

Путь на плитном основании в Германии

Качество пути определяется сохранением его геометрических характеристик в течение длительного периода времени, от чего зависят работоспособность системы колесо — рельс и эффективность использования железнодорожной инфраструктуры. Если железная дорога как система обеспечивает высокий уровень транспортного обслуживания, можно назначать приемлемые тарифы на выделяемую пропускную способность, что повышает конкурентоспособность отрасли на рынке транспортных услуг. Этим объясняется многочисленность попыток использования новых конструкций пути. Много сделано, в частности, в области пути на плитном основании.

Новые требования к железнодорожному пути

Железные дороги постоянно занимаются созданием максимально оптимизированного комплекса, состоящего из собственно инфраструктуры и системы ее технического обслуживания. Новые эксплуатационные параметры, такие, как более высокая скорость, интенсивность движения поездов и осевые нагрузки, в том числе на отдельных направлениях обращения высокоскоростных пассажирских и тяжеловесных грузовых поездов, ставят серьезные задачи перед разработчиками новых конструкций пути, компаниями — изготовителями его элементов и компаниями, эксплуатирующими путь. Важно обеспечить определенный баланс между инновационными возможностями усовершенствования конкретных элементов пути и достижением наилучших реальных эксплуатационных характеристик пути в целом.

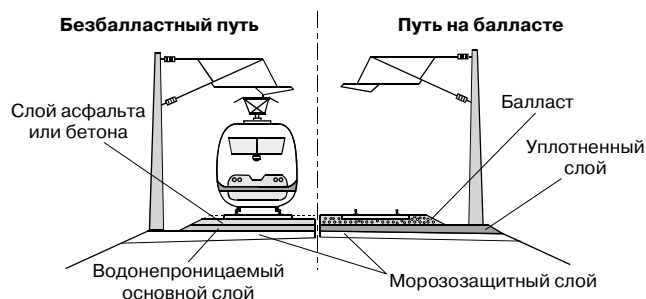


Рис. 1. Сопоставление конструкций пути

На направлениях, где одновременно реализуются высокие скорости и осевые нагрузки, путь на балласте подвергается чрезвычайно интенсивным напряжениям в силу воздействия больших горизонтальных и вертикальных сил. Это неизбежно влечет за собой перераспределение балласта, особенно на участках перехода от одной конструкции пути к другой (земляное полотно и искусственные сооружения), последствиями чего являются разрушение балластного материала и ухудшение качества пути. В результате непрерывно уменьшаются интервалы между очередными циклами ремонтных работ, необходимых для поддержания пути в надлежащем состоянии. Использование тяжелых путевых машин на рельсовом ходу для ремонта пути также сокращает время доступности железнодорожных линий.

Аргументы в пользу пути на плитном основании

Фундаментальные требования к экономической в расходе на весь срок службы конструкции пути формулируются достаточно просто: устойчивость, безопасность и сохранение геометрических параметров в течение длительного времени. В отношении последнего аспекта путь на плитном основании выгодно отличается от пути на балласте, поскольку намного дольше сохраняет стабильное положение.

Эти причины побудили Государственные железные дороги Германии (DBAG) к разработкам конструкций пути на плитном основании. Первый экспериментальный участок такого пути был уложен еще в 1972 г. на станции Реда. Состояние пути здесь хорошее до настоящего времени. Сколько-нибудь существенные путевые работы за прошедшие 30 лет не потребовались. Максимальная скорость ограничена 200 км/ч. Не только путь сохранил устойчивость, но и плавность движения остается на высоком уровне.

Различие конструкций пути на балласте и на плитном основании показано на рис. 1.

Преимущества пути на плитном основании особенно полно используются при строительстве новых линий для движения поездов с высокими скоростями и осевыми нагрузками:

- более высокая адаптивность важна при составлении графика строительства и очередности сооружения отдельных участков. Конструкции пути такого

типа удобны для укладки на отдельно взятых участках. Путь, например, можно укладывать сначала на открытых участках после стабилизации земляного полотна, а затем в тоннелях по завершении их проходки;

- капитальные затраты меньше благодаря более жестким допускам параметров укладки. Вследствие того что путь на плитах допускает большее возвышение наружного рельса в кривых, радиус их может быть уменьшен. Это, в свою очередь, расширяет возможности трассирования и исключает необходимость устройства выемок на землях сельскохозяйственного назначения;

