметить, что на опытном участке в кривой указанного выше радиуса (291 м) с компо-

зитными шпалами (тех же размеров и примерно той же массы, что и деревянные), пружинными костылями и упругими скреплениями произошел сход поезда с рельсов. Композитные шпалы получили такие же отдельные незначительные повреждения от гребней колес, что и дубовые шпалы на примыкающем участке.

Участок пути с попеременно уложенными композитными и деревянными шпалами и примыкающие к нему участки в отношении сохранения профиля и плана пути, а также состояния балласта работали так же, как и путь на деревянных шпалах.

Для дальнейших испытаний композитные переводные брусья длиной от 3,66 до 4,88 м были недавно уложены в стрелочный перевод марки 1/10 с гибкими острьями, расположенный на кольцевом пути НТЛ.

Железобетонные шпалы

Эксперименты на полигоне FAST и на действующих линиях в условиях коммерческой эксплуатации показали, что более высокая осевая нагрузка может вызвать увеличение боковых сил. Результаты испытаний с использованием путенагрузочного вагона свидетельствуют, что железобетонные шпалы с упругими скреплениями намного эффективнее удерживают колею, чем с костыльными (содержащиеся в хорошем состоянии деревянные шпалы со скреплениями улучшенной конструкции также обеспечивают намного большее сопротивление уширению колеи, чем с пружинными костылями). Это сопоставление указывает, помимо прочего, на повышенную удерживающую способность и сопротивляемость исследованных железобетонных шпал и скреплений раскантировке рельсов. Подвергнутые испытаниям железобетонные шпалы также продемонстрировали более высокую единичную прочность по сравнению с деревянными шпалами и обеспечивали более однородное положение рельсов в колее. Испытания проводились при удовлетворительном состоянии балластного слоя, и железобетонные шпалы хорошо удерживали путь в плане и по высоте.

Напряжения изгиба, измеренные в средней части железобетонных шпал, при повышении осевой нагрузки возрастают, но величины измеренных при испытаниях сил не превышали тех, при которых возможны расчетные напряжения, приводящие к возникновению трещин.

На некоторых железных дорогах возникла проблема истирания бетона шпал под подошвой рельса, особенно в условиях высокой влажности окружающей среды. Для преодоления этой проблемы использовали слоистые подкладки (уплотняющий материал, металлическая пластина и упругий материал). На полигоне FAST пропуск 1,2 млрд. т брутто поездной

нагрузки по пути с железобетонными шпалами не выявил осложнений, обусловленных высокими осевыми нагрузками.

Путь на железобетонных и деревянных шпалах

В ТТС проведены оригинальные испытания пути на моноблочных железобетонных шпалах, разработанных специально для укладки в путь совместно с деревянными. Согласно сведениям компании Rocla Concrete Tie, силы предварительного натяжения арматуры в шпалах такой конструкции действуют так, чтобы максимизировать преднапряжения изгиба, необходимые для работы в уникальных условиях нагружения, которые возникают при совместной укладке железобетонных и деревянных шпал примерно одинаковой конфигурации.

На экспериментальном участке со 100 шпалами, расположенном в прямой части пути НТЛ, 25 специальных железобетонных шпал типа Maintenance Replacement Ties (MRT) с упругими скреплениями уложили по одной через каждые четыре обычных деревянные шпалы с пружинными костылями.

Напряжения измеряли как под подошвами обоих рельсов, так и в середине четырех железобетонных шпал под динамической нагрузкой, создаваемой опытным поездом. Компания-изготовитель использовала результаты измерений для проверки конструкции шпалы.

Хотя программа испытаний и измерений предусматривала пропуск 90 млн. т брутто поездной нагрузки, шпалы все еще лежат в пути, и по участку уже пропущено более 180 млн. т. После некоторой первоначальной осадки балласта на участке совместной укладки железобетонных и деревянных шпал дополнительные деформации не наблюдались и подсыпка балластного материала не потребовалась. Путь на участке сохранял положение в плане и профиле без надобности в работах по текущему содержанию. Не было также проблем с упругими скреплениями на железобетонных шпалах или с пружинными костылями на деревянных.

