

Монтаж контактной сети в Лёчбергском базисном тоннеле

В двухствольном железнодорожном тоннеле Лёчберг общей длиной 34,5 км и на подводящих участках было уложено в общей сложности 55,2 км пути, оборудованного современной воздушной контактной подвеской. Монтаж устройств контактной сети был технически и логистически сложен не в последнюю очередь из-за того, что у этого тоннеля стволы однопутные. Монтаж потребовал приспособления строительных методов к этим условиям, в том числе за счет использования большого числа специализированных подъемно-транспортных средств. С помощью этих машин удалось завершить строительство тоннеля в срок. Проведенные испытания показали, что все требования к воздушной контактной сети были соблюдены.

Ввод в действие

Через Лёчбергский базисный тоннель в Швейцарии проходит первая в истории Альп высокоскоростная линия, являющаяся важным элементом сети железных дорог страны. Начиная с последних

месяцев 2007 г. по тоннелю ежедневно со скоростью до 250 км/ч проходят 110 поездов, из них 30 пассажирских и 80 грузовых. При проектировании и в особенности при строительстве контактной сети всем предприятиям-участникам приходилось решать сложные за-

дачи технического и логистического характера. Тем не менее совместному предприятию Bahntechnik Lötschberg (TU-ABL), являвшемуся генеральным подрядчиком по техническому обустройству объекта NEAT (Neue Eisenbahn-Alpen-Transit — новая транзитная железнодорожная линия под Альпами) на участке Лёчбергского базисного тоннеля, удалось справиться с этими трудностями. Подряд на разработку и монтаж контактной сети получил консорциум в составе компаний Kummler+Matter и Siemens Transportation Systems под общим руководством совместного предприятия TU-ABL.

Определение параметров контактной сети

Воздушная контактная сеть должна обеспечивать тяговую энергию поезда, движущиеся по тоннелю в соответствии с графиком. Это означает, что в тоннель должна поступать электроэнергия, необходимая для движения высокоскоростных поездов, которые развивают скорость до 250 км/ч и имеют по два токоъемника, установленных на расстоянии 180 м друг от друга. Кроме того, через тоннель должно быть обеспечено движение со скоростью 160 км/ч грузовых поездов массой до 4000 т, которые могут вести до шести электровозов. С учетом объемов движения на перспективу и необходимой для этого тяговой мощности каждый путь должен быть оборудован воздушной контактной подвеской с усиливающим проводом. Эта система рассчитана на суммарный ток нагрузки 2000 А при напряжении 15 кВ и частоте 16,7 Гц. Из этих 2000 А по воздуш-

