



Путь с лежнями для тоннелей метрополитенов



Николай КРАВЧЕНКО
Nikolay D. KRAVCHENKO

Галина КРАВЧЕНКО
Galina M. KRAVCHENKO



Кравченко Николай Дмитриевич — доктор технических наук, доцент Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ), Москва, Россия.

Кравченко Галина Михайловна — кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиноведение, проектирование, стандартизация и сертификация» МИИТ, Москва, Россия.

Track on Longitudinal Concrete Beams for Metro Tunnels

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 48)

Изложены конструктивные особенности и технология устройства виброзащитного пути, в котором в качестве подрельсового основания используются продольно ориентированные железобетонные балки, называемые лежнями. Показаны преимущества этой конструкции по существенным показателям в сравнении с другими конструкциями, применяемыми в метрополитене.

Ключевые слова: метрополитен, тоннель, виброзащитный путь, лежни, регулировка, ширина колеи, рельсовое скрепление.

С увеличением объемов строительства метрополитенов в городах страны предпочтение при благоприятных условиях отдается вариантам мелкого заложения, которые не менее чем в три раза дешевле проектов глубокого заложения. Но на сооружения, расположенные на поверхности тоннеля мелкого заложения, передаются значительные вибрации от проходящих поездов, негативно влияющие на их прочностные показатели и состояние здоровья людей, проживающих в домах вблизи от трассы метро [1].

Ещё в советское время в соответствии с постановлением Госстроя СССР тогдашнему МПС (в тот период метрополитены были в подчинении этого министерства) поручалось организовать разработку конструкции виброзащитного пути для подземных тоннелей. Во ВНИИЖТ организовали лабораторию с целевым заданием. В итоге виброзащитный путь с лежневым железобетонным подрельсовым основанием (сокращённо ВЗЛП) был разработан [2, 3].

Полигонные испытания ВЗЛП проведены в условиях экспериментального кольца ВНИИЖТ, а эксплуатационные — в кривых радиуса 500 м Киевского метро-

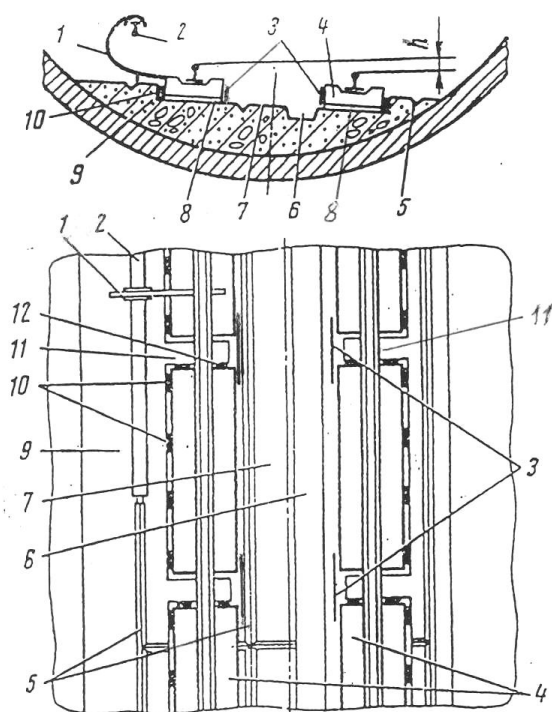


Рис. 1. Общая схема виброзащитного пути с лежневым железобетонным подрельсовым основанием:
 1 – кронштейн контактного рельса; 2 – контактный рельс (с защитным коробом); 3 – съёмные боковые накладки; 4 – железобетонные лежни; 5 – водосборные канавки; 6 – водоотводный лоток; 7 – пешеходная дорожка; 8 – подлежащие амортизирующие прокладки; 9 – путевой бетонный слой; 10 – боковые амортизирующие прокладки; 11 – продольные упоры; 12 – амортизирующая прокладка продольного упора; *h* – возвышение наружного рельса.

политена [3]. На основании положительных результатов опытные участки конструкции виброзащитного пути перевели при приёмке в постоянную эксплуатацию из разряда опытных в разряд типовых. Специалисты Киевского метрополитена полностью отказались от дальнейшего использования в тоннелях-новостройках деревянных шпал. Вместо пути с деревянными шпалами начали строить ВЗЛП.

В 2000 году Новосибирский метрополитен освоил виброзащитный путь с возможностью использования в тоннелях как мелкого, так и глубокого заложения. И с учетом более раннего киевского и новосибирского опыта в 2003 году Госстрой России окончательно утвердил виброзащитный путь как универсальный по уровням заложения.