Составные деревянные шпалы

Дубовые шпалы на шипах

Многослойные дубовые шпалы на шипах с костыльными скреплениями при пропуске 430 млн. т брутто поездной нагрузки в сравнительно благоприятных условиях по поперечной нагрузке (средняя величина 4120 кг), создаваемых при движении опытного поезда из вагонов с высокой осевой нагрузкой на тележках с усовершенствованным рессорным подвешиванием, работали, как и ожидалось. Когда тележки ва-

гонов поезда заменили на стандартные, которые увеличили среднюю величину поперечной нагрузки в зоне испытаний примерно до 5708 кг, на большинстве шпал появлялись трещины, бравшие начало вблизи основных костылей. После наработки 180 млн. т нагрузки от поезда из вагонов на стандартных тележках трещины в шпалах и наддергивание пружинных костылей достигли такого развития, что уширение колеи стало представлять серьезную проблему и потребовалась установка дополнительных костылей и стяжных стержней. После пропуска 260 млн. т нагрузки от этого поезда большинство шпал пришлось заменить из-за опасности схода с рельсов. До этого на экспериментальном участке предпосылок для крушений не было.

Клееные сосновые шпалы

Опытный участок со 100 многослойными клееными сосновыми шпалами (50 с вертикальным расположением слоев и 50 с горизонтальным) и пружинными костыльными скреплениями показал такие же характеристики с точки зрения состояния пути, что и соседний участок с одинаковым числом пиленых шпал из массивной сосновой древесины (оба находились в кривой радиусом 291 м). Нагрузку порядка 430 млн. т брутто обеспечил поезд на тележках с усовершенствованным рессорным подвешиванием.

После последующего пропуска 180 млн. т брутто нагрузки от поезда из вагонов на тележках со стандартным рессорным подвешиванием ширина колеи на опытном участке под воздействием усилий от колес подвижного состава (8155 кг — поперечное усилие и 14 950 кг — вертикальное) достигла 1460 мм. В результате все шпалы пришлось заменить.

Шпалы Parallam

В ТТС был также проведен мониторинг эксплуатационных характеристик шпал типа Parallam, изготовленных из нескольких параллельных слоев древе-

сины, в условиях движения подвижного состава с высокой осевой нагрузкой. Два опытных участка находились в кривых радиусом 349 и 291 м, использовались упругие скрепления и путевые шурупы. Всего по этим шпалам пропустили более 700 млн. т брутто поезда нагрузки, причем около 500 млн. т составила доля вагонов на тележках со стандартным рессорным подвешиванием. За исключением некоторого числа продольных трещин, вспучиваний в между-рельсовой зоне и малочисленных случаев врезания подкладок, поведение шпал соответствовало ожидаемому для полупустынных условий местности, в которой находится путь НТЛ. До настоящего времени проблем в отношении работы путевых шурупов, уширения колеи или геометрии пути не было.

Металлические шпалы

В кривой радиусом 291 м полигона FAST участка с металлическими и стандартными деревянными шпалами под воздействием подвижного состава с высокой осевой нагрузкой работали неодинаково. Путь на металлических шпалах намного чаще требовал работ по текущему содержанию. Эти шпалы показали под нагрузкой плохие динамические характеристики, что привело к ухудшению геометрии пути и разрушению балластного материала. Длительность основных испытаний соответствовала пропуску примерно 154 млн. т брутто поезда нагрузки, но 50 шпал выдержали пропуск более 320 млн. т. Вместе с тем существенного износа самих шпал или повреждений элементов упругих скреплений отмечено не было. Металлические шпалы продемонстрировали лучшее сопротивление уширению колеи по сравнению с деревянными шпалами с пружинными костылями или упругими скреплениями.

R. Jimenez, J. LoPresti. *Railway Track & Structures*. 2004, № 1, p. 16 – 18.

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ТЕХНИКА УПРАВЛЕНИЯ

Общие вопросы. Транспортная политика. Экономика. Социальные вопросы

Батисс Ф. Проблемы погашения финансовой задолженности железных дорог. — *Le Rail*, Франция, 2004, № 111/112, p. 16 – 24, фр.

Представлена финансовая ситуация на железных дорогах мира. Дан анализ накопленного железнодорожными предприятиями долга, путей оптимального управления задолженностью. Рассмотрены различные модели реструктуризации задолженности, изло-

жен опыт железных дорог ряда стран, в том числе США, Франции, Дании, Японии, Испании, Швейцарии, Германии.

Дюшмен Ж. Железные дороги и Европейский инвестиционный банк. — *Rail International*, Бельгия, 2004, № 10/11/12, p. 31 – 41, англ.

Представлены история ЕИБ, его структура, приоритетные направления деятельности, клиентура, сотрудничество с железными дорогами. Эволюционно рассмотрена работа железнодорожного и других видов транспорта в Европе в 1970 – 1998 гг.; дан прогноз на перспективу до 2010 г. Указаны проекты, в финансировании которых ЕИБ принимал участие, подчеркнута высокая эффективность финансового содействия банка. Ил. 8.