

## **Новые изделия контактной сети для скоростного движения**

***Буталов С. Л., Лисицин М. В., Бухаров В. А.***

*ЗАО «Универсал – контактные сети», Санкт-Петербург, Россия*

Повышение скоростей движения поездов и стремление уменьшить эксплуатационные расходы выдвигают новые требования к контактной сети, среди которых наиболее важными являются повышение срока службы и сокращение затрат на обслуживание. Для достижения этих требований необходимо совершенствование «элементной базы», под которой мы понимаем всю совокупность изделий, входящих в состав контактной сети – от опор до арматуры. В статье приведен краткий обзор нескольких разработанных УКС групп изделий, входящих в элементную базу.

### **Металлические сварные опоры**

Металлические опоры были разработаны УКС в ходе разработки первого проекта по контактной сети КС-200 в 1990-х гг. Впервые в России в технических требованиях на опору был определен срок службы не менее 50 лет при минимальном обслуживании в ходе эксплуатации, кроме того выдвигались жесткие требования по точности установки опоры в грунте.

Необычно высокие требования вызвали необходимость поиска новых технических решений, таких как выбор конструкции опоры, ее несущей способности, сопоставимой с существующими железобетонными, определение наиболее эффективного способа защиты ее от коррозии, обеспечение возможности регулировки наклона опоры в ходе монтажа и эксплуатации, возможность оперативной оценки состояния опоры и ее остаточного срока службы, решение вопроса утилизации опор.

В результате проведенного поиска было выбрано исполнение опоры в виде двух несущих швеллеров, соединенных между собой планками и приваренных к основанию, состоящему из двух плит. Соединение швеллеров с основанием усилено ребрами жесткости. Опору такой конструкции определили как «металлическую коробчатую двушвеллерную». Защита от коррозии опоры осуществлено путем нанесения покрытия толщиной 120-150 мкм, выполненного методом горячего цинкования, что определило некоторые особенности конструкции опоры. Так, при сварке опоры не применялись швы внахлест, отсутствовали глухие полости, предусмотрены технологические отверстия и т.д.



Рис. 1. Металлическая опора  
типа МКГА

Коробчатые опоры выпускаются в двух вариантах: опоры типа МКГ из гнутого швеллера, и типа МК – из прокатного швеллера. Разработано по шесть типоразмеров каждого варианта опоры, отличающихся высотой 10 и 12 м и несущей способностью поперек оси пути 59 (6), 79 (8), 98 (10) и 147 (15), кН·м (т·м).

Для применения в качестве анкерных (в анкеровках контактной подвески), а также в качестве стоек жестких поперечин балочного типа разработано специальное исполнение опоры типа МКГА с несущей способностью 98 (10) кН·м (т·м) (см. рис. 1). Такая опора обладают повышенной устойчивостью и рассчитана на работу при воздействии повышенных вертикальных нагрузок и крутящих моментов. В качестве анкерных опор и стоек

жестких поперечин, а также в других местах, где требуется несущая способность более 98 (10) кН·м (т·м), применяются опоры повышенной несущей способности 147 (15) кН·м (т·м) типа МКР. Несущая способность опор МК, МКГ вдоль пути составляет 0,6 от несущей способности опор поперек пути, а опор МКГА, МКР – 0,8.

Защита от электрокоррозии обеспечивается за счет установки между опорой и фундаментом изолирующего оголовка, а для изоляции болтов от опоры предусматриваются изолирующие, втулки и шайбы.

При монтаже, а также в ходе эксплуатации опор, возможна регулировка их вертикального положения при помощи регулировочных П-образных шайб. Для изоляции анкерного болта от опоры между регулировочными шайбами и основанием опоры устанавливается изолирующая П-образная шайба.

Для районов с расчетной температурой до минус 40<sup>0</sup>С опоры изготавливаются из стали марки Ст.3пс5, при расчетной температуре до минус 50<sup>0</sup>С – из стали марки 09Г2С-6. Опоры прошли обязательную сертификацию в Регистре сертификации на Федеральном железнодорожном транспорте.