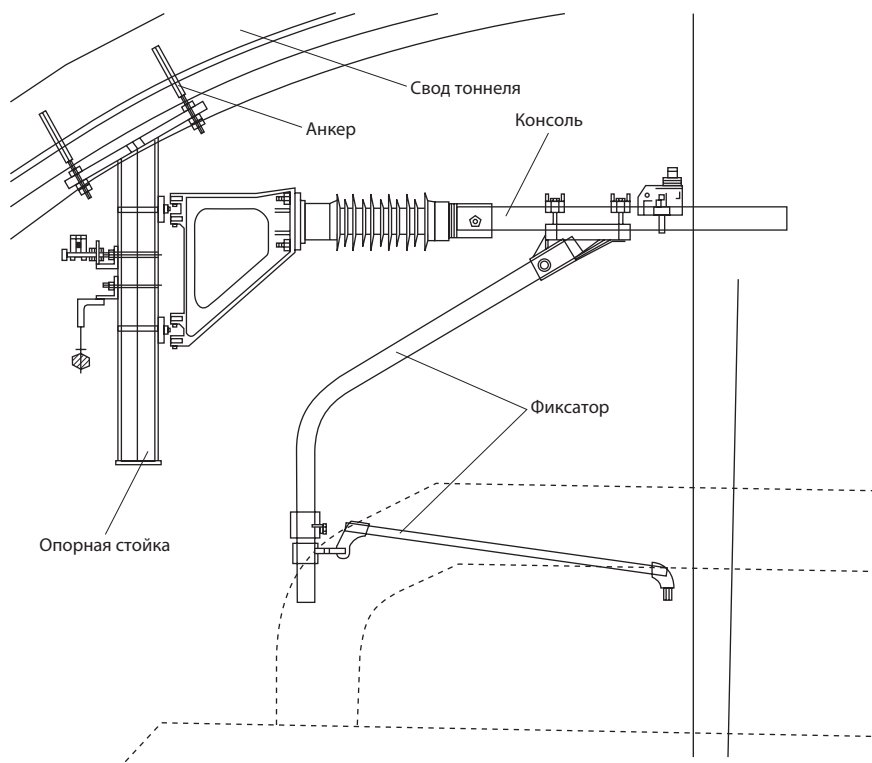


Рис. 1. Опорная стойка подвески с консолью и фиксатором

ной цепной подвеске, состоящей из контактного провода, струн и несущего троса, протекает 700 А. Пропуск тока такой величины должен обеспечиваться при 30%-ном износе контактного провода. Это значит, что нагрузочная способность нового провода составляет 756 А.

В соответствии с концепцией питания сети контактный провод на протяжении всей длины анкерного участка (1000 м) параллельно соединен с усиливающим проводом, выполненным в виде кабеля сечением по меди 720 мм², уложенного в банкет тоннеля.

Всем рассмотренным требованиям удовлетворяет выбранная цепная подвеска типа Re 250 LBT-T (таблица). На рис. 1 представлена опорная стойка и консоль с фиксаторами.

При скорости движения 250 км/ч поезд за секунду проходит 69,4 м. Для того чтобы при такой высокой скорости обеспечить постоянную заданную величину силы прижатия полоза токоприемника к контактному проводу, разработана надежная конструкция фиксаторов.

При расчете элементов несущих конструкций подвески учитывалась значительная нагрузка от потоков воздуха, возникающих при движении поезда в замкнутом пространстве тоннеля. Кроме того, необходимо было проверить, не вызывают ли эти турбулентные потоки воздуха неблагоприятных колебаний цепной подвески.

Методы и этапы монтажа

Планирование работ осуществлялось в соответствии с программой строительства и намеченными в ней сроками сдачи частей объекта. Программа предусматривала, что TU-ABV будет сдавать объект заказчику, т. е. компании BLS AlpTransit, тремя крупными, полностью законченными пусковыми комплексами. В тоннеле были выделены три монтажных участка:

Параметры цепной подвески Re 250 LBL-T

Параметр	Значение	Примечание
Высота расположения контактного провода над УГР, мм	5300	Возможно увеличение до 5850
Площадь сечения контактного провода марки AC-120 из сплава CuAg 0,1, мм ²	120	Сила натяжения 15 кН
То же, несущего троса стандарта DIN 48201-70-Bz II, мм ²	70	
Максимальная длина анкерного участка, м	1400	–
Длина пролета, м	50	–
Системная высота подвески, м	1,3	–
Провес контактного провода, ‰	0,6	–
Расстояние между струнами, м	≤8	–
Минимальная длина струны, м	0,9	–
Достигнутая максимальная скорость, км/ч	281	При опытной поездке 16.12.2006
Допустимая максимальная скорость, км/ч	250	–
Нагрузочная способность подвески по току, А	756	Для контактного провода
Нагрузочная способность по току цепной подвески вместе с усиливающим проводом, А	2000	–
Расстояние между точками подсоединения усиливающего провода, м	1000	–
Сечение провода заземления, мм ²	95	Подключение к рельсу на перегоне через каждые 100 м, на станциях – через 25 м
Сечение заземляющего троса E-Cu, мм ²	150	По стандарту DIN 48201
Устойчивость к токам короткого замыкания (100 мс), кА	53	–
Импульсная прочность, кА	125	–

- юго-восточный длиной 10 км со сроком сдачи 31 марта 2006 г.;
- юго-западный участок и центральная часть общей длиной 24,9 км со сроком сдачи 31 мая 2006 г.;
- северный участок длиной 20,3 км со сроком сдачи 30 сентября 2006 г.

На рис. 2 представлена схема участков, где проводились монтажные работы. В пределах каждого участка строительство контактной сети про-

изводилось по этапам. Работы каждого этапа начинались только после практически полного завершения работ предыдущего этапа.

