

Польский электропоезд НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Завод компании NEWAG в г. Новы-Сонч (Польша) в течение более чем 130 лет был известен как одно из крупнейших предприятий страны по ремонту железнодорожного подвижного состава, а в последнее время успешно занимался также модернизацией тепловозов, электровозов и электропоездов. Однако в 2008 г. он расширил сферу деятельности и выпустил первый электропоезд собственной разработки.

Четырехвагонный электропоезд постоянного тока серии 19WE (рис. 1) является, как полагают, наиболее современным из моторвагонных поездов, когда-либо созданных в Польше (о намерении спроектировать электропоезд нового поколения заявлял также завод по ремонту подвижного состава в Миньске-Мазовецком, являющийся дочерним предприятием базирующейся в Быдгоще компании PESA, но затем от этого замысла отказались).

В 2005 г. по завершении программы модернизации пригородных электропоездов серии EN57 для компании — оператора пассажирских перевозок в регионе Варшавы SKM Warszawa (после чего этим поездам было присвоено серийное обозначение 14WE) завод NEWAG приступил к разработке нового поезда. Основные положения его концепции включали обеспечение максимальной скорости 160 км/ч и высокого ускорения при разгоне (вследствие специфики эксплуатации в пригородном движении), а также применение асинхронного тягового привода.

Проектирование поезда 19WE, как и подготовка к модернизации поездов EN57 с переделкой в 14WE, осуществлялось NEWAG в сотрудничестве с группой EC Engineering, базирующейся в Кракове.

Первоначально планировали выпустить поезд в конце 2006 г., но ра-

боты шли медленнее, чем предполагалось, и первый опытный поезд вышел из заводских цехов только в июне 2008 г. В начале сентября того же года поезд был показан на экономическом форуме в г. Крыница, где с ним ознакомились специалисты министерства транспорта страны, железных дорог Польши (PKP) и других отраслей, а через неделю его переправили в Берлин на международную выставку InnoTrans 2008, где и представили более широкой публике.

NEWAG позволила себе инвестировать в разработку и постройку опытного поезда в расчете на про-

буждение интереса к нему со стороны компаний-операторов по завершении всесторонних испытаний и прохождении процедуры сертификации в уполномоченном на это органе Urząd Transportu Kolejowego.

Общая концепция

В конструкции поезда 19WE заложена концепция, отчасти аналогичная примененной в поездах серии 14WE. Здесь отказались от выполнения поезда сочлененным, и кузова каждой пары смежных вагонов не опираются на общую тележку типа Jakobs; напротив, каждый вагон установлен на две тележки. Это предпринято для уменьшения осевых нагрузок.

Из четырех вагонов поезда два концевых являются моторными, два промежуточных — прицепными. Высокая мощность тягового приво-



Рис. 1. Общий вид электропоезда серии 19WE

да может на первый взгляд показаться излишней, но это позволяет, во-первых, улучшить скоростные характеристики и, во-вторых, в случае надобности увеличивать длину (следовательно, и пассажироместность) поезда путем включения в него до двух дополнительных прицепных промежуточных вагонов без существенного снижения тех же скоростных характеристик. Рассматривается также вариант двухвагонного поезда, при котором один из конечных вагонов выполняется моторным, а другой — прицепным. Гибкость конструктивной концепции поезда проявляется также и в том, что предусмотрена возможность и других модификаций, например изменения числа входных дверей у вагонов и т. п. в зависимости от пожеланий заказчиков.

Технические характеристики поезда 19WE приведены в таблице.

Кузова вагонов

Наружные очертания кузовов вагонов выполнены с соблюдением требований аэродинамики. В этих же целях ходовая часть и крышное оборудование прикрыты кожухами. В торцовых обтекателях лобовых частей конечных вагонов «спрятаны» автосцепные устройства типа Scharfenberg.

Рамы кузовов вагонов изготовлены из стали, обшивка кузовов — из сварных стальных панелей. В результате кузова получились самонесущими. Стенки кабин управления выполнены из многослойного композита.

В лобовые части (рис. 2) встроены разрушаемые зоны, на уровне буферов установлены энергопоглощающие устройства, составляющие второй уровень защиты основной конструкции кузова от

повреждений при прямом столкновении. Первый уровень защиты обеспечивается интегрированными в автосцепки деформирующимися элементами разработки компании Voith Turbo, при нагрузке 1400 кН имеющими ход 150 мм.