По сравнению с железобетонными опорами металлические коробчатые опоры, благодаря простой диагностике их состояния и работоспособности, значительно дешевле в эксплуатации, они надежно защищены от электрокоррозии. Опоры обладают высоким качеством изготовления, которое гарантируется качественным стальным прокатом и стопроцентным контролем качества сварных швов. Не происходят потери качества при

транспортировке, погрузочно-разгрузочных работах и монтаже. Металлические опоры более чем в 3 раза легче железобетонных равной мощности, поэтому, транспортные затраты на их перевозку автомобильным и железнодорожным транспортом в 4–5 раз ниже. В связи с малым весом и удобством транспортировки резко снижаются объемы транспортных и погрузочно-разгрузочных работ. Для транспортировки металлических опор не требуются специальные транспортные средства. Существенно облегчается монтаж. Опоры имеют необходимую гибкость вдоль пути при аварийных режимах (обрыв проводов). И, в то же время, обладают достаточной прочностью при нагрузках в направлении поперек пути, т.е. в нормальных режимах эксплуатации. По сравнению с железобетонными опорами металлические опоры имеют большую долговечность – их срок службы составляет более 50 лет. Это достигается, в том числе, и за счет защиты от коррозии методом горячего цинкования, возможностью следить за состоянием опоры в процессе эксплуатации и, в случае необходимости, производить ремонт защитного покрытия.

Скорость монтажа металлических опор в 3 – 4 раза выше, чем железобетонных за счет малого веса и высокой степени заводской готовности. При этом не требуется использования специальных дорогостоящих подъемных механизмов, что позволяют оперативно производить замену опор при их повреждении (см. рис 2). Резко сокращаются трудозатраты на монтаже и сроки сооружения объектов. Помимо прочего, для металлических опор, практически отсутствует проблема утилизации.



Рис. 2. Монтаж металлической опоры

сущей способностью – 39,2 (40), кН·м (т·м). Такие опоры установки на Финляндском вокзале Санкт-Петербурга.

### **Консоли и фиксаторы**

Одним из основных требований к поддерживающим конструкциям контактной подвески для скоростного движения является возможность высокоточной установки в пространстве ее несущего троса. Для выполнения этого требования необходима независимая плавная регулировка высоты подвешивания несущего троса и величины его зигзага. Такая возможность

реализуется в горизонтальной консоли с креплением несущего троса в специальном поворотном зажиме, установленном на горизонтальном стержне консоли. Конструкция крепления поворотного зажима несущего троса предусматривает возможность его перемещения вдоль стержня при регулировке величины зигзага, которая осуществляется плавно и не влияет на высоту подвешивания несущего троса.

Регулировка высоты подвешивания несущего троса производится за счет точной установки консоли на опоре. Высота установки консоли от УГР определяется на основании предварительных замеров на перегоне для



Рис. 3. Изолированная консоль на металлической опоре

каждой опоры. Установка консоли на расчетной высоте исключает возможность применения закладных деталей, поэтому для скоростного движения применяются узлы крепления консоли на кlyках или в обхват (см. рис. 3).

Консоли представляют собой конструкцию из бесшовных горячекатанных труб соединенных между собой посредством литой арматуры. УКС разработаны и поставляются на дороги РФ консоли из стали и алюминиевых сплавов. Горизонтальный и наклонный стержни стальных консолей изготавливаются из труб с наружным диамет-

ром 60мм и толщиной стенки 7мм, в алюминиевых консолях – из труб с наружным диаметром 70 мм и толщиной стенки 7 мм. Материал стальных труб – сталь 10, алюминиевых – алюминиевый сплав АМг 6. Литая арматура для стальных консолей изготавливается из высокопрочного чугуна ВЧ-40, или стали 29ГЛ с защитным горячецинковым покрытием толщиной 120-150 мкм, арматура для алюминиевой консоли – из сплава АЛ28. Крепежные элементы, применяемые в стальных и алюминиевых консолях, выполнены из коррозионностойкой стали. Для защиты от коррозии алюминиевого поворотного зажима несущего троса, в месте его контакта с медью, применяются биметаллические (алюминий-медь) вставки.

В консолях применяются как фарфоровые, так и полимерные изоляторы, изготовленные на основе стеклопластикового стержня с кремнийорганической оболочкой.

На местный износ контактного провода большое влияние оказывает приведенная масса, передаваемая на контактный провод дополнительными фиксаторами, эта величина, в основном, определяется конструкцией и материалом дополнительного фиксатора. В настоящее время УКС разработана конструкция и освоено производство трубчатых алюминиевых дополнительных фиксаторов длиной 1200 и 900 мм. Хвостовик и держатель фиксатора

сирующего зажима дополнительного фиксатора изготавливаются из нержавеющей стали 20Х13, труба фиксатора изготовлена из алюминиевого сплава АМг5м. Применение алюминиевого сплава позволило снизить массу дополнительного фиксатора с 2,6 до 1,6 кг и, соответственно, приведенную массу, передаваемую на контактный провод, ориентировочно, с 1,7 до 1,0 кг.