Все материалы и конструкции для сооружения контактной сети подавались в тоннель через два въезда и транспортировались к месту установки. Транспортировку приходилось осуществлять параллельно с выполнением в тоннеле других работ, таких, как устрой-

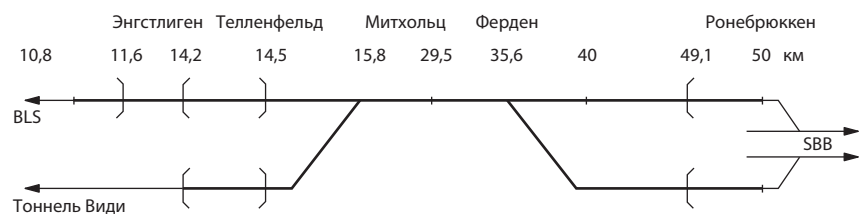


Рис. 2. Схема участков

Этап	Число смен	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
1	20	■						
2	48	■	■					
3, 4, 5	72			■	■			
6	70			■	■	■		
7 ¹	8					■		
7 ²	16					■		
8	7						■	
9	8						■	
10	16						■	
11	7							■
12	10							■

¹Заземляющий трос.

²Кабель связи.

Рис. 3. План-график выполнения работ на северном участке

ство жесткого основания пути или укладка кабелей. Это требовало четкой координации всех технологических процессов.

Необходимо было планировать каждую рабочую смену, чтобы избежать проведения работ разными бригадами в одном и том же месте. Только при этом условии можно было подвозить материалы и конструкции без помех. Заранее составленная последовательность этапов обеспечивала рациональность хода строительства.

Для того чтобы оптимальным образом использовать для работ в тоннеле время выделяемых окон и сократить фактическую длительность монтажных работ в тоннеле, на сборочной площадке вне тоннеля производилась максимально возможная предварительная сборка узлов. Подготовленные элементы, такие, например, как опорные стойки, укладывали в соответствующем порядке на поддоны, которые устанавливали на платформы строительного поезда согласно разработанной технологии и в соответствии с графиком выполнения работ.

Хронологическая последовательность этапов

Все подготовительные и монтажные работы, а также операции в рамках процедуры приемки разделены на 12 этапов, график выпол-

нения которых (северный участок) представлен на рис. 3.

Разбивка (этап 1). Разбивку, т. е. определение точного местоположения в тоннеле опорных узлов контактной сети, выполняла топографическая служба, использовавшая для этого сеть реперов. Точность размещения каждого опорного элемента составляла ± 10 мм. Разбивка проводилась с рельсового транспортного средства, оборудованного подъемной платформой.

Бурение отверстий и установка анкеров (этап 2). Устройства, к которым присоединялись элементы контактной сети, такие, как опорные стойки, выключатели заземления, элементы средней анкерки, грузовые компенсаторы и направляющие компенсаторных грузов, крепятся к стенам тоннеля с помощью нержавеющей анкеров. Для бурения каналов и закладки анкеров в течение одной смены использовалось оборудование рабочего поезда, включающего вагон-платформу, подъемную площадку, буровой станок и блок аварийного питания.

Установка предварительно собранных опорных стоек (этап 3). При сборке вне тоннеля на монтажной площадке, на опорных стойках монтировали элементы крепления консоли, а также детали подвески заземляющего провода и кабеля системы радиосвязи. Подготовленные таким образом опорные стойки

укладывали в определенном порядке на поддоны строительного поезда (по четыре комплекта на каждый поддон) таким образом, чтобы их можно было один за другим быстро установить в тоннеле. Комплекты опорных стоек массой от 60 до 80 кг монтировали на своде тоннеля с помощью установленных на подъемной площадке пневматических роботов. После регулировки вертикального положения стоек проверяли высоту их расположения с помощью вращающегося лазера, который использовался также и при монтаже консолей.

Монтаж компенсаторных грузов и их направляющих (этап 4). Монтаж грузов компенсаторов и их направляющих осуществлялся с использованием упоминавшегося ранее рабочего поезда. Первым шагом был предварительный монтаж блока грузов и его подвешивание с помощью крана к натяжным устройствам. После этого с подъемной платформы монтировали направляющую раму.

Кольцевые заземлители и заземляющие выключатели (этапы 5 и 6). Кольцевые заземлители устанавливали через каждые 100 м пути. Их монтаж осуществлялся с помощью автомобиля на комбинированном ходу и рабочего вагона компании Robel. Строительный поезд для этих работ не использовался. Оба транспортных средства оборудованы подъемными платформами для работы двух человек. Устройство контуров заземления не было ограничено временными рамками и осуществлялось параллельно с работами этапов 4, 5 и 8. К их устройству приступали сразу после того, как там заканчивался монтаж опорных стоек.