- общие геометрические размеры поперечного сечения пути могут быть уменьшены, поскольку для размещения более высокого и, соответственно, более широкого балластного слоя, необходимого в случае увеличения возвышения наружного рельса, требуется и большая ширина основной площадки;

- учитывая меньшую потребность в ремонтных работах (и, собственно, иной характер этих работ), можно существенно ограничить масштабы инфраструктурных составляющих только необходимыми для обеспечения эксплуатации в режиме временно-го однопутного участка, когда один из путей закрыт для движения из-за проведения ремонтных работ. Это в особенности относится к пересечениям путей, но также и к другим конструктивным элементам, устраиваемым вдоль полотна и необходимым во время проведения капитального ремонта пути на балласте;

- статические и динамические нагрузки на верхние слои земляного полотна пути на плитном основании меньше благодаря лучшему распределению силовых воздействий;

- путь на плитном основании после укладки сохраняет стабильное положение в 2 – 3 раза дольше, чем путь на балласте;

- плитная конструкция пути оказывает практически неограниченное сопротивление поперечным силам. Она имеет высокую собственную массу, обеспечивая тем самым хорошую устойчивость даже под действием интенсивных сжимающих сил при повышении температуры рельсов;

- отсутствие вылетающих частиц балласта исключает нанесение повреждений подвижному составу и элементам пути;

- невозможность роста растительности в пути на плитном основании исключает необходимость борьбы с нею;

- устойчивое положение пути снижает динамические силы, действующие на ходовую часть подвижного состава;

- эксплуатация линии на плитном основании возможна более продолжительное время в силу меньших затрат времени на текущее содержание.

Эксплуатационные программы и опыт применения на высокоскоростных линиях

С 1965 г. сначала DB, а затем и DBAG накопили большой опыт эксплуатации высокоскоростных линий. Причем первоначально это были обычные линии, реконструированные для движения со скоростью до 200 км/ч. В 1991 г. введены в эксплуатацию две новые линии (Ганновер — Вюрцбург и Мангейм — Штутгарт), изначально рассчитанные на движение со скоростью 250 – 280 км/ч. На новейшей высокоскоростной линии Кёльн — Франкфурт-на-Майне предел максимальной скорости повышен до 300 км/ч.

Параметры инфраструктуры вновь строящихся линий должны соответствовать перспективным эксплуатационным программам, причем не только по скорости и осевой нагрузке, но и в отношении топографии местностей, по которым проходит трасса. Все новые высокоскоростные линии, построенные в Германии (за исключением последней Кёльн — Франкфурт), используются для смешанного грузового и пассажирского движения.

В случае специализированных пассажирских линий возможность использования большего возвышения наружного рельса в кривых и более крутых уклонов имеет особое значение. Это позволяет прокладывать трассу новых линий близко к существующим транспортным магистралям, несмотря на высокую проектную скорость. Новая линия Кёльн — Франкфурт, например, построена непосредственно рядом с действующей автомагистралью. Проще также трассировать новые линии в обход крупных населенных пунктов и промышленных зон. Одновременное использование кривых малого радиуса и крутых уклонов позволяет следовать естественному рельефу местности, даже если она сильно пересеченная. Тоннели в таком случае можно строить короткими и неглубокого заложения, что уменьшает расходы на строительство и упрощает эвакуацию в экстремальных ситуациях. Одновременно можно уменьшить число мостов и путепроводов, а также их длину и высоту.

Сопоставление параметров высокоскоростных линий на железных дорогах Германии приведено в таблице.

На рис. 2 показано влияние этих параметров на продольный профиль линий Ганновер — Вюрцбург, предназначенной для смешанного грузопассажирского движения, и специализированной пассажирской Кёльн — Франкфурт. Очевиден результат использования большей максимальной крутизны уклонов.