### Компенсаторы

Разработанный для КС-200 трехблочный блочно-полиспастный компенсатор контактной сети железной дороги (см. рис. 4) имеет передаточное отношение 1:3, в отличие от повсеместно применяемых компенсаторов с передаточным отношением 1:4, и представляет собой блочно-



Рис. 4. Блочно-полиспастный компенсатор КБП-3-30

полиспастную систему, состоящую из шарнирно закрепленной на опоре двухблочной подвески и подвижного блока. Уменьшение передаточного числа с 1:4 до 1:3 определяется необходимостью уменьшения хода грузов с целью исключения их сезонной регулировки. Применение передаточного отношения 1:3 позволяет обеспечить компенсацию температурного расширения проводов при перепадах температуры до 130° С, при расстоянии от средней анкеровки до 800 м. Недостатком уменьшения передаточного отношения компенсатора является увеличение числа грузов, что повышает стоимость анкеровки.

Эффективность компенсатора, во многом определяется величиной потерь на трение в его подшипниковых узлах. УКС разработаны компенсаторы, как с подшипниками качения, так и с подшипниками скольжения. Для контактной подвески КС-200 разработки 90-х годов с натяжением контактных проводов 2х1200 даН, применяется компенсатор КБП-3-30 с рабочей нагрузкой до 3000 даН. В этом компенсаторе применен композиционный подшипник, антифрикционный внутренний слой которого выполнен на основе углеродфторопластовой композиции, наружный слой – из стеклопластика. Подшипник не обладает эффектом «схватывания», при длительном простое под нагрузкой и на морозе, его антифрикционный слой, стоек к воздействию абразивных частиц, воды, масло- и нефтепродуктов. Для контактных подвесок с суммарным натяжением контактных проводов до 4500 даН применяются компенсаторы, как с бронзофторопла-

стовые подшипниками, представляющие собой втулку из пористой оловянистой бронзы, пропитанную фторопластовой эмульсией, так и подшипники из композиционного материала немецкой фирмы DEVA. Компенсаторы с подшипниками скольжения имеют срок службы выше 50 лет, отличаются высокой надежностью, не требуют обслуживания за весь период эксплуатации, но имеют потери натяжения компенсируемого провода 1,7–1,8%. Разработанный УКС компенсатор КБП-3-40Ш с игольчатыми подшипниками качения, имеет потери натяжения 0,4–0,5 %, но эти подшипники, как и все подшипники качения, не смогут обеспечить необходимый срок службы, и потребуют обслуживания в ходе эксплуатации из-за ограниченного ресурса резиновых уплотнений подшипникового узла (10–15 лет).

В компенсаторах УКС применяется мелкожильный стальной оцинкованный трос конструкции  $12 \times 7(1+6) + 12 \times 3 + 12 \times 3 + 1 \times 19(1+6+12)$  диаметром 9,5 мм производства фирмы «Diera». Трос такой конструкции при ускоренных ресурсных испытаниях показал ресурс, аналогичный 200 годам нормальной эксплуатации.

### **Бронзовая арматура**

Высокие требования к контактной подвеске во многом определили и требования к ее элементной базе, в частности к изделиям арматуры. Так, рост токовых нагрузок резко ужесточил требования к качеству электропроводящих соединений, применение мерных токопроводящих струн повысили требования к струновым зажимам, поскольку они стали также осуществлять электропроводящие соединения. Увеличение натяжения контактных проводов ужесточило требования к зажимам средней анкеровки контактного провода. Повысились требования и к унификации изделий арматуры.

Все это потребовало определения нового подхода к проектированию бронзовой арматуры. На момент начала работ по разработке арматуры контактной подвески КС-200 в Европе применялись зажимы, выполненные из сплава с условным названием CuNiSi. Этот сплав на основе меди имеет достаточно высокие механические и электрические характеристики (предел прочности 600-1000 Н/мм<sup>2</sup>, твердость 205 НВ, электропроводимость 24...32 А·м/В·мм<sup>2</sup>). В России применялись литые зажимы из латуни ЛК80-3 и алюминиевой бронзы БрАЖ9-4. Применение латуни позволило обеспечить достаточно высокую электропроводимость зажимов (18,5 А·м/В·мм<sup>2</sup>) при недостаточно высоких механических характеристиках (предел прочности 250 Н/мм<sup>2</sup>, твердость 110 НВ). Алюминиевая бронза имеет более высокие механические характеристики (предел прочности 580-650 Н/мм<sup>2</sup>, твердость 130-200 НВ), но обладает низкой электропроводимостью (9,3 А·м/В·мм<sup>2</sup>). Поскольку в скоростных подвесках особо высоки требования по электропроводности токоведущих соединений, алюминиевая бронза