Особое внимание при проектировании кузова было уделено аспектам прочности при столкновениях. При этом руководствовались положениями проекта европейского стандарта prEN 15 227, опубликованного в апреле 2005 г.

Рассматривались четыре сценария столкновений: лобовое столкновение двух поездов 19WE при скорости каждого 18 км/ч; наезд при скорости 36 км/ч на одиночный грузовой вагон массой 80 т; наезд на переезде на грузовой автомобиль; наезд на переезде на легковой автомобиль.

Было поставлено условие, чтобы внутри кабины управления при деформации защитной зоны оставалось достаточно пространства для машиниста, а вблизи кабины — для находящихся там пассажиров. Все же деформация должна распространяться на 1400 мм с поглощением энергии столкновения.

При расчете кузовов конечных вагонов принят во внимание раздел европейского стандарта EN 12 663, относящийся к ударной нагрузке категории Р-II и требующий, чтобы основная конструкция кузова выдерживала без повреждений:

- усилие сжатия 1500 кН на уровне головки автосцепки;
- усилие растяжения 1000 кН на уровне головки автосцепки;
- усилие сжатия 400 кН на уровне 150 мм выше головки автосцепки;
- усилие сжатия 300 кН под лобовым стеклом;
- усилие сжатия 150 кН на уровне крыши.

Кроме того, регламентировано сохранение прочности конструкции при гипотетической максимальной нагрузке 10 чел./м², а также отсутствие деформации рамы и

Основные технические характеристики электропоезда серии 19WE

Параметр	Вариант исполнения	
	Четырехвагонный	Шестивагонный
Осевая формула	$B_0B_0+2'2'+2'2'+2'2'+B_0B_0$	$B_0B_0+2'2'+2'2'+2'2'+2'2'+B_0B_0$
Длина поезда, м	85,28	126,25
Расстояние между центрами тележек, м	13,76	
Колесная база тележек, м	2,5	
Диаметр колес новых/изношенных, мм	920/870	
Ширина кузовов вагонов, м	2,89	
Высота над УГР, м	4,2	
Масса тары поезда, т	190	270
Масса поезда при максимальной населенности, т	260	360
Максимальная осевая нагрузка, т	16,5	
Мощность в продолжительном режиме, кВт	2240	
Максимальная эксплуатационная скорость, км/ч	160	
Ускорение при разгоне, м/с ²	1,2	1
Число мест для сидения по схеме «метро»	183	293
Число стоящих пассажиров (из расчета 4 чел./м ²)	374	602

обшивки кузова при его подъёмке с постановкой домкратов как под один, так и под оба конца. На раме каждого вагона есть четыре места постановки домкратов (деповских или применяющихся в восстановительных поездах при возврате на путь сошедших с рельсов вагонов).

Сцепление вагонов внутри поезда осуществляется вручную с помощью подпружиненных винтовых стяжек (это допустимо вследствие относительно редких расцеплений состава в эксплуатации). В головки сцепок встроены соединители пневматической магистрали и электрической сети. Концевые вагоны также оснащены подобными сцепками для обеспечения возможности вывода поезда с линии другим тяговым средством в случае серьезной аварии или отказа; полагают, впрочем, что такие ситуации будут иметь место чрезвычайно редко.

Внутренние поверхности боковых стенок и крыш кузовов покрыты слоями тепло- и звукоизоляции из материала Moniflex, такой же изоляцией защищены кабины управления. Под напольным покрытием уложен изолирующий слой из минеральной ваты.

При наружной окраске первого поезда применен двухкомпонентный эпоксидно-полиуретановый краситель, однако каждый будущий заказчик может выбрать для себя краситель любого вида по желанию.

Окна вагонов не открываются, но в их верхней части есть небольшие откидывающиеся внутрь фрамуги, обеспечивающие естественную вентиляцию на случай отказа системы кондиционирования воздуха. В обычных обстоятельствах эти фрамуги заблокированы в закрытом состоянии, и открывает их персонал поезда с помощью специальных ключей. Закаленные оконные стекла, установленные в два слоя, имеют защиту от ультрафиолетового излучения.