Поскольку балластный путь на линиях, реконструированных для движения поездов со скоростью до 200 км/ч, работал удовлетворительно, DBAG решили применить эту конструкцию на первых высокоскоростных линиях, введенных в эксплуатацию после

Параметры трассы высокоскоростных линий

Параметр	Первые высокоскоростные линии	Линия Кёльн — Франкфурт-на-Майне
Максимальная скорость поездов, км/ч:		
пассажирских	280	300
грузовых	120	—
Осевая нагрузка грузовых поездов, т	до 22,5	
Особые требования	Смешанное движение	Параллельность трассе автомобильной дороги
Максимальный уклон, ‰	12,5	40
Минимальный радиус кривой, м	5100	3350
Максимальное возвышение наружного рельса, мм	90	170
Максимальный недостаток возвышения, мм	90	150
Непогашенное центробежное ускорение, м/с ²	0,59	0,98

1991 г. Однако примерно через 5 лет выяснилось, что путь на балласте обладает недостаточной упругостью. Это приводило к разрушению балласта под железобетонными шпалами, появлению заметных светлых выплесков в балластном слое, дефектов рельсов, а также к повышению уровня шума внутри поезда. Потребовалось удалить жесткие (500 кН/мм) рельсовые подкладки и заменить их более упругими (60 кН/мм). На мостах под балласт стали укладывать маты.

Пришлось внести изменения и в правила эксплуатации пути на балласте на новых высокоскоростных линиях. Предусмотрены укладка утяжеленных шпал с увеличенной поверхностью опирания и более упругих подрельсовых подкладок, увеличение толщины балластного слоя до 35 – 39 см под шпалой вместо прежних 30 см.

От исследований до новых конструкций

За прошедшие 35 лет железные дороги Германии продвинулись вперед в развитии плитной конструкции пути и в настоящее время эксплуатируют более 50 участков такого пути разных систем. Не на всех экспериментальных участках получены удовлетворительные результаты. Некоторые системы потребовали внесения существенных конструктивно-технологических усовершенствований.

Политика DBAG предусматривает использование любой новой конструкции пути только после ее

одобрения Федеральным бюро железных дорог (ЕВА) с точки зрения безопасности и технической осуществимости. ЕВА после углубленного изучения новой конструкции выдает начальный допуск (обычно на 5 лет) для проведения испытаний в эксплуатационных условиях. Затем DBAG готовят декларацию пользователя, которая констатирует, что новая модель может быть использована в одном определенном месте как на опытном участке.

Новая конструкция может получить статус стандартной только после выполнения следующих требований:

- испытаний в течение 2 лет в условиях обычной эксплуатации при движении поездов со скоростью до 230 км/ч и прохождения соответствующего числа циклов замерзания и оттаивания;
- испытаний в течение 3 лет в условиях обычной эксплуатации при движении поездов со скоростью более 230 км/ч и пропуска поездами нагрузки не менее 80 млн. т брутто;
- выдачи ЕВА генерального допуска к эксплуатации, подтверждающего отсутствие сомнений в отношении безопасности.

Путь на плитном основании на DBAG

В рамках всей сети DBAG путь плитной конструкции (разных моделей) уже уложен на достаточно протяженных участках линий Гамбург — Берлин

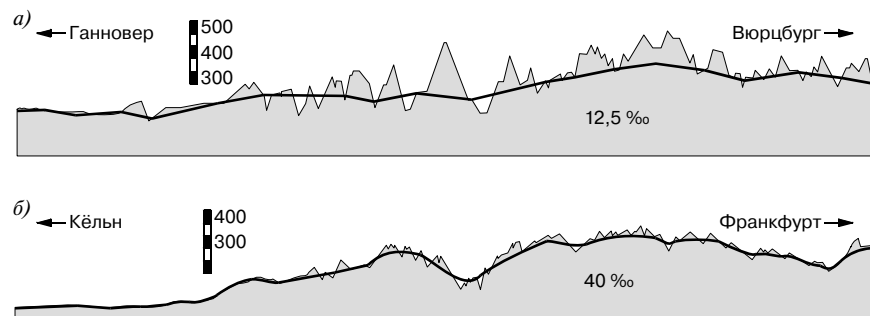


Рис. 2. Сравнение продольного профиля новых железнодорожных линий

и Ганновер — Берлин. Высокоскоростная линия Кёльн — Франкфурт на всем протяжении построена с использованием пути плитной конструкции. С намеченным на 2006 г. вводом в эксплуатацию линии Нюрнберг — Ингольштадт общая протяженность пути на плитном основании достигнет 800 км (в 1990 г. было 30 км, в 1995 г. — 120 км, в 2000 г. — 320 км, в 2002 г. — 645 км).