уже не отвечает в полной мере возросшим требованиям. Стала очевидна необходимость поиска нового материала, аналогичного CuNiSi, имеющего достаточно высокие механические характеристики и электропроводимость. Проведенные исследования показали, что отечественным аналогом CuNiSi является кремнистоникелиевая бронза БрКН1-3 (предел прочности 400-700 Н/мм<sup>2</sup>, твердость 130-200 НВ, электропроводимость 21,7 А·м/В·мм<sup>2</sup>). Применение бронзы БрКН1-3, обладающей более высокой электропроводимостью, чем БрАЖ9-4, при практически аналогичных механических характеристиках позволило снизить массу и габариты зажимов по сравнению с применяемыми в настоящее время зажимами из алюминиевой бронзы. Так, например, зажим фиксирующий 049, выполненный из латуни марки ЛК80-3, имеет массу 0,39 кг. Такой же зажим, выполненный из алюминиевой бронзы марки БрА9ЖЗЛ имеет массу 0,34 кг. Фиксирующий зажим, разработанный ЗАО «УКС» для контактной сети КС-200 и выполненный из кремнисто-никелевой бронзы БрКН1-3 имеет массу 0,19 кг.

В настоящее время зажимы производства УКС изготавливаются методом горячей штамповки, что позволило повысить механические характеристики, материала.

Как это уже указывалось, новые подходы к проектированию скоростных контактных подвесок вызвали необходимость в разработки новых изделий, в том числе и бронзовой арматуры. Так, разработка нового для отечественных контактных подвесок изделия – мерной электропроводящей струны, потребовала создания отдельных струновых зажимов для контактного провода, несущего и рессорного тросов. Применение таких зажимов позволило повысить надежность работы струны за счет повышения прочности соединения струны с контактным проводом, несущим и рессорным тросами, обеспечения надежного электропроводящего соединения, а также снизить массу струнового зажима контактного провода.

В случае разрушения одного из контактных проводов в подвеске постоянного тока, возможна ситуация, когда усилие от компенсатора, равное двойному рабочему натяжению контактного провода передается на уцелевший провод. Это усилие должно быть воспринято средней анкерровкой контактного провода, при этом разрушающая нагрузка, зажима контактного провода должна быть не менее чем двойное номинальное натяжение контактных проводов. Поскольку в скоростных подвесках в последнее время стали применяться бронзовые провода

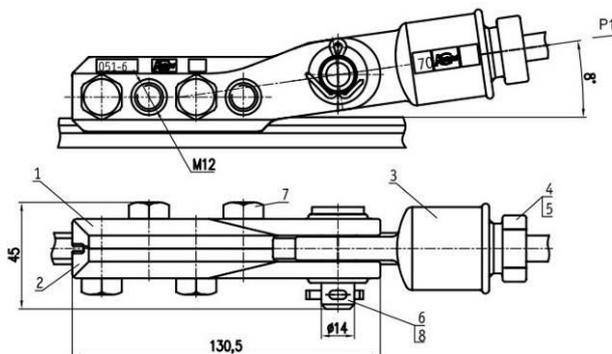


Рис. 5. Зажим средней анкерровки контактного провода 051-6

с натяжением 2000 даН и более, был разработан зажим средней анкеровки контактного провода с разрушающим усилием 4500 кг (см. рис. 5).

Одной из наиболее ответственных операций, во многом определяющих качество регулировки контактной подвески и, в конечном счете, ее долговечность, является регулировка натяжения рессорного троса. Качество регулировки определяется конструкцией зажима рессорного троса, позволяющей осуществлять плавную регулировку натяжения при помощи специальных приспособлений. Наиболее удобен в эксплуатации трехплащечный зажим, позволяющий легко монтировать его на несущем тросе, заправлять в него рессорный трос без изгибов и не мешающий использовать монтажные приспособления для натяжения рессорного троса (см. рис 6). Аналогичная конструкция применена для соединительного зажима, предназначенного для соединения между собой всей гаммы проводов, применяемых в контактной подвеске. Трехплащечный соединительный зажим может быть успешно применен вместо зажимов средней анкеровки 052-2 и 052-3, а также вместо соединительных зажимов 054, 055 и 056.