Рис. 2. Лобовая часть поезда 19WE

Тележки

Концевые вагоны установлены на моторные тележки типа 70RSNa (рис. 3), промежуточные — на моторные тележки типа 70RSTa. Эту конфигурацию можно изменять в зависимости от выбираемых потребителями длины и мощности поезда.

Хотя максимальная эксплуатационная скорость поезда 19WE

определена равной 160 км/ч, тележки рассчитаны на движение со скоростью до 200 км/ч, что обеспечивает существенный задел для дальнейших разработок.

Как указано выше, от принципа сочлененности поезда, который позволил бы уменьшить общее число тележек, в данном случае отказались, и не только из стремления снизить осевые нагрузки, но и пото-



Рис. 3. Моторная тележка поезда 19WE



Рис. 4. Тормозной блок

му, что в случае надобности в подъемке сочлененный поезд (или секцию) на тележках типа Jakobs необходимо поднимать как единое целое, т. е. без расцепки, в то время как вагоны несочлененного поезда можно поднимать по одному, а это гораздо проще, особенно в полевых условиях.

Рамы тележек имеют Н-образный вид с центральной поперечной и двумя боковыми продольными балками. Соединение рамы с колесными парами осуществляется с помощью подвижных поводков, прикрепленных к корпусам букс.

В первой ступени рессорного подвешивания применены сдвоенные стальные винтовые пружины и гидравлические гасители колебаний, во второй — пневматические баллоны, расположенные в полостях в средней части боковых балок рам тележек. Имеются также амортизаторы ударной нагрузки, позволяющие изолировать кузова вагонов от вибраций на уровне тележек.

Тяговые и тормозные усилия между тележками и кузовами передаются посредством горизонтальных продольных стержней. Для предотвращения влияния между рамами кузовов и тележек поставлены специальные гасители.

С обеих сторон каждого колеса моторных и немоторных теле-

жек установлены тормозные диски. Тормозные цилиндры и клещи, составляющие единые блоки (рис. 4), смонтированы на концах боковых балок рам тележек.

Моторные колесные пары оснащены также колодками, выполняющими функцию очистки поверхности катания колес. Кроме того, возле первой и последней колесных пар установлены форсунки для подачи песка под ведущие колеса; бункеры с песком размещены на рамах соответствующих тележек.

Тяговый привод

Основой тягового привода поезда 19WE являются четырехполюсные асинхронные двигатели с принудительной вентиляцией, разработанные и изготовленные компанией Cantoni EMIT, находящейся в г. Жилине (Польша). Номинальная мощность двигателей равна 280 кВт, максимальная частота вращения — 5600 об/мин. Каждый тяговый двигатель вместе с двухступенчатым редуктором компании Voith составляет единый модуль, собираемый и испытываемый перед установкой на моторные тележки.

Следует отметить, что по мощностным показателям поезд 19WE значительно превосходит своего предшественника — поезд 14WE,

коллекторные тяговые двигатели которого имеют мощность 145 кВт. Во время испытаний поезд 19WE развивал при разгоне ускорение до $1,4 \text{ м/с}^2$, в то время как ускорение, развиваемое поездом 14WE, равно $0,5 \text{ м/с}^2$.

На крышах конечных моторных вагонов в зонах над внутренними тележками установлены однорычажные токоприемники полупантографного типа DSA-200 компании Stemann. Возле токоприемников размещены ключевые компоненты силовой цепи — главный выключатель, заземлитель, проходные изоляторы и т. п. Отсюда напряжение контактной сети подается в высоковольтную камеру и далее к тяговым преобразователям, вспомогательным потребителям энергии, системам управления и контроля и другим бортовым устройствам.

Силовая цепь построена на современных полупроводниковых приборах — биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT). В частности, IGBT-транзисторы применены в восьми пространственно-векторных тяговых инверторах с широтно-импульсной модуляцией (по одному для каждого тягового двигателя), изготовленных компанией MEDCOM (Варшава). Инверторы имеют воздушное охлаждение, отличаются высокой

надежностью и не требуют большого объема работ по техническому обслуживанию.

Работу тягового привода регулируют и контролируют основная микропроцессорная система управления TCMS, системы контроля крутящего момента и защиты от боксования. Эти системы охватывают как каждый моторный вагон, так и поезд в целом. Основная система TCMS полностью соответствует требованиям европейского стандарта EN 50 155 и выполняет также функции мониторинга и технической диагностики. Для внешних связей система использует поездную шину WTB.

