

## **Конструктивные особенности верхнего строения пути метрополитена. Варианты**

Устинович А.В., Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

*Исходя из требований действующих технических нормативно-правовых актов, а также опыта использования определены основные требования и параметры, предъявляемые к конструкции верхнего строения пути метрополитена и отдельным его элементам.*

*В ходе работы были рассмотрены различные виды и конструкции верхнего строения пути метрополитена, определены их достоинства и недостатки. Так же были изучены различные типы рельсовых скреплений.*

Во всём мире применялось и применяется огромное количество различных видов и типов верхнего строения пути метрополитена. На смену устаревшим конструкциям приходят новые. В этом направлении непрерывно ведутся исследования и разработки.

Разрабатываются и испытываются новые рельсовые скрепления, рельсовые основания (блоки, шпалы), проектируются новые конструкции верхнего строения пути позволяющие удовлетворять высокие требования к комфорту работы и проживания вблизи объектов метрополитена.

Во время эксплуатации и исследований выявляются новые требования, разрабатываются новые методики проведения испытаний, что позволяет совершенствовать метрополитен и его отдельные конструкции.

### ***Типовая конструкция пути метрополитена***

При строительстве станций и перегонных тоннелей Минского метрополитена вплоть до 2014 года применялась конструкция верхнего строения пути с использованием деревянной шпалы, замоноличенной в путевой бетон (рисунок 1 [1]).

В перегонных тоннелях используются цельные деревянные шпалы, пересекающие лоток, что создаёт дополнительные трудности при работе по очистке лотковой зоны. На путях, расположенных вдоль платформ установлены полушпалы, что позволяет осуществлять беспрепятственную чистку лотка. Даная конструкция пути считается неремонтопригодной [1]. Деревянные шпалы подвержены гниению и растрескиванию, что сопровождается отслоением от путевого бетона [2].

Также недостатком пути на деревянных шпалах являются невысокие характеристики по гашению шума и вибрации от проходящего подвижного состава.

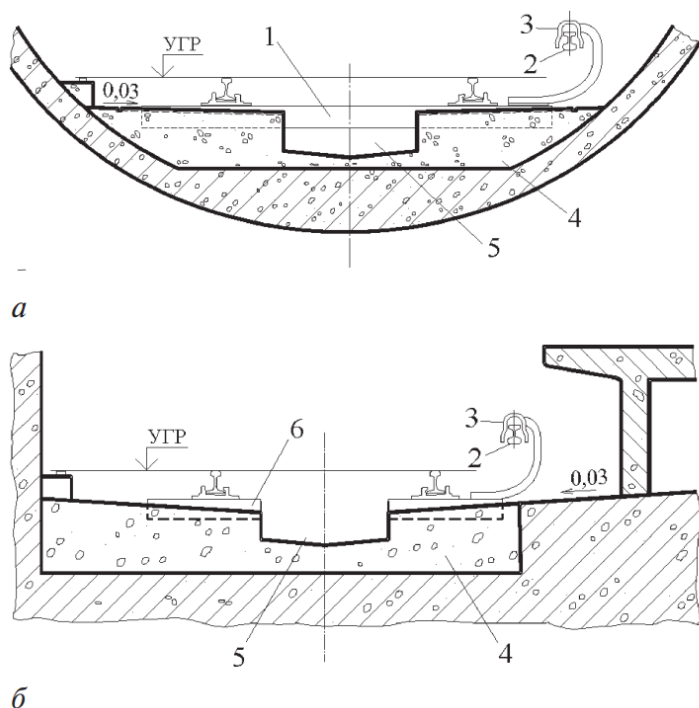


Рис. 1. Путь метрополитена на деревянных шпалах:

- а – в перегонных тоннелях; б – у пассажирских платформ; 1 – цельная деревянная шпала; 2 – контактный рельс с защитным кожухом; 3, 4 – путевой бетон; 5 – водоотводной лоток; 6 – деревянная полшпала

С деревянными шпалами применяется раздельное безрезьбовое соединение типа «Метро» (рисунок 2 [1]). Между стержнем маятникового штыря с одной стороны, «лапой» – с другой и подошвой рельса предусмотрен зазор, обеспечивающий свободное положение рельса на подкладке.