На рис. 1 приведен общий вид ВЗЛП, который принципиально отличается от отечественных и зарубежных конструкций тем, что в качестве подрельсового основания, отдельно для каждой рельсовой нити, используются продольно ориентированные железобетонные балки, называемые лежнями. К ним промежуточными рельсовыми скреплениями прикреплены рельсы.

Лежни не имеют жесткой связи с подлежащим основанием и между собой в поперечном горизонтальном направлении. Это

и обеспечивает отдельно каждой рельсовой нити вместе с лежнями возможность свободного перемещения в поперечном горизонте.

Перемещению лежней вместе с рельсами в продольном направлении оказывают сопротивление продольные упоры, которые размещены отдельно под каждой рельсовой нитью между торцами соседних лежней и постоянно находятся в жесткой связи с подлежащим основанием.

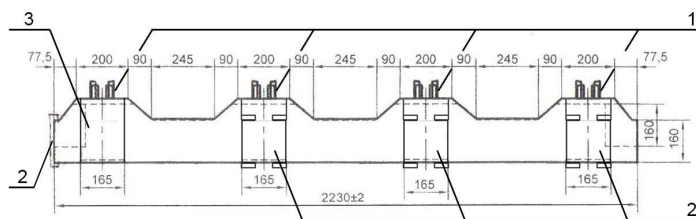
ОАО «Метрогипротранс» в 1993 году по техническому заданию ВНИИЖТ и при непосредственном его участии, а также опыту Киева разработал проектную документацию ВЗЛП для тоннелей столичного метро. Она была утверждена в конце декабря руководством Московского метрополитена.

Однако вскоре «Метрогипротранс» принял другой вариант пути, предложенный московской фирмой «АБВ» без технико-экономического обоснования. Виброзащитный путь ВЗЛП [5], тем не менее, выгодно отличается от пути фирмы «АБВ» по следующим показателям [6, 7]:

- продлением жизненного цикла железобетонных лежней до 70 лет;
- снижением не менее чем в 3,8 раза (в ценах 2006 года) стоимости элементов верхнего строения пути;



Рис. 2. Железобетонный лежень в сочетании с анкерным безрезьбовым рельсовым промежуточным креплением АРС:
 1 – металлические анкера крепления АРС;
 2 – унифицированные прокладки амортизирующие на контакте с боковыми и продольными упорами;
 3 – площадка для размещения прокладки.



– исключением вырубки путевого бетонного слоя при замене подрельсового основания (лежней);

– повышением эффективности виброзащиты [8, 9];

– исключением резьбовых соединений в элементах промежуточных рельсовых креплений;

– снижением не менее чем в 4,5 раза трудовых затрат при текущем содержании пути;

– существенным упрощением плавности регулировки ширины рельсовой колеи в переходных кривых;

– использованием только отечественных элементов верхнего строения железнодорожного пути;

– снижением до 7 единиц съёмных деталей в узле крепления АРС против 36 в узле крепления ВГС-2 пути фирмы «АБВ»;

– исключением необходимости утилизации лежней по истечении их жизненного цикла, так как вероятно их применение по другому назначению (возможно, например, устройство вместе со свежеприготовленным бетоном фундаментов некоторых сооружений, пешеходных тротуаров, пешеходных дорожек и др.).

По опыту магистральных железных дорог стоимость утилизации одной железобетонной шпалы обходится в несколько раз дороже стоимости ее изготовления. В Подмоскowie на специально построенном заводе утилизацию железобетонных шпал производят дроблением бетона с целью повторного его использования, например, в качестве основания под щебеночный балласт.

Технология утилизации приводит к образованию весьма измельчённых пылеобразных частиц, распространяющихся в воздухе на большие расстояния от источника дробления бетона. Нахождение людей

в запыленной зоне крайне негативно сказывается на состоянии их здоровья. В настоящее время специалисты предлагают запретить утилизацию шпал методом дробления.

В Объединённом научно-исследовательском и испытательном центре «Перспективные технологии» (МИИТ) разработаны и запатентованы варианты унифицированного виброзащитного пути для двухпутных тоннелей, а также для однопутных и двухпутных мостов [5].

На каждом лежне предусмотрены четыре подрельсовые площадки под рельсы Р65. Расстояние между осями подрельсовых площадок 625 мм выбрано из расчёта эпюры шпал 1600 шт/км как для прямых, так и кривых участков железнодорожного пути. Длина лежня принята 2230 мм, а расстояние между соседними торцами лежней 270 мм, что в совокупности кратно стандартной длине рельсов. Лежни изготавливают из бетона, соответствующего по прочности классу не ниже марки В40.