Питание вспомогательных потребителей энергии, в число которых входят система кондиционирования воздуха и органы управления и контроля, осуществляется от статических преобразователей мощностью 60 кВ·А (по одному на каждый вагон), выдающих на выходе напряжение переменного тока 3×400 В, 50 Гц и напряжение постоянного тока 24 В. Эти преобразователи в случае надобности могут получать питание от внешней сети 3×400 В, 50 Гц переменного тока. Кроме того, на каждом вагоне установлена батарея щелочных аккумуляторов емкостью 480 А·ч, изготовленная компанией Норреске и выдающая напряжение 24 В постоянного тока. Устройства зарядки аккумуляторов батарей запрограммированы на оптимизацию процесса зарядки в зависимости от температуры и могут заряжать практически полностью разряженные батареи без отключения нагрузки.

Компоненты электрооборудования размещены в шкафах, расположенных сзади кабин управления в моторных вагонах по обе стороны проходов, связывающих кабины с пассажирскими салонами. С одной стороны каждого прохода размещены высоковольтные камеры с силовым оборудованием, с другой — шкафы с оборудованием,

работающим под средним и низким напряжением, аппаратурой систем управления и контроля, компьютерами и электропневматическими вентилями.

Тормозная система

Все тормозное и пневматическое оборудование для поезда 19WE изготовлено компанией Knorr-Bremse в полном соответствии с требованиями нормативных документов МСЖД 540, 543 и 544.

Сжатый воздух вырабатывают два (по одному в каждом моторном вагоне) винтовых компрессора, приводимых во вращение асинхронными электродвигателями. Есть также вспомогательные поршневые мотор-компрессоры, получающие питание от аккумуляторных батарей и предназначенные для подъема токоприемников, когда все системы поезда еще не задействованы.

В системе торможения применены прямодействующий электропневматический, электродинамический и (в качестве вспомогательного) магнитно-рельсовый тормоза. Имеется также пружинный стояночный тормоз, способный удерживать поезд при полной загрузке на уклоне крутизной 40%. Пружинные стояночные тормоза воздействуют на все колесные пары и приводятся в действие машинистом вручную посредством электромагнитных вентиляей.

При одновременном включении всех указанных тормозов тормозной путь поезда со скорости 160 км/ч до полной остановки составляет 800 м.

Основным служебным тормозом в регулярной эксплуатации является электродинамический. В режиме реостатного торможения генерируемая всеми тяговыми двигателями электроэнергия поглощается тормозными резисторами, установленными на крыше концевых моторных вагонов. Предусмотрена возмож-

ность рекуперативного торможения при условии наличия потребителя электроэнергии (другого поезда, находящегося в режиме тяги) в данной фидерной зоне. В случае отказа электродинамического тормоза по какой-либо причине в работу включается электропневматический тормоз, управляемый микропроцессором. Тормоза обоих видов могут работать совместно, причем система управления автоматически рассчитывает распределение функций между электродинамическим и электропневматическим тормозами для получения общего требуемого тормозного усилия.

В случае чрезвычайной ситуации машинист может включить в работу все тормоза, установив тормозной контроллер в крайнее положение или нажав на кнопку экстренного торможения. Аналогичным образом включаются все тормоза при срыве пассажиром одного из размещенных в вагонах поезда кранов экстренного торможения, однако это действие может быть заблокировано машинистом.

Магнитно-рельсовый тормоз, оборудование которого смонтировано на тележках промежуточных вагонов, действует совместно с тормозами других видов при движении со скоростью более 50 км/ч.

Модули оборудования электропневматического тормоза типа EP Comrac размещены под рамами кузовов всех вагонов поезда. Все тележки оснащены устройствами защиты от проскальзывания с микропроцессорным управлением.

Наряду с указанным оборудованием на поезде установлена аппаратура принятой на сети РКР системы безопасности движения СА с регистраторами событий и пишущими скоростемерами.

Пассажирские помещения

Поезд 19WE в демонстрационных целях выполнен с двумя вариантами компоновки мест для сиде-



Рис. 5. Вариант поперечной расстановки кресел



Рис. 6. Вариант продольного размещения мест для сидения

ния второго класса (первый класс предусмотрен в порядке опции).

