

# Контактная подвеска жесткого типа на станции Берлин-Главный

Подземные пути новой главной пассажирской станции в Берлине вместо контактной подвески традиционного типа оснащены подвеской с жесткой контактной шиной. Основными доводами в пользу такой конструкции стали габаритные ограничения в тоннелях, а также положительный опыт использования такого технического решения в ряде других стран.

Контактная подвеска с жесткой контактной шиной (рис. 1) применяется, в частности, на железных дорогах Швейцарии и Австрии; так, в Австрии успешно прошли испытания токосъема с контактной подвески подобного типа при движении поезда со скоростью 260 км/ч. В течение более чем 20 лет использование контактной подвески жесткого типа показало себя эффективным при электрификации железнодорожных линий в тоннелях, на мостах, во внутренних помещениях депо и ремонтных предприятий, а также на станциях.

В Берлине в 2006 г. был открыт новый главный вокзал, расположенный неподалеку от рейхстага и посольства Швейцарии. В наземной части комплекса пассажиров впечатляет многоэтажное застекленное здание вокзала с залом овальной формы, но наиболее передовые технические решения использованы при создании подземной части вокзала — на станционных путях, ориентированных с севера на юг. Здесь все пути, стрелочные переводы и глухие пересечения линий вместо традиционной контактной подвески с несущим тросом и контактным проводом оснащены жесткой контактной шиной швей-

царской конструкции с верхним расположением. Это не только элегантный и эстетичный способ подведения электроэнергии к токоприемникам подвижного состава — данная конструкция отличается также высокой экономичностью, надежностью, эксплуатационной готовностью, ремонтпригодностью, безопасностью и долговечностью, полностью соответствуя требованиям стандарта EN 50126 (Германия), регламентирующего указанные параметры.

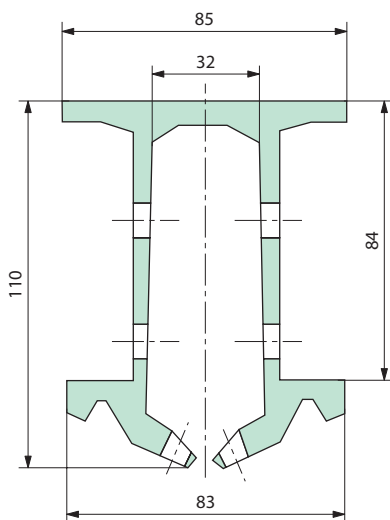


Рис. 1. Поперечное сечение жесткой контактной шины

## Характеристики подвески с контактной шиной

*Надежность и эксплуатационная готовность.* Контактная подвеска рассматриваемого типа отличается высокой степенью стабильности. Она не подвержена отклонениям и колебаниям, вызываемым боковым ветром, и вертикальному смещению под воздействием силы контактного нажатия токоприемника, а также не требует применения компенсирующих устройств, как контактная подвеска традиционного типа. Еще в 1984 г. испытания, проведенные на Федеральных железных дорогах Швейцарии (SBB), показали, что даже при разрушении изолятора алюминиевая шина оказывается достаточно прочной, чтобы оставшиеся части консоли не повредили полз токоприемника. Даже дефектный токоприемник не может повредить контактную шину. Сравнение относительной частоты случаев повреждения контактных шин и традиционных контактных проводов свидетельствует о значительно более высоких показателях надежности и эксплуатационной готовности первых.

*Ремонтпригодность.* Воздушная контактная подвеска жесткого типа требует весьма незначительного технического обслуживания. Соответствующие операции ограничиваются:

- чисткой изоляторов в местах с загрязненной окружающей средой, как, впрочем, и на любой высоковольтной линии;
- регулировкой высоты и зигзага шины, которую следует осуществлять только при изменении положения пути.

Проверки и регулировки компенсирующих устройств не требуются ввиду их отсутствия. Подвеска состоит из массивных и прочных элементов, не имеет чувствительных проводов и тросов. Благодаря отсутствию натяжных устройств допустимый износ контактной шины

по критериям прочности может достигать 50% и даже более, тогда как износ обычного контактного провода не должен превышать 25–30%.

