

Ю. Л. БОЛЬШАКОВ (ООО ГЛОРИЯ), И. С. ГЕРШМАН (ВНИИЖТ),  
В. Г. СЫЧЕНКО (ДНУЖТ)

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ПОЛОЗОВ ТОКОПРИЕМНИКОВ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

### Введение

На железных дорогах пространства стран СНГ наибольшее распространение получили двух- и трехрядные полоза токоприемников электроподвижного состава (ЭПС), то есть, в зависимости от конструкции полоза на нем устанавливаются два или три ряда токосъемных вставок (ТВ) - углеродных, медных или металлокерамических. В одном ряду может быть размещено три-, четыре коротких углеродных вставок (УВ) длиной 240 мм или же на каркас полоза крепится одна медная или металлокерамическая пластина длиной от 400 до 1200 мм и толщиной 6-8 мм. Конструкции стальных полозов были разработаны в 60-70 годах прошлого столетия, т.е. 40-50 лет назад и к настоящему времени существенной модернизации не подвергались.

На рис. 1, 2 показано размещение и способы крепления УВ на двух- и трехрядном полозах. Как правило, в двухрядном полозе УВ в количестве 8 шт располагаются по схеме 4+4, а в трехрядном полозе их установлено 11 шт по схеме 4+3+4. Обоснование принятых схем размещения УВ довольно подробно аргументировано в специальной литературе [1, 2]. Крепление на полозе УВ осуществляется с помощью боковых зажимов 4 или же корытцев 6 (рис.1, 2).

### Изложение основного материала

При довольно надежной фиксации прижатие подошвы самой вставки к каркасу полоза нельзя признать удовлетворительным. Кроме того, при возможном пересечении полей допусков сопрягающихся размеров надежный контакт возникает только в местах крепежных элементов и бортовых наклонных пластин, и то не по всей их длине. Поэтому для снижения переходного контактного электрического сопротивления (ПЭС) пары «вставка - полоз» и улучшения продольной проводимости всей конструкции авторами [3] было предложено применять медную ленту-подложку толщиной 0,4 мм. Однако, многолетний опыт эксплуатации показал, что при таком техническом решении положительный эффект достигается только при надежном многоточечном креплении подложки к сталь-

ной поверхности каркаса полоза методом контактной сварки. В противном случае при неплотном прилегании подложки к основанию полоза со временем (один-два переходных погодных сезона) под ней наблюдается интенсивная коррозия - наложение ржавчины, которую практически невозможно удалить. В процессе длительной эксплуатации тонкая подложка прогорает, корродирует и фактически разрушается, что существенно снижает положительный эффект от ее применения. Увеличение толщины подложки является неоправданной мерой, т.к. значительно увеличивается масса полоза.

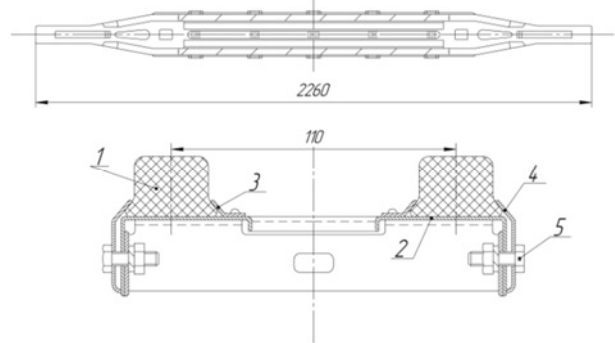


Рис. 1. Двухрядный полоз (черт. 5ТН.261.037-ТИ514):  
1 – углеродная вставка; 2 – основание каркаса; 3 – пластина наклонная; 4 – боковой зажим; 5 – винт прижимной

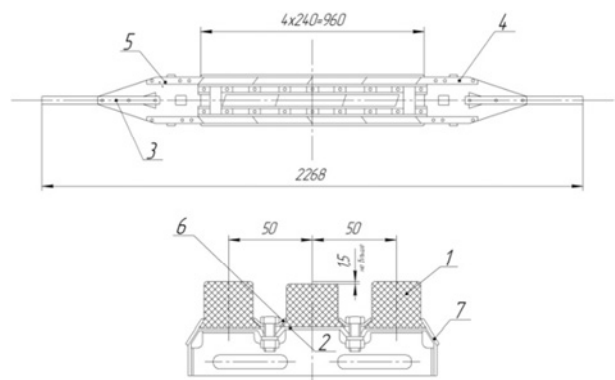


Рис. 2. Трехрядный полоз (черт. 5ТЕ.261.014-ТИ514):  
1 – углеродная вставка; 2 – основание каркаса; 3, 4, 5 – боковые контактные пластины; 6 – корытце; 7 – бортовая полоса

Обследование локомотивных депо в 2004-2006 г. железных дорог «Укрзалізниці» показало, что на 80-90% полозов медная подложка отсутствует. Также, в большинстве случаев, на стальном основании полоза, сопрягающимся с

подошвой вставки отсутствует защитное покрытие типа Ц18хр, предусмотренное черт. 5ТС.261.002. Для боковых зажимов 4 и корытц 6 по конструкторской документации также предусмотрено покрытие Ц6хр (черт. 8ТС.150.048). При этом в ТИ-514 указывается, что при сборке и монтаже УВ каркас полоза должен зачищаться от ржавчины, окалины и других загрязнений, а перед установкой рекомендуется поверхность каркаса смазать электропроводящей смазкой.