Монтаж выключателя заземления проводился с подъемной платформы рабочего поезда.

Подвеска заземляющего провода и кабеля связи (этап 7), монтаж консоли и фиксаторов (этап 8). Для того чтобы подвеска заземляющего

провода и кабеля связи не мешала монтажу консолей и других элементов контактной подвески, эти работы проводили до начала монтажа консолей. Они включали:

- освобождение застопоренных барабанов, размотку кабеля или провода и подвеску их кольцами на несущих устройствах;
- обеспечение натяжения кабеля или провода до номинального значения;
- закрепление на несущих устройствах.

Так же как и струны, консоли предварительно собирали на сборочной площадке вне тоннеля, с тем чтобы время их монтажа в тоннеле с помощью рабочего поезда было как можно короче.

Монтаж контактного провода и несущего троса (этап 9). Монтаж контактного провода и несущего троса осуществлялся во время одной рабочей смены с приложением предусмотренной проектом силы натяжения 15 кН. Подвеска с одновременным обеспечением полного усилия натяжения сокращает время монтажа и позволяет быстро обнаружить дефекты, характерные для этого этапа работ. Контактный провод подвешивается к несущему тросу на опорах и в середине пролета с помощью временных струн.

Окончательный монтаж и регулировка контактной подвески (этап 10). Для того чтобы привести в полную готовность контактную сеть, узлы средней анкеровки, консоли, грузы компенсаторов и фиксаторы закрепляли в проектном положении и регулировали с учетом температурных условий, после чего устанавливали струны. Учитывая пожелание заказчика об ускорении процессов завершающего монтажа и регулировки, а также в связи с малой длительностью окон для монтажа всех компонентов, составили специальный рабочий поезд. Одной из важнейших его частей была длинная рабочая платформа с подъемной площадкой большой длины.

На этой площадке имелся необходимый для регулировки положения несущих конструкций измерительный инструментарий. С его помощью осуществляли регулирование высоты над УГР контактного провода и его положения в плане с учетом возможных температурных колебаний.

Длина рабочей платформы (52 м) равнялась длине пролета контактной подвески, что позволяло монтировать струны сразу в пределах всего пролета без перемещения рабочего поезда. Поезд оставался так, чтобы край подъемной площадки располагался под фиксатором, положение которого зависит от температурных условий и от его расстояния до узла средней анкеровки. После этого размечали положение в пролете комплекта струн, заранее подготовленного вне тоннеля, и проводили их установку.

Последними этапами работ были установка всех электрических соединителей (этап 11) и приемка с операциями контроля и испытаний (этап 12).

Использовавшиеся транспортные средства и установки

Бурильный комплекс. Для определения пространственного положения опор, бурения каналов для анкеров в своде тоннеля использовался строительный поезд, состоявший из двух вагонов с подъемной платформой, лафетным бурильным агрегатом, контейнером для материалов и инструмента, блоком аварийного питания.

Опорные стойки для крепления консолей устанавливали с подъемной платформы, их положение определяли с использованием тахеометра и сетки реперных точек.

Каждая опорная стойка для консоли крепилась к своду с помощью четырех анкеров М20, для чего нужно было пробурить четыре канала диаметром 24 мм и глубиной

150 мм. Для того чтобы строго выдерживать расстояние между каналами, был создан лафет, на котором жестко закрепили четыре станка ударно-вращательного бурения, выполнявших одновременно бурение четырех каналов с фиксированным расстоянием между ними. После этого каждый анкер вставляли в канал вручную и затем заливали раствором.

Монтажный поезд. С помощью этого поезда выполняли монтаж опорных стоек, грузовых компенсаторов и выключателей заземления, а также подвеску проводов заземляющего провода и кабелей связи. Монтажный поезд состоит из пяти вагонов-платформ с подъемной площадкой, блоком аварийного электропитания, краном с поворотной стрелой, контейнером для материалов и инструмента, штабелюккладчиком, пневматическим подъемником с компрессором и кабиной для персонала. Контейнер для материалов, монтажная платформа, служебный и технический контейнеры были размещены на трех двухосных платформах. На первой из них находились кабина для персонала, контейнер материалов и инструмента, монтажная платформа. Остальные два вагона-платформы служили как складские площади. На них в произвольном порядке были установлены поддоны (по десять на каждой платформе).