Боковыми упорами лежней являются бетонные вертикальные поверхности, выступающие от подлежащего основания в сторону верхней поверхности лежней. Армирование боковых упоров производится в увязке с армированием подлежащих площадок. На подлежащих площадках и боковых упорах следует укладывать бетон по прочности не ниже класса В20.

Между лежнями и бетонными продольно-боковыми упорами предусмотрена установка унифицированных амортизирующих электроизолирующих прокладок. Места их размещения приведены на рис. 1 и 2. Общий вид в боковых и продольных направлениях унифицированных амортизирующих электроизолирующих прокладок представлен на рис. 3. По направлению движения графических пассажирских поездов унифицированные амортизирующие

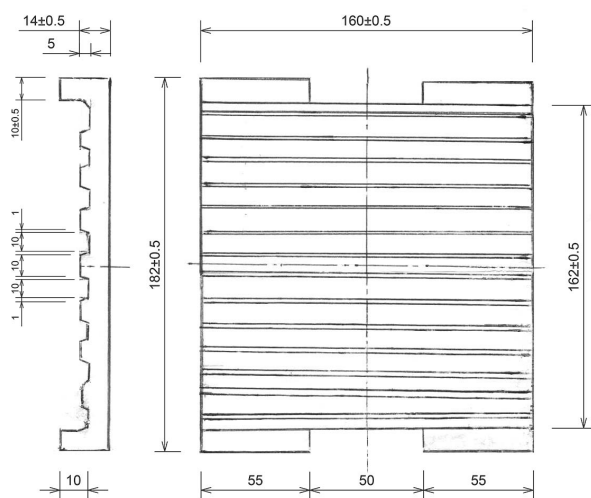


Рис. 3. Общий вид унифицированных электроизолирующих прокладок, предназначенных для установки между боковыми, продольными упорами и лежнями.

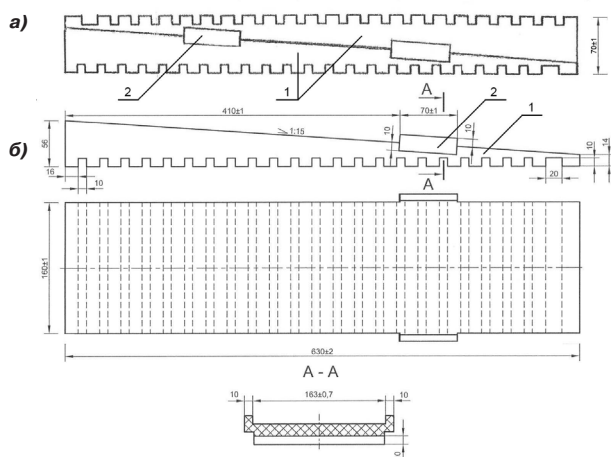


Рис. 4. Общий вид подлежащей амортизирующей прокладки (а) и клинообразного электроизолирующего элемента подлежащей прокладки (б): 1 – клинообразный элемент подлежащей прокладки; 2 – приливы.

прокладки размещают между первыми торцами лежней и продольными упорами.

В качестве промежуточного рельсового крепления предусмотрено бесподкладочное безрезьбовое анкерное крепление АРС, получившее широкое распространение в пути с железобетонными шпалами магистральных железных дорог России.

В нижней поверхности каждого лежня под подрельсовыми площадками на всю его ширину предусмотрены 10-миллиметровые углубления шириной 165 мм для размещения в этих зонах электроизолирующих амортизирующих подлежащих прокладок. Каждая прокладка состоит из двух однотипных клинообразных элементов (рис. 4). С целью исключения при эксплуатации смещения в продольном направлении одного клинообразного элемента относительно другого со стороны

боковых удлиненных их поверхностей предусмотрены приливы. Для исключения перемещения одного элемента относительно другого их необходимо устанавливать под лежнем так, чтобы со стороны оси пути располагалась утонченная торцевая часть первого (нижнего), а также утолщенная часть второго (верхнего) клинообразных элементов.

Материалом для изготовления клинообразных элементов подлежащих амортизирующих прокладок является специально подобранная по показателям твердости, жесткости, прочности и испытанная в лабораторных условиях электроизолирующая резина.

В зоне обеих рельсовых нитей со стороны оси пути в местах продольных упоров ставят прижимные накладки. Их используют для прижатия в поперечном горизон-



тальном направлении лежней к боковым упорам.

Стабильное положение прижимных накладок при эксплуатации может обеспечиваться с использованием устройств с резьбовыми или безрезьбовыми соединениями.