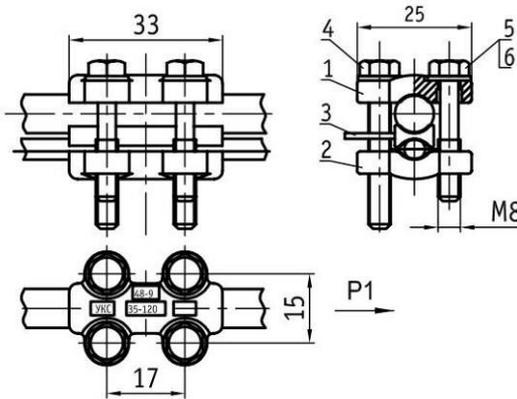


Рис. 6. Зажим рессорного троса 048-9

Аналогичная конструкция применена для соединительного зажима, предназначенного для соединения между собой всей гаммы проводов, применяемых в контактной подвеске. Трехплащечный соединительный зажим может быть успешно применен вместо зажимов средней анкеровки 052-2 и 052-3, а также вместо соединительных зажимов 054, 055 и 056.

### Мерные регулируемые струны

Струны цепной подвески должны обеспечивать надежное крепление контактных проводов к несущему торосу, их свободное поджатие вверх при проходе токоприемника и возможность продольных перемещений контактных проводов при расчетных изменениях температуры воздуха.

Наибольшее распространение на Российских дорогах получила звеньевая струна, выполненная в виде нескольких шарнирно соединенных между собой звеньев, изготовленных из медной или биметаллической сталемедной проволоки. Число звеньев зависит от расстояния между соединяемыми проводами и не бывает меньше двух. Применение струны из отдельных звеньев связано со стремлением снизить жесткость струны и уменьшить ее влияние на контактный провод во время прохода токоприемника.

Для повышения нагрузочной способности контактной подвески по току, повышения ее надежности на высоких скоростях при высоких значениях тяговых токов и токов короткого замыкания, а также для повышения эластичности струн, применяются токопроводящие струны. Токопроводящая струна состоит из гибкого многожильного провода с кабельными наконечниками, закрепленными на струновых зажимах при помощи штатных

болтов. В состав токопроводящей струны входят коуши, установленные в петлях, образованных гибким проводом и зафиксированные на тросе обжимными элементами. Впервые в России гибкие токопроводящие струны были разработаны УКС для контактной подвески КС-200, они изготавливались из гибкого провода МГ-16 и не предусматривали возможность регулировки длины в процессе эксплуатации. Длина струны определяется расчетным путем на основании реальных замеров на перегоне. Первоначально мерные токопроводящие струны из гибкого провода МГ-16 были установлены в 1998 году. Опыт эксплуатации показал, что механические характеристики провода МГ-16 не в полной мере обеспечивают надежность работы струн. Кроме того, в процессе ремонта путей возможно изменение положения рельсов, что меняет высоту подвешивания контактного провода относительно УГР. Последнее обстоятельство потребовало разработки новой конструкции мерной регулируемой токопроводящей струны, изменение длины которой осуществляется за счет специального зажима (рис. 7). Глубина регулирования длины струны находится в пределах  $\pm 50$  мм.

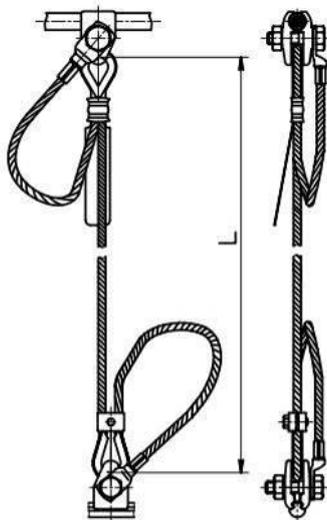


Рис. 7. Регулируемая токопроводящая мерная струна

Был проведен поиск возможной замены гибкого провода МГ-16, на провод способный обеспечить надежную эксплуатацию гибких токопроводящих струн. Отечественной промышленностью такие провода не выпускаются. Наиболее оптимальным для изготовления гибких токопроводящих струн является гибкий бронзовый провод Vz II-16, производимый в Германии. Этот провод имеет специальное плетение и высокие механические характеристики, струны из такого провода поставляются УКС в течение нескольких лет на участки строительства скоростных контактных сетей КС-200-06 и КС-200-07 (32-07).

В настоящей статье затронуты не все аспекты деятельности УКС по совершенствованию элементной базы скоростных контактных подвесок. Ведутся работы по поиску новых перспективных материалов, конструкций опорных узлов, анкеровок, арматуры и всей элементной базы, удовлетворяющей возросшим требованиям, предъявляемым к высокоскоростным контактным сетям.