Конструкция пути на деревянных шпалах из-за излома шурупов характеризуется высокими эксплуатационными затратами. Так же по опыту эксплуатации деревянных шпал в Минском метрополитене, ресурс их составляет не более 15 лет.

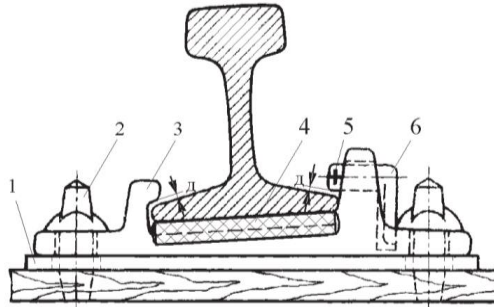


Рис. 2. Промежуточное крепление типа «Метро»:  
 1 – напальная прокладка; 2 – шуруп; 3 – подкладка;  
 4 – подрельсовая прокладка; 5 – шплинт; 6 – маятниковый штырь

### ***Виброзащитная конструкция пути с виброизоляционными железобетонными блоками типа EBS***

В данной конструкции пути ходовые рельсы крепятся при помощи крепления типа Vossloh W21 (рисунок 3) к монолитному в путевой бетон блоку железобетонному виброизоляционному типа EBS (Embedded Block System) (рисунок 4). Фиксация рельса установленного на подрельсовую прокладку 1 осуществляется при помощи клеммы упругой 3, усилие прижатия обеспечивается путевым шурупом 4. Регулировка положения рельса в плане осуществляется при помощи замены комплектом углаправляющих плит 5. Крепление типа Vossloh W21 позволяет так же осуществлять регулирование положения рельса по высоте при помощи установки специальных подрельсовых прокладок [2].

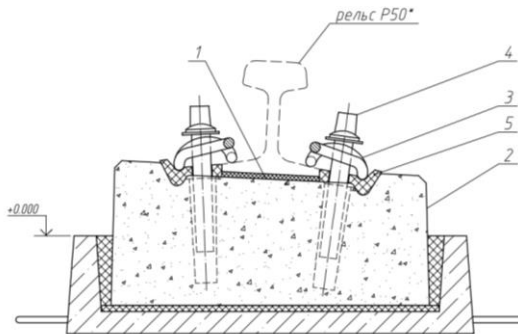


Рис. 3. Установка рельса при помощи крепления Vossloh W21  
 1 – подрельсовая прокладка; 2 – блок железобетонный виброизоляционный;  
 3 – клемма упругая; 4 – шуруп путевой; 5 – плита углаправляющая

Рельсовое крепление типа Vossloh W21 имеет ряд достоинств:

1. Существует возможность произвести в короткие сроки замену любого элемента крепления. Разработчиком крепления разработана технология замены пластикового дюбеля.
2. Позволяет производить регулировку рельса в широком диапазоне;
3. Зарекомендовала себя как надёжная система во многих странах мира;
4. Все элементы имеют высокие эксплуатационные характеристики;
5. Одно из немногих крепления имеет обязательные сертификаты и декларации, действующие на территории Республики Беларусь, в соответствии с техническим регламентом.

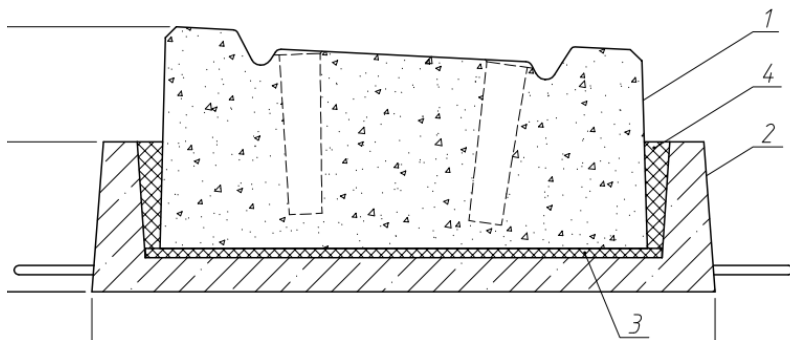


Рис. 4. Блок железобетонный виброизоляционный:

- 1 – блок опорный железобетонный; 2 – лоток железобетонный;  
3 – прокладка виброизоляционная; 4 – эластичная заливочная масса

Сам блок железобетонный виброизоляционный представляет собой сборную конструкцию, в которой на дно лотка железобетонного 2 укладывается виброизоляционная прокладка 3, блок опорный железобетонный 1 устанавливается на виброизоляционную прокладку, а зазор заполняется эластичной заливочной массой 4.

Эффект виброгашения достигается за счёт применения виброизоляционной прокладки. При выборе её физико-механических характеристик необходимо учитывать следующие требования:

- Расчётную величину виброгашения.
- Величину деформации прокладки, вызванной нагрузкой от подвижного состава.

При действии нагрузки происходит вертикальное перемещение ходового рельса совместно с блоком опорным. Эта величина строго регламентирована. И при подборе материала виброизоляционной прокладки и эластичной заливочной массы необходимо учитывать их совместную работу.

Так как виброизоляционная прокладка является дорогим компонентом блока железобетонного виброизоляционного и её стоимость увеличивается при повышении виброизоляционных характеристик. Таким образом в зависимости от прогнозируемой величины виброгашения на отдельных участках трассы метрополитена можно применять виброизоляционные прокладки с различными характеристиками, тем самым существует возможность уменьшать стоимость строительства.

Блоки железобетонные виброизоляционные имеют также ряд недостатков:

- В следствии не соблюдения технологии изготовления возможно отслоение эластичной заливочной массы от поверхности бетонных изделий.
- В случае повреждения повреждая блока железобетонного опорного процесс его замены достаточно трудоёмкий и включает в себя так же замену эластичной заливочной массы.
- В случае ошибки при проектировании произвести замену виброизоляционной прокладки в уже смонтированных блоках на всём протяжении пути – дорогостоящее мероприятие и фактически не осуществимое.
- Блок имеет массу порядка 85 кг, что затрудняет монтаж блока вручную и требует применения средств малой механизации.

Ещё одной бесшпальной конструкцией верхнего строения пути метрополитена является конструкция с использованием в качестве подрельсового основания, блоков опорных железобетонных с рельсовым скреплением Vossloh 300 UTS (рисунок 5).

Конфигурация блока опорного железобетонного может быть различной, в зависимости от технологических требований к изготовлению, монтажу. Единственным неизменным элементом конструкции является конфигурация и габаритные размеры подрельсовой площадки.

Рельсовое скрепление Vossloh 300 UTS обладает аналогичными характеристиками, что и описанное выше Vossloh W21. Дополнительным плюсом конструкции является верхнее расположение (над железобетонным опорным блоком) эластичной плиты, предназначенной для гашения вибраций создаваемых подвижным составом метрополитена. При необходимости возможно применение эластичных плит с различными виброгасящими характеристиками.

Система рельсового скрепления имеет следующие достоинства:

- не требует регулярного технического обслуживания;
- позволяет регулировать высоту. Регулировка по высоте осуществляется при помощи уравнивающих пластин;
- позволяет осуществлять регулировку колеи  $\pm 16$  мм с шагом 2,5 мм, путем применения различных углонаправляющих плиток;

- обладает полной электрической защитой. Электроизоляция рельсовой нити осуществляется за счет полимерного дюбеля, замоноличенного в бетонную опору, углонаправляющей плиты, рельсовой и эластичной прокладок;

- является полностью ремонтпригодным с использованием минимальных трудозатрат. Все компоненты крепления заменяемы, включая, в том числе и дюбеля в бетонных опорах (полушпалах);