Кабина-контейнер для персонала и технический контейнер длиной 3 м, шириной 2,4 м и высотой 2,4 м имели слой шумо- и теплоизоляции толщиной 50 мм. Внутри и снаружи стенки его обшиты металлическим листом. Оба контейнера жестко крепятся к полу вагона. Кабина-контейнер для персонала имеет двери и окна, расположенные по его длине. Контейнер служил для пребывания в нем персонала. Он также использовался как контора и место отдыха.

Учитывая высокую влажность и повышенную температуру воздуха в

тоннеле, а также необходимость защиты пневматического инструмента, агрегат, обеспечивающий работу подъемника и лафетного блока перфораторов, работающих на сжатом воздухе, оборудовали осушителем воздуха, оборудовали осушителем воздуха, оборудовали осушителем воздуха. Осушитель расположен между кабиной-контейнером для персонала и техническим контейнером.

В основную подъемную площадку длиной 4,5 м и шириной 3,3 м встроены две выдвигные платформы, выходящие по длинной стороне на 1,5 м. Эти платформы устанавливают так, что их поверхность оказывается всего на 10 мм ниже поверхности основной площадки. Таким образом, здесь образуется практически единая рабочая платформа увеличенной площади. По ее периметру устанавливают временное ограждение со встроенными осветительными приборами. Несущая способность подъемной рабочей площадки равна 20 кН. Ширина ее с полностью выдвинутыми платформами составляет 6,3 м.

На монтажной площадке работает обычный вилочный штабелеукладчик с прямой и боковой выгрузкой. Это дает возможность формировать штабели поддонов и коробов сбоку. Сдвижное поворотное-подъемное устройство позволяет подавать и принимать грузы в двух направлениях — вбок и вдоль площадки. Из соображений безопасности штабелеукладчик двигается по выполненному из труб основанию, смонтированному над полом вагона. Для того чтобы штабелеукладчик не мог упасть с платформы вагона, его ходовая часть оснащена четырьмя опорными роликами с плавающим опиранием. Для перемещения на платформу соседнего вагона трубное основание с помощью карданного и телескопического механизмов соединилось с таким же основанием второго вагона. По концам трубного основания устанавлены телескопические регулируемые тупиковые бал-

ки с устройством, обеспечивающим захват штабелеукладчиком. Балка служит также для обеспечения безопасности погрузчика во время движения поезда. При необходимости расцепки вагонов переходное звено трубного основания демонтируют.

Для перехода персонала из одного вагона в другой служит мостик из стального листа, шарнирно закрепленного с одной стороны. В торце на полу вагона перед рабочей платформой смонтирована телескопическая колонна с четырьмя роликами, с помощью которых осуществляется круговое перемещение разметочного лазера, используемого для определения мест расположения опорных стоек для крепления консолей. В торце одного из вагонов-платформ находится кабина управления и смонтирован дизель-генератор на лафете с шумозащитным кожухом. Дизель оборудован рассчитанным на две рабочие смены сажевым фильтром-уловителем и углекислотным огнетушителем.

Пневматическое подъемное устройство. При монтаже опорных стоек используется гидравлически управляемый подъемник грузоподъемностью 1,5 кН, облегчающий выполнение монтажных работ и обеспечивающий безопасность их проведения. Подъемник имеет пневматический привод. Для того чтобы обеспечить возможно более точную установку на платформе, основание подъемника выполнено в виде тележки на колесах с шариковыми подшипниками. Для фиксирования положения предусмотрен стояночный тормоз, приводимый в действие вручную с помощью изогнутого рычага.

На рабочей площадке подъемника с максимальным ходом 1400 мм смонтирована поворотная рабочая стрела, с помощью которой устанавливают опорные стойки контактной сети. Благодаря этой стреле обеспечивается зона доступности в радиусе 0,8 м без перемещения вагона.

Захватное устройство стрелы снабжено регулируемым сильфоном, благодаря которому можно менять угол наклона монтируемого узла в пределах 30 град.

Поезд для подвески контактного провода и несущего троса. Для подвески контактного провода и несущего троса использован разработанный компанией Europan Trans Energy (EUROTEN) монтажный комплекс. С его помощью можно одновременно раскатывать контактный провод и несущий трос, а также подвешивать их с заданным натяжением. В качестве монтажных приспособлений использовались крановые стрелы, установленные на двух вагонах-платформах. На этих стрелах смонтированы тормозные приспособления, позволяющие ступенчато регулировать силу торможения. Монтажными стрелами управляют дистанционно по радио, обеспечивая требуемое положение провода или троса. При окончательном монтаже провод без значительных усилий можно закрепить под фиксаторами или на изоляторах.