Проведение работ по техническому обслуживанию и ремонту облегчается и упрощается благодаря следующим факторам:

- регулировать высоту и зигзаг шины в нужном месте можно с минимальным воздействием на смежные пролеты;
- в случае короткого замыкания на локомотиве требуется замена только небольшого участка контактной шины, что может быть сделано быстро и легко;
- роль секционных изоляторов могут выполнять короткие промежутки между расположенными внахлест смежными участками контактной шины.

**Безопасность.** Контактная шина способна выдерживать ударные воздействия поврежденных токоприемников электроподвижного состава. Она обладает также тем преимуществом, что, когда на локомотиве происходит короткое замыкание, контактная шина, даже если она подвергается локальному перегреву или расплавлению, остается на своем месте, поскольку надежно прикреплена к алюминиевому профилю.

Стандарт EN 50122-1, относящийся к обеспечению безопасности и заземлению стационарных электроустановок, определяет понятие «зона контактной сети» как область, в которой возможен контакт с находящимися под напряжением элементами поврежденной контактной сети. В случае контактной подвески традиционного типа оборванные провода под воздействием усилий, создаваемых компенсирующими устройствами, могут скручиваться и выходить за пределы полосы отвода. При этом ширина зоны контактной сети может увеличиться до 5 м в каждую сторону от оси пути, а с внутренней стороны кривой — даже больше. В случае же ослабления

контактной шины единственное, что может произойти, — это ее излом или падение вниз только в вертикальной плоскости, без отклонений по горизонтали. Поэтому ширина зоны контактной сети в таком случае может быть ограничена шириной зоны токоприемника.

При возникновении возгорания на подвижном составе должны быть приняты все меры для того, чтобы остановить поезд вне тоннеля. Поэтому важно, чтобы контактная сеть оставалась работоспособной как можно дольше. В тоннеле Хагербах вблизи города Зарганс (Швейцария), используемом только для проведения разного рода экспериментов, сравнивали поведение контактной подвески обычного типа и подвески с контактной шиной под воздействием искусственно созданного пожара тепловой мощностью 5 МВт. Контактный провод сечением 107 мм<sup>2</sup> перегорел через 3 мин, сечением 150 мм<sup>2</sup> — через 7 мин, а контактная шина оставалась в работоспособном состоянии даже через 0,5 ч.

Для повышения уровня безопасности при работах на линии алюминиевые профили участков контактной шины должны быть окрашены в тот же цвет, что и на мнемосхеме переключений. Это гарантирует правильную идентификацию изолируемых участков.

### История вопроса

Перечисленные выше факторы не ограничивают круг причин, в соответствии с которыми было принято решение о применении на станции Берлин-Главный контактной подвески жесткого типа. Этому выбору способствовало также отсутствие необходимости в механической компенсации натяжения проводов. Предпочтение было отдано подвеске, разработанной компанией Furrer+Freu (Швейцария), поскольку она соответствует общеевропейским требованиям по тех-

нико-эксплуатационной совместимости (TSI), подтвержденным уполномоченным в данной сфере органом в Германии — EisenbahnCert.

В Швейцарии история применения контактной подвески жесткого типа началась более 20 лет назад, когда железные дороги этой страны согласились провести испытания такой подвески на новой в то время станции Опфикон городской железной дороги Цюриха. Тогда было доказано, что непосредственный переход от обычной подвески с контактным проводом, используемой на наземных участках, к подвеске с алюминиевой контактной шиной, используемой в тоннелях, возможен при применении переходной шины специальной конструкции; при этом бесперебойный токосъем обеспечивается при движении поездов со скоростью до 90 км/ч даже в случае использования на электроподвижном составе токоприемников старого типа. Испытания в этом месте проводятся и в настоящее время, подтверждая при этом долговечность различных элементов контактной подвески жесткого типа. Особое внимание уделяется проблеме бескоррозийного контакта различных используемых материалов: меди, алюминиевых сплавов, нержавеющей стали, оцинкованной стали, чугуна и бронзы.