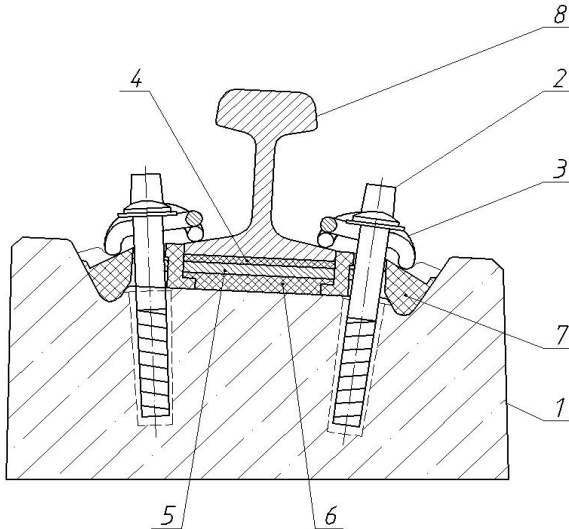


Рис. 5. Блок опорный железобетонный с рельсовым креплением Vossloh 300 UTS:  
1 – блок опорный железобетонный; 2 – рельсовый шуруп; 3 – клемма упругая;  
4 – прокладка подрельсовая; 5 – плита опорная; 6 – плита эластичная;  
7 – плита углонаправляющая; 8 – рельс R50

Безбалластный путь LVT (Low Vibration Track) включает в себя блочную опору в виде железобетонной полушпалы установленной в резиновый чехол на дно которого укладывается амортизационная прокладка (рисунок 6 [3]), в качестве крепления рельса используется рельсовое крепление типа Vossloh W30. В качестве несущей конструкции используется неармированный бетон.



Рис. 6. Безбалластный путь LVT

Резиновый чехол, как и амортизационная прокладка также участвует в виброгашении, снижает уровень шума и фактически выполняет функцию опалубки при погружении блока в путевой бетон. В отличие от блока типа EBS блок в резиновом чехле является разборной конструкцией и позволяет с лёгкостью заменить любой элемент блочной системы без разрушения путевого бетона, что позволяет значительно сократить время ремонтных работ.

При правильном проектировании блока, его конструкции и габаритных размеров, существует возможность его применения при ремонте пути метрополитена на деревянных шпалах. Монтаж блока вместо деревянной шпалы осуществляется без нарушения целостности путевого бетона.

«За 30 лет эксплуатации LVT в Европе не потребовалось замены ни одного элемента системы. Такие решения выбираются для очень ответственных участков железнодорожного пути. Например, конструкции LVT использованы в Лечбергском тоннеле в Альпах. Его протяженность составляет 34,6 км, а интенсивность движения – 110 поездов в сутки. Путь LVT укладывается и в Готардском тоннеле, длина которого будет составлять 57 км. Эта технология использована и в тоннеле под Ла-Маншем длиной около 51 км, из которых 39 км находятся под проливом» [4].

Железобетонная полушпала может комплектоваться различными типами рельсового скрепления.

На рисунке 7 [1] показана схема поперечного сечения бесшпального пути на эластичных опорах, разработанная ОАО «Минскметропроект».

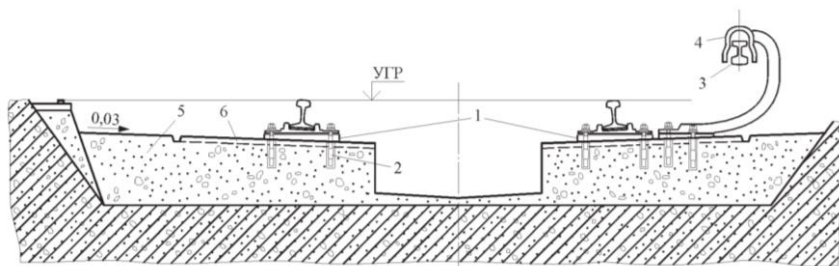


Рис. 7. Схема конструкции бесшпального пути на эластичных опорах:  
 1 – литая эластичная опора; 2 – анкерный болт; 3 – контактный рельс;  
 4 – защитный короб; 5 – путевой бетон; 6 – канавка для пропуска воды

Аналогичная конструкция была использована при устройстве опытного участка второй линии Минского метрополитена в перегонном тоннеле ст. Петровщина – ст. Малиновка.