В части салонов концевых вагонов, прилегающей к кабинам управления, по схеме 2 + 2 поперечно расставлены эргономичные кресла модели Trend компании Kiel Polska с высокими спинками и подголовниками; кресла со стороны центрального прохода снабжены деревянными подлокотниками (рис. 5). Между встречно расположенными креслами смонтированы небольшие столики, под ними — корзины для бумаг.

Имеются специально выделенные кресла для лиц с ограниченными физическими возможностями и для пассажиров с детьми малого возраста.

В остальной части салонов концевых вагонов и на всей длине салонов промежуточных вагонов места для сидения расположены по принципу «метро», т. е. вдоль боковых стенок (рис. 6), благодаря чему высвобождается большая площадь пола для пассажиров, едущих стоя. Такой вариант был предусмотрен исходя из того, что поезда могут эксплуатироваться, в частности, в пригородных сообщениях варшавского региона с интенсивными пассажиропотоками и относительно небольшой продолжительностью поездок. Для удобства и

безопасности стоящих пассажиров имеются вертикальные (у входных дверей и в центральном проходе) и горизонтальные (смонтированные на должной высоте по обе стороны полос потолочных светильников) поручни.

Как отмечено выше, в вагонах функционируют системы кондиционирования воздуха, внутреннего видеонаблюдения, аудио- и визуального информирования пассажиров.

Высота пола входных площадок соответствует высоте посадочных платформ станций и остановочных



Рис. 7. Зона дверного проема

пунктов варшавского железнодорожного узла (1157 мм над УГР). Широкие (1300 мм) дверные проемы обеспечивают быстрый пассажирообмен. Есть также дополнительные ступени на высоте 1000 мм над УГР, которые можно использовать при посадке и высадке пассажиров там, где имеются низкие платформы, например, если поезда будут эксплуатироваться в регионе Гданьска, Гдыни и Сопота.

Концевые вагоны оснащены двумя парами двустворчатых приоткрыто-сдвижных дверей, промежуточные прицепные — тремя парами (всего 10 пар дверей в четырехвагонном варианте исполнения поезда, 16 пар в шестивагонном варианте; рис. 7). Двери и механизмы их привода поставлены компанией Ultimate (Австрия). Открыванием дверей по отдельности управляют сами пассажиры нажатием кнопок, смонтированных внутри и снаружи вагонов, закрыванием всех одновременно — или автоматизированная система с выдержкой в 10 с после открывания, или машинист со своего пульта управления. Перед закрыванием подается звуковой сигнал. Предусмотрена возможность экстренного открывания дверей с помощью специальных ручкояток, помещенных за стеклом над дверными проемами.

По одной двери с каждой стороны одного из концевых вагонов оснащены подъемниками для посадки и высадки пассажиров на инвалидных колясках. В районе этой пары дверей входная площадка имеет увеличенную площадь, позволяющую разместить до трех инвалидных колясок; на боковых стенках этой площадки смонтированы откидные сиденья для сопровождающих лиц.

Межвагонные переходы (рис. 8) поставлены компанией Hübner. Они имеют достаточную ширину и высоту, чтобы обеспечивались беспрепятственный проход пассажиров и хорошая видимость по всей длине состава.

Над окнами закреплены багажные полки, занимающие всю длину пассажирских салонов. Они прерываются в зонах дверных проемов, где помещены информационные панели.

Полы имеют нескользящее износостойчивое покрытие, панели боковых стенок и потолков выполнены из многослойного ламината. По оси потолков проходит воздуховод системы кондиционирования воздуха, по обе его стороны — люминесцентные лампы системы освещения.

Помимо пригородного варианта, предусмотрен вариант поезда с меньшим числом дверей для обслуживания региональных и даже

междугородных сообщений. В таком случае поезд оснащается вакуумными туалетами, один из которых приспособляется для пассажиров на инвалидных колясках. Изменяются также схемы расстановки кресел.

Оборудование системы кондиционирования воздуха поставлено компанией Thermoking и соответствует требованиям нормативного документа МСЖД 651. Ее основные агрегаты установлены на крышах вагонов. Система обеспечивает подачу в салоны охлажденного воздуха в жаркую погоду и подогретого воздуха — в холодную. Микропроцессорное регулирование режимов работы системы обеспечивает в салонах комфортную температуру на уровне порядка 22 °С.

