

УДК 625.142.45

Опыт разработки и эксплуатации безбалластного пути

Результаты исследований в области безбалластного пути показали, что срок его службы должен быть не менее 60 лет. Со дня укладки первого опытного отрезка безбалластного пути на станции Реда в Германии прошло уже 30 лет. Это половина установленного срока, в связи с чем проведен анализ итогов эксплуатации такого пути на имеющихся участках.

В последние годы тема безбалластного пути была предметом многочисленных споров и дискуссий. Сначала она обсуждалась только специалистами, которые пытались дать объективную оценку такого пути с технико-экономической точки зрения. Однако в дальнейшем круг участников расширился. Так, поводом для участия политиков в этих дискуссиях стали данные о повышенных эксплуатационных расходах для безбалластного пути по сравнению с традиционным.

Путь на щебеночном балласте

Путевая решетка, состоящая из рельсов и шпал, уложенная на балласт из уплотненного щебня, частицы которого имеют острые кромки, считается классическим верхним строением пути, получившим широкое распространение во всем мире. Путь на балласте хорошо поддается ремонту, исправлению и реконструкции. За прошедшие десятилетия за счет усиления отдельных компонентов его без особых проблем удавалось приспособлять к возрастающим осевым нагрузкам и скорости.

При соответствующем усилении классического верхнего строения пути возможно также дальнейшее повышение скорости движения до 300 км/ч, что было доказано на примере железных дорог Франции.

Как известно, верхнее строение пути на щебеночном балластном слое требует проведения через определенные промежутки времени работ по текущему содержанию. Динамические нагрузки, возникающие при движении подвижного состава, вызывают смещения частиц щебня и стирание острых кромок. При этом состояние пути ухудшается, а вместе с ним плавность хода и уровень комфортности поездки. С помощью подбивочных и выправочных работ путь снова приводят в нужное положение в плане и профиле. Способность щебня к уплотнению и устойчивость положения пути при этом постепенно снижаются. На магистральных линиях примерно через 30 лет проводится замена верхнего строения пути.

В связи с этим целью исследовательских работ должно быть повышение срока стабильности уплотненного щебеночного балластного слоя, для чего необходимо обеспечить гашение высокочастотных ударных нагрузок и снижение распределенной нагрузки, действующей на щебеночный слой. Для этого могут использоваться упругие подкладки между рельсом и шпалой и/или между шпалой и балластом, рельсы усиленного профиля, а также шпалы с увеличенной поверхностью опирания.

Безбалластный путь

Исправление положения пути на щебеночном основании, которое становится необходимым через определенные промежутки времени, зависящие от эксплуатационной нагрузки, производится в настоящее время почти полностью в автоматическом режиме с помощью современных машин. Необходимое для этого время (длительность окон) выдерживается в заданных границах. Тем не менее встал вопрос о дальнейшем сокращении затрат времени и средств на текущее содержание пути и возможном полном отказе от этих затрат.

На основе опыта строительства автомобильных дорог были разработаны конструкции верхнего строения пути на морозоустойчивом основании без балластного слоя, которые впоследствии получили название безбалластного пути или пути на жестком основании. Это направление развивалось в несколько этапов.

Первый опыт в области безбалластного пути в Германии

Первые опытные участки пути на жестком основании укладывались в основном на станциях, так как в этом случае всегда имелась возможность пропуска подвижного состава в обход их без помех движению в период укладки и при последующих ремонтных работах. Так, уже в 1968 г. на станцию Хиршайд были доставлены готовые для укладки рамные конструкции и плиты. Эта рамно-плитная конструкция затем несколько раз изменялась и совершенствовалась.

В 1972 г. Мюнхенскому техническому институту была поручена разработка концепции безбалластного пути. Разработчики исходили из того, что в классическом верхнем строении пути необходимо заменить только самое слабое звено, а именно щебеночный балласт, например, на бетон. Шпалы, являющиеся элементом, который служит для распределения нагрузки и связи колеи, решено было оставить.

Амортизирующие функции щебеночного балласта будут обеспечиваться соответствующими прокладками или плитами из резины или пластика.

Такой путь был впервые уложен на станции Реда, и с тех пор эта конструкция называется Rheda. Необходимо отметить, что точную установку пути в плане и профиле обеспечивали деревянными клиньями, которые устанавливали под шпалами и при бетонировании путевой решетки не удаляли. Тем не менее в течение уже почти 30 лет эксплуатации здесь было обнаружено лишь одно повреждение.