На платформе каждого вагона устанавливают по пять стоек с барабанами контактного провода и несущего троса. Это позволяет рационально использовать время, выделенное для монтажа, не отвлекаясь на доставку провода и троса и погрузку их на платформы.

Гидроагрегат поезда приводится в действие устанавленными на платформах дизелями.

При выполнении монтажных работ вагоны-платформы перемещает моторный вагон с вышкой. Стоя на рабочей площадке вышки, монтажники первой группы устанавливают в каждом пролете одну временную струну. Вторая рабочая группа крепит провода и тросы зажимами.

Поезд для установки струн и регулирования подвески. Этот поезд состоит из двух соответственно переоборудованных вагонов, ранее перевозивших автомобили, и до-

полнительной платформы с блоком аварийного питания, техническим контейнером, кабиной-контейнером для персонала и подъемной площадкой. Два переоборудованных вагона образуют одну сплошную рабочую площадку длиной 52 и шириной 1,65 м. Рабочая высота платформы составляет 4,1 м. На время передвижения поезда ограждения платформы демонтировали. Для освещения мест производства работ используется генератор мощностью 4,2 кВт, установленный в нижней части одного из объединяемых вагонов и помещенный в шумозащитный кожух.

Вспомогательное тяговое средство. При прокладке устройств заземления и их кольцевых контуров, при натяжке контактного провода и несущего троса, а также при подвеске кабеля связи дополнительно используется автомобиль на комбинированном ходу, выполненный на шасси «Мерседес» с расстоянием между осями 3,9 м и приводом на все колеса. Автомобиль оборудован рельсовой ходовой частью компании Schörfling для метровой и нормальной колеи, краном с вылетом стрелы 14,3 м, подъемником на рабочую высоту до 14,6 м и рабочей корзиной размером 1,7 × 1 м. Наличие крана и подъемника на одном транспортном средстве позволяет с успехом использовать его для монтажа компенсаторов. С помощью крана поднимают грузы компенсатора, после чего два монтажника, стоящие на площадке подъемника, крепят их к траверсе и соединяют с анкерочными устройствами. Монтажники, находящиеся на площадке, могут управлять перемещениями этого автомобиля по рельсам.

Вагон компании Robel с подъемной площадкой компании Kreitzler используется при раскатке и подвеске кабеля связи, для регулировки компенсаторов, а также для устройств заземления, в том числе кольцевых контуров.

Строительная программа

Сроки строительства. Строительство воздушной контактной сети велось на трех участках:

- юго-восточном длиной 10 км;
- юго-западном и центральном общей длиной 24,9 км;
- северном длиной 20,3 км.

Строительные работы начались в первой половине июля 2005 г. в Рароне и велась в южном направлении. Через 11 мес, в мае 2006 г., монтаж контактной сети на юго-восточном, юго-западном и центральном участках был закончен. В начале июня 2006 г. начались работы на северном участке — из Фрутигена. Через четыре месяца, в сентябре 2006 г., оборудование этого участка контактной сетью было завершено.

В качестве примера (см. рис. 3) приведен календарный график сооружения контактной сети на северном участке. Работы велась в двухсменном режиме. На других участках контактную сеть сооружали по такой же схеме за исключением первых семи месяцев работы после июня 2005 г. В этот отрезок времени работы вели в одну смену, чтобы дать возможность бригадам другой специализации завершить укладку пути до начала монтажа контактной сети.

Благодаря эффективной организации строительства, гибкому использованию материально-технических ресурсов и техники в едином производственном процессе весь объем работ удалось выполнить в сжатые сроки.

Программа производства работ на северном участке. Для инженерного обустройства тоннеля в него пришлось завезти в общей сложности 170 тыс. т различных изделий. Из этого количества 700 т пришлось на материалы для работ, связанных с устройством контактной сети. Ниже приведен перечень этих изделий и материалов.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что во время строительства в тоннель необходимо было доставить большие объемы грузов, согласовывая их транспортировку с процессами выполнения текущих работ.