Наиболее часто на DBAG встречается плитный путь типа Rheda и его последующие модификации. Впервые разные варианты этой начальной конструкции с использованием моноблочных железобетонных шпал были уложены в нескольких тоннелях на высокоскоростной линии Ганновер — Вюрцбург. Эксплуатация пути в этих тоннелях дала положительные результаты, достаточные для принятия решения об использовании пути только плитной конструкции в тоннелях любой протяженности. Путь другой усовершенствованной конструкции Rheda Berlin HGV, в которой использованы железобетонные блоки со стальными поперечными брусьями, замоноличенными в железобетонном коробе, уложен на линии Ганновер — Берлин, где также хорошо зарекомендовал себя. На линии Кёльн — Франкфурт есть участки, где использованы различные модификации пути типа Rheda, а также типа Züblin, каждая из которых представляет дальнейшее развитие исходной модели в отношении конструкции или технологии укладки. На новой линии Нюрнберг — Ингольштадт уложен путь плитной конструкции двух типов: Rheda 2000 (железобетонные блоки с решетчатым армированием, замоноличенные в железобетонном коробе, рис. 3) и Bögl (сборные железобетонные плиты, рис. 4).

Как и ожидалось, опыт железных дорог Германии по эксплуатации отмеченных моделей оказался положительным. Путь хорошо сохраняет геометрические характеристики, в том числе в вертикальной плоскости, и не претерпевает никаких изменений под действием нормальных эксплуатационных нагрузок. На линии Кёльн — Франкфурт положение пути потребовалось исправлять только в одном месте. Упругое вертикальное смещение рельсов под действием статической колесной нагрузки величиной 10 т изменялось в диапазоне от 1,3 до 1,6 мм. Упругость больше и равномернее, чем в случае обычного пути на балласте. Образование пустот невозможно. Стрелочные переводы хорошо интегрируются в путь на плитном основании благодаря, в частности, их упругости.

Рельсы, используемые в пути на плитном основании, как и любые другие, подлежат шлифованию че-

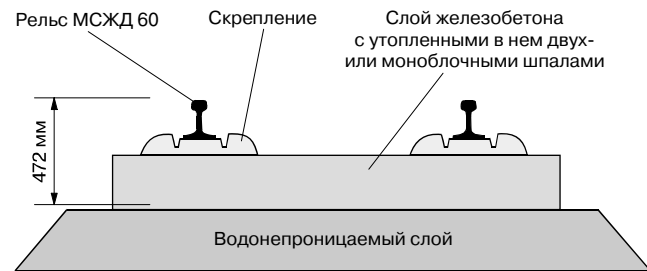


Рис. 3. Путь плитной конструкции Rheda 2000

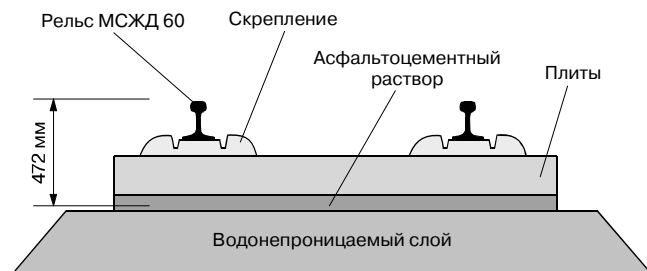


Рис. 4. Путь плитной конструкции Bögl

рез определенные промежутки времени. Помимо единичных выправок по уровню, ни один из эксплуатируемых участков пути на плитах не требовал дополнительных работ по текущему содержанию, кроме обычных.

Ведущиеся долгосрочные наблюдения должны выявить направления дальнейшего снижения текущих издержек. Полагают, что для пути на плитном основании можно будет уменьшить частоту визуальных осмотров и проходов путеизмерительных вагонов — основания для этого дает хорошее качество сохранения геометрии пути. Этим также объясняется высокая плавность хода. Опыт, однако, показал также значение одного важного предварительного условия: в процессе изготовления элементов плитной конструкции пути и их укладки должно быть обеспечено устойчиво высокое качество, что требует постоянного контроля.

В будущем использование пути на плитном основании в силу его технико-экономических преимуществ будет расширяться именно на линиях высокоскоростных с большой интенсивностью движения и грузовых с высокими осевыми нагрузками. DBAG занимают в настоящее время лидирующее положение и оказывают заметное влияние на развитие конструкций плитного пути и их применение. Другие железные дороги могут использовать их опыт.