Следующим важным этапом в развитии безбалластного пути были экспериментальные участки в Карлсфельде под Мюнхеном в 1977 г. Там на участке протяженностью 1,7 км было уложено пять отрезков пути различной конструкции, две из которых (со шпалами, уложенными на резиновые подошвы, и забетонированными рельсовыми скреплениями) вскоре сняли после многочисленных ремонтов. Остальные три (известные еще по Хиршайду, но усовершенствованные с тех пор рамно-плитные конструкции, а также типа Rheda, которые стали к этому времени регулировать при установке с помощью винтов) после некоторых небольших исправлений находятся в эксплуатации до сих пор.

К началу 1980-х годов железные дороги Германии и строительные компании провели ряд исследований экономической эффективности безбалластного пути. Нужно было выяснить целесообразность укладки пути на жестком основании со сроком службы 60 лет вместо традиционного на щебеночном балласте. В результате за исключением нескольких проектов строительства тоннелей экономическая эффективность новой технологии доказана не была. После этого интерес к безбалластному пути резко упал; дальнейшие разработки на некоторое время были практически остановлены.

Безбалластный путь в Японии

В странах Европы интерес к безбалластному пути проявлялся в основном с точки зрения его укладки в тоннелях. В Японии же все новые высокоскоростные линии почти полностью строили на жестком основании из сборных плит (таблица). Специалистам службы пути бывших ДВ была предоставлена возможность ознакомиться с методами его укладки в Японии.

Когда в начале 1960-х годов началось строительство линии Токайдо Синкансен между Токио и Осакой, считалось, что путь на щебеночном основании с бетонными шпалами длиной 2,4 м и рельсами 50 кг/м удовлетворяет требованиям высокоскоростного движения.

В дальнейшем принятие такого решения привело к повышенным затратам на текущее содержание, которые, однако, было решено направить не на усиление балластного слоя и земляного полотна, а на сооружение эстакад сначала для пути на балласте, а затем и для безбалластного. Линия Тохоку северного направления Омия — Мориока почти полностью проходит на искусственных сооружениях. Там в основном укладывали путь на плитном основании, в том числе и на небольших участках, расположенных в уровне земли.

Значительный интерес представляет то, что большинство стрелочных переводов уложено на щебеночный балласт. При этом зона стрелочного перевода соединяется с прилегающим путем с помощью переходного участка.

В Германии специалисты в области пути пришли к выводу, что затраты на текущее содержание безбалластного пути должны составлять не более 10 % соответствующих затрат на балластный путь. Опыт эксплуатации пути на жестком основании в Японии показал, что в течение года (с 1987 по 1988 г.) на линии Тохоку эти затраты составили 60 %. Здесь причина повышенных затрат состояла в том, что раствор, использовавшийся для скрепления плит (смесь битумной эмульсии с цементом), оказался неморозостойким, поэтому его пришлось менять на протяжении нескольких сотен километров. Подобные результаты были получены также в Карлсфельде.

Эксплуатация безбалластного пути и новые разработки в Германии

В Германии в одном из тоннелей на линии Мангейм — Штутгарт был уложен безбалластный путь конструкции Züblin (вибропогружение шпал в свежее уложенный бетон несущей плиты), а в трех тоннелях на линии Ганновер — Вюрцбург — конструкции Rheda. Серьезные трудности, возникавшие при установке путевой решетки в заданное положение, в конструкции Rheda были преодолены за счет применения бетонной несущей плиты корытообразного сечения. Борта используются в качестве опоры для боковых домкратов, а также как опалубка при заливке путевой решетки.

Все рассмотренные варианты безбалластного пути относятся к так называемым компактным, или монолитным, конструкциям. Это значит, что путем заливки шпал или путевой решетки создается практически неразделимое соединение их с плитой основания. Это делает в дальнейшем невозможным проведение работ по исправлению положения пути в

Характеристики высокоскоростных линий Японии

Характеристика	Линия					
	Токайдо	Санъё I	Санъё II	Тохоку	Дзоэцу	Омия — Уэно
Год сдачи в эксплуатацию	1964	1973	1974	1982	1982	1985
Протяженность, км	1031	326	782	931	539	54
Доля пути на балласте, %	100	95	32	10	5	0
Доля искусственных сооружений, %	47	93	86	94	100	100
Доля пути на жестком основании, %	0	5	68	90	95	100

пределах, превышающих возможности регулирования с помощью рельсовых скреплений, не говоря уже о замене верхнего строения пути.