Часть этих материалов необходимо было доставлять на участки тоннеля, где велась другие строительные работы. Для каждой рабочей смены требовалось оговаривать условия доставки, согласовывать их со всеми бригадами, выполнявшими работы на этом участке тоннеля и на подходах к нему. Точно устанавливалось, кто, когда и с каким поездом может проследовать в тоннель. Возможность разъезда с

Изделия и материалы, использованные для сооружения контактной сети в тоннеле и на подъездных участках	
Общая длина электрифицированных участков, км	55
Анкерные опоры, шт.	1170
Промежуточные опоры, шт.	3060
Заземляющий трос, км	61
Кабель радиосвязи, км	102
Крепёжные анкеры, шт.	24 800
Стальные конструкции, т	214
Прочие конструкции и узлы, т	82
Медные тросы, провода и кабели радиосвязи, т	372
Кольцевые заземляющие контуры, шт.	660
Общий пробег строительных поездов, км	24 000

другими транспортными средствами в тоннеле была ограниченной; кроме того, это приводило к значительным непродуктивным потерям времени.

Тоннель строился в три смены длительностью по 8 ч. Работы по устройству контактной сети в тоннеле и по предварительной сборке узлов на площадке вне тоннеля выполнялись со сдвигом во времени. При этом время нахождения строительных поездов и вспомогательных транспортных средств на сборочной площадке использовалось для их загрузки и технического обслуживания. Условия выполнения работ и необходимые для этого меры оперативно обсуждались и согласовывались с заказчиком.

Объем монтажных работ, подлежащих выполнению за одну смену в течение выделяемых окон, определяется общей программой строительства объекта. При выработке этой программы были приняты следующие нормы:

- монтаж за смену 50–55 опорных стоек и промежуточных несущих элементов на участке с нормальным профилем, что соответствует примерно 600 м развернутой длины цепной подвески;
- установка за смену 40–45 консолей, что соответствует приблизительно 2000 м цепной подвески;
- оборудование 1 км тоннеля опорными стойками, консолями, компенсаторами и выключателями заземления за 4,5 смены;
- монтаж за смену семи компенсаторов;
- раскатка и подвеска за смену 3000 м заземляющего провода;
- подвеска за смену около 6000 м кабеля связи;

- обеспечение заданного натяжения контактного провода и несущего троса за смену на отрезке цепной подвески длиной 3500 м;

- окончательный монтаж и регулировка за смену около 1500 м контактной подвески.

В ходе работ эти нормы выдерживались, однако вследствие транспортных проблем из восьми часов смены эффективно использовалось лишь 6 ч.

Приемочные испытания

Для того чтобы доказать, что контактная сеть соответствует эксплуатационным требованиям при расчетных скоростях, был выполнен большой объем испытаний:

- проверка статического положения элементов сети, которая осуществлялась с помощью оборудования испытательного поезда. При этом положение контактного провода в плане и профиле проверяли с использованием лазерной измерительной системы;
- динамические испытания, в ходе которых исследовалось поведение контактной сети при движении поезда с одним токоприемником со скоростью 281 км/ч. Во время этих испытаний контролировали изменение положения контактного провода в плане и профиле, а также измеряли усилие нажатия ползца токоприемника на контактный провод;
- контроль отжатия контактного провода, которое измеряли в заранее выбранных точках тоннеля и анализировали характер его изменения при прохождении поезда с разной скоростью;
- опыт короткого замыкания в контактной подвеске проводили путем искусственной реализации

этого режима в реальных эксплуатационных условиях. Он был проведен для демонстрации защищенности контактной сети от перегрузок, возникающих при коротком замыкании;

- измерение габарита приближения проводилось для того, чтобы можно было убедиться в отсутствии в нем элементов конструкций и иных объектов, опасных для нормальной эксплуатации линии. Для этого использовали специальную платформу, оборудованную габаритными воротами. Лёчбергский базисный тоннель построен под габарит приближения EBV 4;

- механические испытания проводили для того, чтобы доказать достаточность несущей способности важнейших элементов конструкции контактной сети. Так, была измерена несущая способность 3% анкеров. В ходе испытаний анализировали изменение во времени деформаций растяжения, измеренных при минимальной требуемой несущей способности. Проводились также испытания 1% струн на наличие систематических отклонений от требуемой длины и на несущую способность;

- проверки использовавшегося измерительного оборудования вели в процессе проводившихся испытаний. Это позволило избежать ошибок в определении важнейших параметров контактной сети. Для определения высоты расположения несущих элементов использовался вращающийся лазер. Его работу проверяли путем сопоставления результатов с реперными отметками на порталах тоннеля.

По материалам компании Kummler + Matter (Швейцария).