На рис. 5 представлен общий вид ВЗЛП в сочетании с резьбовым промежуточным рельсовым скреплением ЖБР на перегоне между ст. Шипиловская и ст. Зябликово Московского метрополитена. Скрепление ЖБР, как и АРС, получило широкое распространение [10] в пути с железобетонными шпалами магистральных железных дорог России. Однако безрезьбовое крепление АРС выгодно отличается от резьбового скрепления ЖБР.

В соответствии с пунктом 5.7.3 СНиП 32–02–2003 «Метрополитены» нормативами предусмотрено, что ширина рельсовой колеи должна составлять, в мм:

• на прямых и кривых участках радиусом 1200 м и более	1520
• на кривых участках радиусом от 600 до 1200 м	1524
• то же от 400 до 600 м	1530
• от 125 до 400 м	1535
• от 100 до 125 м	1540

При этом отклонения от нормы ширины колеи на прямых и кривых участках не должны превышать 2 мм.

Известно, что в кривых участках пути износ боковой рабочей поверхности головки рельсов происходит главным образом по наружной рельсовой нити [11].

При нынешних максимальных скоростях движения поездов метрополитенов плавность отвода ширины рельсовой колеи не должна превышать 1 мм на 1 погонный метр рельсовой нити. В этих случаях отвод плавности ширины колеи не более 2 мм на погонный метр пути целесообразно производить по одной наружной рельсовой нити. Причем в виброзащитном пути не требуется установка в узлах скрепления регулировочных прокладок.

В пути с известными железобетонными подрельсовыми основаниями [12, 13] обес-

печивать названный отвод ширины рельсовой колеи с принятой плавностью — как на уширение, так и на сужение по приведенному образцу с использованием разнотипных по размеру регулировочных прокладок — практически не представляется возможным.

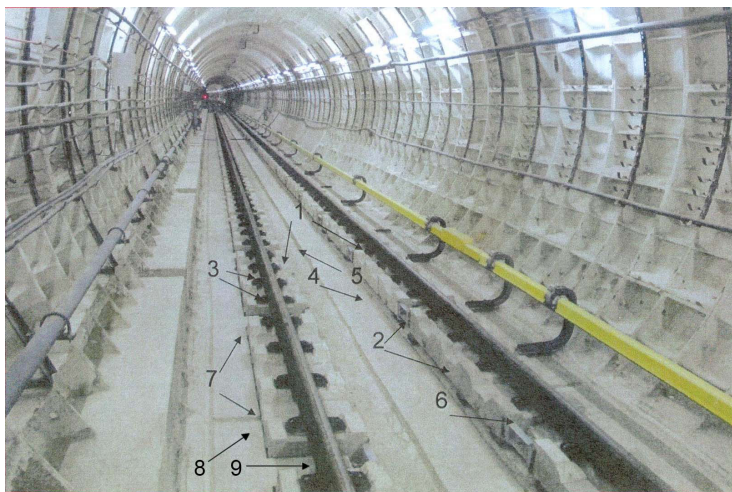
К сожалению, при строительстве и эксплуатации пути обычно переходят напрямую к ширине рельсовой колеи в соответствии с данными пунктов СНиП 32–02–2003. Игнорирование нормативных данных по отводам ширины рельсовой колеи, переводных и круговых кривых приводит к чрезмерно большой интенсивности износа боковой рабочей поверхности головки рельса и гребней колес подвижных составов.

Виброзащитный путь с лежневым железобетонным подрельсовым основанием (ВЗЛП) существенно упрощает регулировку ширины рельсовой колеи с нормируемым отводом не более 1 мм на погонный метр пути (при отводе одной рельсовой нити). При лежневом подрельсовом основании плавность отвода обеспечивается перемещением лежней вместе с рельсами в поперечном горизонтальном направлении на нужные величины перемещений рельсовых нитей.

Специалистами научно-исследовательского и испытательного центра «Перспективные технологии» запатентована технологическая последовательность осуществления плавного отвода ширины рельсовой колеи при использовании подрельсового основания в виде железобетонных лежней [5].

С учётом изложенного пункт 5.7.3 СНиП 32–02–2003 «Метрополитены» следует отменить как не соответствующий возможности отвода ширины рельсовой колеи с нормируемой величиной [7]. Виброзащитный путь позволяет обеспечить регулировку ширины рельсовой колеи с нормируемым отводом не более 2 мм на погонный метр по оси пути при максимально допускаемых скоростях движения поездов в отечественных метрополитенах.