Это обстоятельство заставило службу пути искать альтернативные варианты неразъемному соединению путевой решетки с бетонной плитой. Кроме того, были разработаны различные виды стыковочных элементов, обеспечивающих надежное соединение секций плиты основания.

В дальнейшем появилось много разнообразных конструкций безбалластного пути, которые подвергались длительным испытаниям, а затем укладывались в основном на коротких участках сети DBAG.

Следует особо отметить, что наряду с бетоном в качестве материала опорной плиты использовался также асфальт. Типичным вариантом такого исполнения безбалластного пути является конструкция АТД (асфальтовое основание с уложенной непосредственно на него путевой решеткой), которая впервые была использована на переходной кривой участка Вюрцбург — Лор. Здесь на практике были подтверждены результаты, полученные при испытаниях и показавшие, что асфальтовое основание можно укладывать с точностью в профиле ± 2 мм. Исходя из этого результата, можно укладывать путевую решетку непосредственно на основание и отказаться от вертикальных домкратов и необходимых для этого приспособлений. Подобный путь развития прошел и процесс укладки стрелочных переводов непосредственно на жесткое основание.

Безбалластный путь и транспортная политика

В ФРГ более 20 лет назад компании, специализирующиеся на путевом строительстве, делали попытки убедить железные дороги широко использовать при строительстве новых линий безбалластный путь.

Ситуация изменилась, когда в рамках реформы была достигнута договоренность о том, что строительство и реконструкция линий будут финансироваться из федерального бюджета, а их текущее содержание проводится холдингом железных дорог Германии (DBAG). В этой ситуации руководство DBAG пришло к логическому выводу о необходимости строить путь, требующий минимальных средств на текущее содержание. Проблема состояла лишь в том, что федеральное правительство не решалось идти на дополнительные расходы, связанные со строительством безбалластного пути. Имели значение также и результаты сравнительных оценок эксплуатационных затрат на балластный и безбалластный путь, которые в основном были не в пользу пути на жестком основании.

Федеральная счетная палата, которая была подключена к рассмотрению этого вопроса, также пришла к неблагоприятному результату в отношении безбалластного пути. В конечном итоге в 1995 г. федеральное правительство постановило:

- экономическая эффективность безбалластного пути по сравнению с путем на балласте должна быть до-

казана на опыте эксплуатации новой линии Кёльн — Рейн/Майн;

- намерение DBAG оборудовать безбалластным путем другие участки, в том числе на новой линии Ганновер — Берлин и городской железной дороге Берлина, принимается к сведению;

- до получения результатов расчета экономической эффективности безбалластный путь не укладывать.

Проекты Вагхойзель, Ганновер — Берлин, Кёльн — Рейн/Майн

В середине 1990-х годов руководство DBAG проинформировало промышленные компании железнодорожной отрасли о том, что в перспективе ожидается расширенное использование безбалластного пути на новых и реконструируемых линиях.

В подтверждение этих намерений для укладки и испытания конструкций безбалластного пути выделили участок в районе станции Вагхойзель, где была запланирована реконструкция пути. Заинтересованные компании получили возможность испытания своих конструкций. Интерес оказался настолько большим, что к лету 1996 г. реализовали уже семь различных технических решений. Правда, уже через относительно короткий промежуток времени в некоторых конструкциях обнаружили дефекты и повреждения, требующие устранения. Однако общий результат испытаний в Вагхойзеле все же был положительным.

Следует отметить, что идея пути плитной конструкции, которая в свое время была реализована в Хиршайде и Карлсфельде, получила дальнейшее развитие как с технической, так с экономической точки зрения. Испытания ее проводились не в Вагхойзеле, где отведенный участок уже был использован полностью, а в районе соседней станции Рот-Мальш и на территории земли Шлезвиг-Гольштейн.

На новой линии Ганновер — Берлин безбалластный путь впервые был уложен на участках большой протяженности. В этом проекте также принимало участие много компаний. Использовались многие варианты безбалластного пути, в том числе Rheda и АТД. В некоторых местах, где уложен путь типа Rheda, уже сейчас приходится заниматься ремонтом, так как шпалы, залитые бетоном, постепенно расшатываются. Оказалось, что эта конструкция пути чрезвычайно чувствительна к погрешностям, допущенным при изготовлении. Путь Rheda требует высокой точности при укладке, поэтому здесь необходим строгий контроль строительных работ. Отсюда можно заключить, что слишком тонкую технологию укладки и ограниченную ремонтпригодность пути типа Rheda следует рассматривать как существенный недостаток.