Кабины управления оснащены отдельными установками кондиционирования воздуха той же компании.

В системе противопожарной безопасности применены детекторы возгорания и задымления, в каждом вагоне имеются огнетушители, размещенные на стеклянных перегородках, отделяющих пассажирские салоны от входных площадок. Здесь же смонтированы краны экстренного торможения.

Система информирования пассажиров укомплектована жидкокристаллическими дисплеями, размещенными на перегородках над

межвагонными переходами и в средней части пассажирских салонов над окнами. Кроме того, над входными дверями помещены панели со схемами маршрутов. Как правило, на дисплеи выводится заранее записанная информация, но машинист может вносить в нее необходимые изменения. Это же относится и к речевой информации, транслируемой через громкоговорители.

Над лобовыми окнами концевых вагонов размещены табло с указанием конечной станции маршрута.

В салонах смонтированы устройства экстренной связи пассажиров с поездной бригадой. В разных местах в вагонах поезда установлены видеокамеры системы внутреннего наблюдения, изображения с которых выводятся на дисплеи в кабинах управления и записываются; срок хранения этих записей для последующего анализа (в случае необходимости) установлен равным 40 сут.

Видеокамеры, обращенные к хвосту поезда, установлены снаружи у кабин управления и выполняют функции зеркал заднего вида.

Кабины управления

Кабины управления поезда 19WE спланированы и оснащены в соответствии с требованиями эргономики по обеспечению максимальных удобств для машиниста при работе в одно лицо (рис. 9).



Рис. 8. Межвагонный переход



Рис. 9. Рабочее место машиниста в кабине управления



Рис. 10. Поезд 19WE во время ходовых испытаний зимой 2008/2009 г.

На центральной горизонтальной панели пульта с левой стороны расположена рукоятка регулирования тяги и электродинамического торможения, с правой стороны — тормозной контроллер.

В нижней части левой наклонной панели находятся органы управления и измерительные приборы системы кондиционирования воздуха, над ними — органы управления токоприемниками и автоцепкой, а также красная кнопка экстренного отключения главного выключателя. В самом низу смонтирована радиостанция и пульт управления ею. В углу между левой и центральной наклонными панелями расположен переключатель направления движения.

На правой наклонной панели находятся кнопка управления колод-

ками для очистки поверхности катания колес, индикаторы срабатывания тормозов и автоматического оповещения о возгорании, а также выключатель микрофона. Выше установлен монитор системы внутреннего видеонаблюдения и микрофон на гибкой стойке.

Много органов управления, приборов и индикаторов находится на центральной наклонной панели пульта. Слева на ней расположены дисплей, отражающий работу системы информирования пассажиров, и клавиатура для набора дополнительных сообщений. Далее — органы управления стеклоочистителем, стеклоомывателем, стеклообогревателем и экраном для защиты от солнечного света. Здесь же находится переключатель в режим работы по системе

многих единиц. В центре помещен главный дисплей системы управления поездом, поставленный компанией PIXU (Швейцария). На этом дисплее отображаются основные параметры движения поезда, прежде всего скорость, а также информация о состоянии и функционировании ответственных компонентов оборудования, доступная по выбору машиниста (например, напряжение в контактной сети, температура воздуха в пассажирских салонах и т. п.). Правее дисплея установлена кнопка системы контроля бдительности машиниста.

На центральной горизонтальной панели смонтированы органы управления системой освещения салонов, механизмами привода входных дверей, подачей песка, подачей звукового сигнала и т. п. В правой части находится красная кнопка экстренного торможения.

Испытания и ввод в эксплуатацию

Первые испытания поезда 19WE были проведены на экспериментальном полигоне железных дорог Польши в районе станции Жмигруд вблизи Вроцлава в августе 2008 г. После демонстрации на международной выставке InnoTrans 2008 в Берлине поезд был передан в Научно-технический центр РКР в Варшаве для сертификационных испытаний. В процессе этих испытаний поезд совершил несколько опытных рейсов на линии Варшава — Катовице (рис. 10). На участке Гура-Влодовска — Псары этой линии поезд развивал предписанную ему скорость 160 км/ч.

В настоящее время поезд проходит эксплуатационные испытания.

S. Zapletal, J. Pernička. *Railvolution*, 2008, № 6, p. 62–66.