Отвод ширины рельсовой колеи в переходных кривых следует начинать с ширины колеи 1520 мм от начала первой (по проекту) переходной кривой и далее с нормируемым отводом уширения до начала круго-



**Рис. 5. Общий вид
виброзащитного
пути с лежневым
железобетонным
подрельсовым
основанием на перегоне
от ст. Шипиловская
до ст. Зябликово
Московского метрополитена:**
1 – железобетонные лежни;
2 – амортизирующие
подлежневые прокладки;
3 – промежуточное
рельсовое скрепление ЖБР;
4 – пешеходная дорожка;
5 – водоотводный лоток;
6 – боковая прижимная
накладка; 7 – боковая
амортизирующая
прокладка; 8 – боковой
упор; 9 – продольный упор.

вой кривой в соответствии с проектом. На всей длине круговой кривой ширина рельсовой колеи постоянна. С конца круговой кривой и до конца второй переходной кривой – сужение рельсовой колеи с нормируемым отводом и выходом на прямой участок пути.

Представленная конструкция виброзащитного пути обеспечивает снижение уровня вибрации на 18 дБ. И есть ресурс, который позволяет снизить уровень вибрации ещё на 3–4 дБ.

Кроме того, в зонах перехода с податливого пути с земляным полотном на податливый виброзащитный путь динамическая нагрузка на элементы пути и подвижного состава снижается не менее чем в 1,5 раза по сравнению с переходом на жёсткий путь тоннеля или моста.

Названные в статье аргументы, полагаем, свидетельствуют о целесообразности более полного использования конструкции ВЗЛП в метрополитенах.

ЛИТЕРАТУРА.

1. СН 2.2.4/2.1.8 566–96. Санитарные нормы. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданиях / 2.2.4. Физические факторы производственной среды; 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды.
2. Кравченко Н. Д. Новые конструкции железнодорожного пути для метрополитенов. – М.: Транспорт. – 1994. – 143 с.
3. Кравченко Н. Д. Выбор рациональной конструкции подрельсового основания для специфических условий эксплуатации железнодорожного пути // Линия жизни профессора В. Ф. Яковлева / Под ред. В. А. Сидякова. – М.: Интекст, 2006. – С. 262–272.

4. Карпушенко Н. И., Величко Д. В. Обеспечение надежности железнодорожного пути // Труды СГУПС. – Новосибирск, 2008. – 128 с.

5. Патент 2415987. Российская Федерация. МПК E01B2/00. Железнодорожный путь для мостов и тоннелей / Кравченко Н. Д., Круглов В. М., Аксенов Ю. Н., Богачев А. Ю. Зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 10.04. 2011.

6. Кравченко Н. Д., Башлыков А. В., Курило Ю. А. Малообслуживаемый железнодорожный путь наземных участков с железобетонным основанием для промышленного транспорта // Промышленный транспорт XXI. – 2013. – № 1. – С. 45–48.

7. Гусев Б., Кравченко Н., Кравченко Г. Виброзащитный железнодорожный путь для скоростного городского транспорта // Труды конференции AFES2005, 23–30 March. – International academy of engineering, Russian academy of engineering, Prydniprovsky center of international academy of engineering, Hong Kong polytechnic university, city university of Hong Kong, Hong Kong university of science engineering, Hong Kong, SAR China. – 2005. – С. 174–179.

8. Коган А. Я. Аналитическая оценка уровня вибраций пути под проходящими поездами, сформированными из однотипных экипажей // Вестник ВНИИЖТ. – 2013. – № 3. – С. 3–10.

9. Ромен Ю. С. Факторы, обуславливающие процессы взаимодействия системы колесо-рельс при движении поезда в кривых // Вестник ВНИИЖТ. – 2015. – № 1. – С. 17–26.

10. Евдокимов Б. А. Влияние жесткости скреплений на стабильность пути в зоне стыков // Линия жизни профессора В. Ф. Яковлева / Под ред. В. А. Сидякова. – М.: Интекст, 2006. – С. 245–256.

11. Яковлев В. Ф., Андреева Л. А., Дудкин Е. П., Козловский М. Ю. Определение параметров рельсовой колеи в кривых малого радиуса // Линия жизни профессора В. Ф. Яковлева / Под ред. В. А. Сидякова. – М.: Интекст, 2006. – С. 200–203.

12. Лысюк В. С., Каменский В. Б., Башкатова Л. В. Надежность железнодорожного пути / Под ред. В. С. Лысюка. – М.: Транспорт, 2001. – 286 с.

13. Воробьев Э. В., Никонов А. М., Сеньковский А. А., Ефремов Ю. В., Сидраков Ф. Ф. Техническая эксплуатация железных дорог и безопасность движения. – М.: Маршрут, 2005. – 533 с.

Координаты авторов: **Кравченко Н. Д.** – (495) 684–2159, **Кравченко Г. М.** – kravch_galina@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 20.04.2016, принята к публикации 06.07.2016.