Дальнейшие разработки, способствующие расширению сферы применения контактной подвески жесткого типа, необходимо, как полагают, вести в следующих направлениях:

- постепенное повышение скорости движения до 140 км/ч в Симплонском тоннеле на швейцарско-итальянской границе, до 160 км/ч в тоннелях Керенцерберг и Виньоль в Швейцарии и до 250 км/ч в тоннеле Зиттенберг в Австрии;
- разработка контактной шины подвижного типа для применения в условиях разводных мостов (как, например, в Северо-восточном коридоре компании Amtrak, США),



Рис. 2. Узел крепления контактной шины



Рис. 3. Контактная подвеска жесткого типа в тоннеле прямоугольной формы (фото: Furrer+Frei)



Рис. 4. Контактная подвеска жесткого типа в тоннеле трубчатой формы (фото: Furrer+Frei)

шлюзов (например, в Нью-Йорке), депо и ремонтных предприятий;

- разработка подвески специальной конструкции для тоннелей с особо стесненным габаритом;

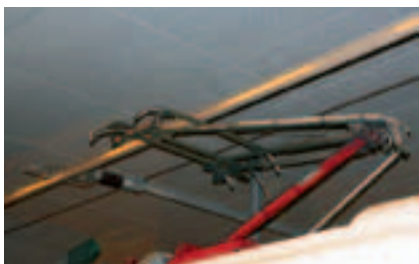


Рис. 5. Взаимодействие токоприемника и контактной шины

- создание контактной шины, способной выдерживать большие токи, для линий с высокой интенсивностью движения, электрифицированных на постоянном токе. Использование подвески с такой контактной шиной устраняет необходимость в применении дополнительных усиливающих проводов благодаря тому, что площадь поперечного сечения контактной шины достигает примерно  $1300 \text{ мм}^2$  в медном эквиваленте.

Положительный опыт сооружения и эксплуатации контактной подвески жесткого типа начиная с 1991 г. накоплен также на участках подземной части станции Цюрих-Главный. Кроме того, испытания, проведенные с использованием высокоскоростного электропоезда ICE при скорости  $260 \text{ км/ч}$ , показали применимость такой подвески при движении поездов со скоростью по меньшей мере до  $250 \text{ км/ч}$ .

На станции Берлин-Главный подряд на монтаж контактной сети общей протяженностью примерно  $50 \text{ км}$  получила компания Spitzke; субподряд на монтаж подвески с контактной шиной на подземных участках общей длиной около  $20 \text{ км}$  был передан компании Furrer+Frei.

### Крепление контактной шины в тоннелях

Расстояние между точками подвешивания контактной шины составляет от  $8$  до  $12 \text{ м}$  в зависимости от скорости движения поездов на данном участке. Узлы крепления, или консоли (рис. 2), обычно крепятся при помощи трех или четырех болтов типоразмера M16 к своду или потолку тоннеля. Отверстия для болтов должны быть высверлены параллельно друг другу и точно соответствовать установленному положению относительно оси пути. В связи со столь высокими требованиями для этой цели компанией Furrer+Frei была создана специальная многошпиндельная свер-

ильная установка. Она монтируется на железнодорожной платформе стандартной или узкой колеи либо на автомобиле на комбинированном ходу и может вращаться вокруг трех осей, что позволяет применять ее в тоннелях любой конфигурации.

На станции Берлин-Главный обделка плоских потолков тоннеля центрального участка, сооруженного с прямоугольным поперечным сечением (рис. 3), имеет настолько мощную арматуру, что большинство отверстий для крепления более чем  $2000$  устройств подвески контактной сети необходимо было высверливать в стальных армирующих стержнях, причем иногда даже в продольном направлении. Было использовано большое количество алмазных сверл. Работы приходилось вести в две смены в течение нескольких недель.

В зоне тоннеля, имеющей трубчатое поперечное сечение (рис. 4), консоли необходимо было прикреплять к неармированным частям сегментов облицовки тоннеля. Для каждого сегмента данная область определялась с помощью шаблонов. Эти области находились на разной высоте и разном расстоянии от оси пути, в связи с чем требовался тщательный подбор подходящего типа консоли.

### Прием в эксплуатацию

По завершении работ было необходимо провести всесторонние испытания, чтобы проверить соответствие смонтированной контактной подвески требованиям стандарта EN 50367, относящегося к параметрам взаимодействия токоприемников и контактной сети (рис. 5). Компания Furrer+Frei разработала универсальную модульную измерительную систему динамического мониторинга контактной подвески (DCM), которую можно использовать практически в любом месте. Система соответствует требованиям стандарта EN 50317, относящегося

к измерениям динамического взаимодействия токоприемников и контактной сети, и нормативных документов Федеральных железных дорог Германии (DB) в отношении систем контроля токосъема.