В конструкцию узла скрепления ходовых рельсов включает [5]:

- Ходовой рельс Р50;
- Прокладка под подошву рельса типа Р50;
- Стальная прокладка;
- Клемма пружинная;
- Втулка изолирующая с эксцентриком;
- Прокладка под подкладку 400x140x3 мм, изготовленная из двухкомпонентного полиуретанового материала Icosit КС 340/7;
- Два болта для скрепления подкладки через эластичную опору с бетоном.

Упругое соединение бесшпального пути на эластичных опорах представлено на рисунке 2.8. Рельс укладывается на металлическую прокладку 10 и прижимается при помощи пружинных клемм 14 и клеммных болтов 12 с шайбами 9 и гайками 13. Под подошву рельса и металлической прокладки 10 укладываются подрельсовая 11 и регулировочная 5 прокладки соответственно.

Пружина 7 позволяет рельсу перемещаться с металлической подкладкой 10 в вертикальной плоскости и возвращаться в исходное положение без нарушения стабильности эластичных опор 4, поддегивания анкерных болтов 8 и образования остаточных деформаций в зоне прикрепителя.

В то же время, несмотря на эффективное снижение шума и вибраций, данная конструкция требует высокой точности укладки путевого бетонного слоя и отличается значительной трудоемкостью работ по устройству литых эластичных опор.



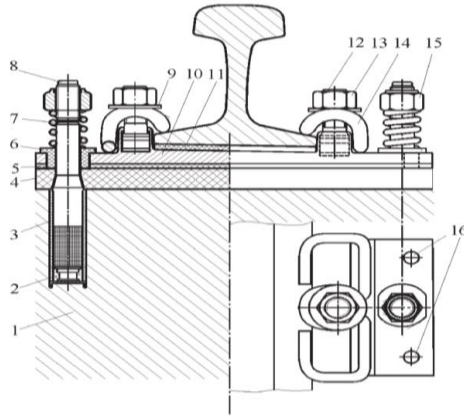


Рис. 8. Схема упругого скрепления бесшпального пути метрополитена на эластичных опорах: 1 – путевой бетон; 2 – кольцо центрирующее; 3 – изолирующая клемма; 4 – эластичная опора; 5 – регулировочная прокладка; 6 – втулка изолирующая с эксцентриком; 7 – пружина; 8 – анкерный болт; 9 – шайба; 10 – металлическая прокладка; 11 – подрельсовая прокладка; 12 – клемма самоконтрящаяся; 13 – гайка; 14 – клемма пружинная; 15 – гайка самоконтрящаяся; 16 – технологические отверстия для заливки материала эластичной опоры

### Литература

1. ТКП 45-3.03-238-2011. Тоннели и метрополитены. Правила устройства – Взамен СНБ 3.03.07-98; Введ. 01.11.2011. – Минск: Стройтехнорм, 2012. – 151 с.
2. ТКП 45-3.03-115-2008. Метрополитены. Строительные нормы проектирования – Введён впервые; Введ. 01.07.2009. – Минск: Стройтехнорм, 2009. – 170 с.
3. Бочкарёв Д.И., Кебиков А.А. и др. Современное состояние и перспективы развития конструкций пути для метрополитена // Механика машин, механизмов и материалов – 2012. – №2. – С 94–99.
4. Колодкин М.Н., Зайцев А.А. Перспективные конструкции пути в метрополитене // Транспорт Российской Федерации – 2012. – №3-4. – С 74.
5. Савин А.В. Выбор конструкции безбалластного пути / Проблемы проектирования, строительства, диагностики и технического содержания объектов железнодорожного транспорта. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чита, 2013. – С.19-25.
6. Василевич Ю.В., Кириленко А.Т. и др. Виброзащита верхнего строения пути метрополитена // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт – 2016. – № 1. – С 298–300.