На качество безбалластного пути существенно влияет грунт основания, который на новой линии Кёльн — Рейн/Майн является наиболее пригодным. Там укладывали только путь типа Rheda в разных вариантах.

Выводы

Опыт эксплуатации участков с безбалластным путем в Германии и других странах показал, что его применение целесообразно:

- в тоннелях длиной порядка 500 м, если это позволяют геологические условия. Целесообразна также укладка безбалластного пути в тоннелях уже существующих линий, поскольку проведение подбивочных и выправочных работ на балластном пути в тоннеле связано с образованием больших объемов пыли, которая затрудняет видимость и ухудшает условия работы. К этому нужно добавить повышенную опасность, связанную со стесненным пространством и движением поездов по соседнему пути. При прокладке новых тоннелей благодаря небольшой строительной высоте безбалластного пути можно уменьшить поперечное сечение тоннеля, что значительно удешевит строительные работы;

- при определенных обстоятельствах на затяжных уклонах перед станциями. На этих уклонах кроме дискового можно также использовать вихретоковый тормоз. Вызываемый им нагрев рельсов может приводить к проблемам с точки зрения стабильности пути на балласте;

- в кривых, где его можно укладывать с возвышением наружного рельса примерно на 25 % больше, чем в пути на балласте. Это является одним из важнейших достоинств безбалластного пути. Благодаря этому при движении поездов в том же диапазоне скорости радиус кривой может быть меньше, чем на участке с путем на балласте. Это дает ряд преимуществ:

трасса линии лучше вписывается в рельеф местности;

уменьшается негативное воздействие на окружающий ландшафт;

облегчаются прокладка новых и реконструкция существующих линий;

уменьшается длина искусственных сооружений (тоннелей и мостов);

повышается экономическая эффективность безбалластного пути по сравнению с путем на балласте.

Большой интерес это может представлять также для поездов, составленных из вагонов с наклоняемыми кузовами.

Необходимым условием укладки безбалластного пути на земляном полотне является максимальная устойчивость и уплотняемость его материала. Это условие гораздо легче выполнить в горной местности, чем, например, в районе прокладки линии Ганновер — Берлин. Следует отметить, что в Японии до сих пор избегают укладывать безбалластный путь на насыпях.

Анализ результатов эксплуатации участков безбалластного пути позволяет предположить, что из всего многообразия конструкций на сети DBAG найдут применение только две, а именно Rheda и путь с основанием из сборных плит.

В 2002 г. в Австрии возле города Мельк при сходе поезда с рельсов в тоннеле было повреждено около 4,5 км безбалластного пути. Ремонт был связан с длительным закрытием пути для движения поездов. Это заставляет внимательнее относиться к безбалластному пути наложенной конструкции, при которой устранение дефектов может быть сведено лишь к замене отдельных компонентов, как в пути на балласте.

G. Oberweiler. Eisenbahntechnische Rundschau, 2002, № 1/2, S. 68 – 74.

УДК 625.143

Рельсы из высокоуглеродистой стали

Канадский национальный исследовательский центр (NRC) на одном из участков железнодорожной компании Burlington Northern and Santa Fe (BNSF) проводил сравнительные исследования с целью оценки возможности увеличения срока службы рельсов из высокоуглеродистой стали по сравнению с изготовленными из обычной углеродистой.

Исследования включали сопоставление износоустойчивости и сопротивляемости образованию контактно-усталостных дефектов рельсов двух типов, а также оценку возможности снижения расходов на шлифование рельсов из высокоуглеродистой стали.

Японская корпорация Nippon Steel (NSC) разработала новую высококачественную рельсовую сталь, имеющую твердость не менее 400 ед. по Бринеллю и характеризующуюся заэвтектоидной металлургической микроструктурой. Современные рельсы из стандартной первосортной стали имеют твердость 360 – 380 ед. по Бринеллю. По оценке NSC, рельсы из стали нового сорта отличаются повышенной сопротивляемостью образованию контактно-усталостных дефектов и износоустойчивостью, более длительным сроком службы и меньшей потребностью в шлифовании.

BNSF обратилась с просьбой к NRC провести эксплуатационные испытания этих рельсов с участи-