В состав универсальной системы, оборудование которой смонтировано на автономной мобильной установке (рис. 6), выполненной на базе железнодорожной платформы и морского транспортного контейнера, входят:

- однорычажный токоприемник типа Schunk WBL 85 с ползками различных типоразмеров, применяемых на железных дорогах Франции, Швейцарии, Германии и других стран, установленный на площадке с регулируемой высотой и с возможностью изменения силы контактного нажатия с помощью встроенного регулятора давления;
- устройство для измерения высоты и зигзага контактного провода (контактной шины);
- устройство для определения местоположения участков контактной шины внахлест и узлов крепления подвески при непрерывной работе;
- устройство для измерения силы контактного нажатия в соответствии с требованиями стандарта EN 50119;
- устройства электроизоляции, рассчитанные на напряжение 25 кВ, что позволяет проводить измерения



Рис. 6. Мобильная установка для динамического мониторинга контактной подвески (фото: Furrer+Frey)

при всех возможных значениях напряжения контактной сети, применяемых в различных странах;

- высококачественная передвижная видеокамера с высокой разрешающей способностью, одновременно с записью изображения взаимодействия токоприемника с контактной подвеской фиксирующая также скорость движения и пройденное расстояние, а также маркеры, которыми отмечены особые места пути;
- прерыватель воспроизведения изображения в замедленном режиме, обеспечивающий возможность детального наблюдения отклонений любого вида через очень короткие интервалы;
- синхронизированный накопитель результатов измерений и видеоизображений;
- резервный бортовой источник энергии.

Установка имеет два режима работы (таблица).

Кроме того, проверялись все гайки и болты, а также измерялось расстояние между токоведущими элементами контактной подвески и землей. Вся процедура продолжалась примерно месяц и завершилась приемом контактной сети в эксплуатацию компанией DB Netz. Станция Берлин-Главный была открыта для регулярного движения поездов 28 мая 2006 г.

В настоящее время подвеска с контактной шиной рассмотренной конструкции (или аналогичных ей) используется на линиях железных дорог 13 стран, электрифицированных на всех известных системах тягового электроснабжения: постоянного тока напряжением от 750 до 3000 В и переменного тока напряжением 11, 15, 25 кВ и частотой 16,7, 50 и 60 Гц. Общая протяженность участков с такой подвеской уже измеряется несколькими сотнями километров.

Суммарная длина контактной подвески жесткого типа над путями станции Берлин-Главный составляет 19,5 км. Это одно из самых больших в мире значений протяженности такой контактной подвески в одном месте.

*B. Furrer, U. Wili. Elektrische Bahnen, 2006, № 6, S. 297–301; материалы компании Furrer+Frey.*

**Режимы работы системы динамического мониторинга контактной подвески**

Параметры	Режим А	Режим В
Цель	Статические измерения геометрического положения контактного провода	Динамические измерения с целью повышения качества токосъема путем измерения силы контактного нажатия при скорости до 250 км/ч
Технические средства	Контейнер с оборудованием, установленный на платформе любого типа	На месте измерений измерительная аппаратура и видеокамера монтируются на локомотиве, предоставляемом эксплуатационной компанией-оператором. Электроснабжение напряжением 230 В и потребляемой мощностью 1,5 кВт·А осуществляется от бортового источника энергии на локомотиве. Устройство регистрации данных размещено в задней кабине локомотива и соединено с измерительной аппаратурой на токоприемнике
Измерения	Определенное на токоприемнике положение контактного провода корректируется с учетом положения рамы платформы относительно оси пути	Сила контактного нажатия, зигзаг и высота контактного провода относительно крыши локомотива, расположение консолей
Точность измерения	Высота контактного провода: ±10 мм. Зигзаг: ±12 мм. Сила контактного нажатия: ±2,0 Н при скорости от 5 до 40 км/ч	Изменение высоты контактного провода: ±12 мм относительно кузова локомотива. Зигзаг: ±18 мм. Сила контактного нажатия: ±4,0 Н при скорости до 250 км/ч