Следует отметить определенные сложности, возникающие при сборке, из-за жесткого крепления боковых контактных пластин 3, 4, 5. В результате в процессе сборки довольно часто приходится торцы крайних вставок зачищать на 3-5 мм, что создает излишнюю запыленность и приводит к неоправданным затратам времени.

Таким образом, из приведенного краткого анализа можно сделать вывод, что проблема крепления составных УВ к каркасу полоза токоприемника с позиции обеспечения минимально возможного ПЭС и оптимальных условий механического взаимодействия элементов системы «вставка-контактный провод» остается актуальной и требует дальнейшего усовершенствования.

За рубежом практически отказались от стальной конструкции полоза и заменили его на алюминиевый экструдированный профиль (табл.1) с толщиной стенок от 1,5 до 3,0 мм. В одном ряду, как правило, по длине полоза размещаются три вставки. Причем средняя вставка длиннее крайних и имеет длину 370÷450 мм. Крепление ТВ в ряду осуществляется посредством склеивания электропроводящим клеем подошвы вставки с поверхностью профиля, и, если позволяет его форма, дополнительным обжатием заплочиков. Торцы вставок также промазаны тем же клеем и, следовательно, по центральной линии (оси симметрии) полоза стыки составных вставок практически отсутствуют. Для сравнения, в ТИ-514 ограничение на величину воздушного зазора между вставками составляет 0,8 мм.

Несколько реже применяются полоза, изготовленные из стального оцинкованного профиля NB1260, NB1216 (табл.1).

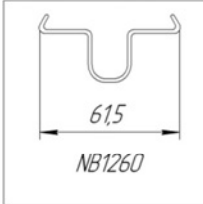
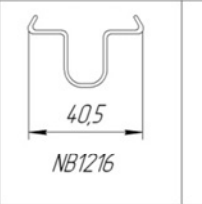
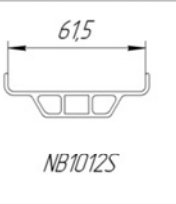
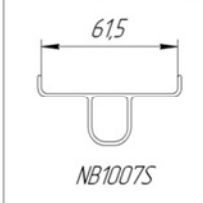
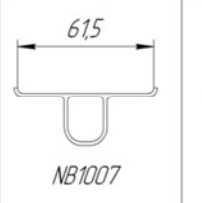
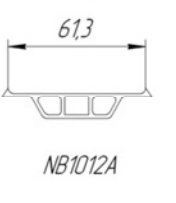


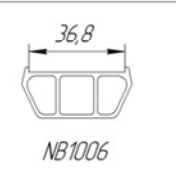
Микроструктурный и химический анализ показывает, что клей создан на базе кремнийорганических смол с добавлением тонкодисперсного порошка графита или меди. Приведенное техническое решение обеспечивает по сути формирование из разнородных материалов единого токосъемного конструктивного узла, в котором реализованы минимальное значение

ПЭС между отдельными элементами и высокая степень защиты от коррозии.

В нормативном документе ЕС EN 50405 [4] представлены методики определения величины ПЭС ( $R_{пер}$ ) между ТВ и каркасом полоза и определения усилия среза ( $\tau_{ср}$ ) вставки относительно профиля. Таким образом, регламентируются не только электрические параметры токосъемного узла, но и его прочностные характеристики. Так, для УВ предусмотрено, что  $R_{пер}$  должно быть не более 1 мОм, а для металлоуглеродных вставок  $R_{пер}$  не более 0,5 мОм. Минимальное удельное усилие среза подошвы вставки относительно опорной поверхности профиля должно быть не меньше 5 Н/мм<sup>2</sup> ( $\approx$  5 МПа).

При этом ПЭС и прочность крепления ТВ представляются настолько важными, что помимо определения самих значений величин  $R_{пер}$  и  $\tau_{ср}$  в стандарте предусмотрено измерение термической устойчивости рассматриваемых параметров. (п.5.2.4.2.3 «Thermal fatigue test»). Нормативное значение  $R_{пер}$  и  $\tau_{ср}$  должно сохраняться под воздействием тепловых нагрузок в течение 100 циклов (нагрев-охлаждение). Можно сделать вывод, что за рубежом одним из главных критериев качества сборки полоза считается параметр электрического сопротивления между рабочей поверхностью ТВ и металлическим профилем, а также прочностные характеристики крепления вставок на полозе.

Таблица 1

|   |   |  |
|---|---|--|
| <br>NB1260      | <br>NB1216 | <br>NB1012S |
| <br>NB1007S     | <br>NB1007 | <br>NB1012A |
| <br>NB1239/1263 | <br>NB1042 | <br>NB1006  |

Для оценки качества сборки разборных отечественных полозов, снабженных УВ, была разработана методика определения переходного контактного сопротивления между подошвой УВ и поверхностью каркаса полоза. Мето-

дика состоит из двух этапов измерения. Первый этап заключается в измерении электросопротивления УВ перпендикулярно оси изделия ( $R_{\perp}$ ). С этой целью было сконструировано и изготовлено приспособление, в соответствии с рекомендациями [5].

Схема измерения  $R_{пер}$ , соответствующая требованиям EN 50405, представлена на рис. 3. После измерения  $R_{\perp}$ , УВ устанавливались на трехрядный полз в котором крепление осуществлялось текстолитовыми или стальными корытцами без защитного покрытия. Для измерений использовался полз со средней степенью повреждения коррозией. В процессе измерения использовались УВ различных производителей России, Украины, Словакии с разной твердостью.

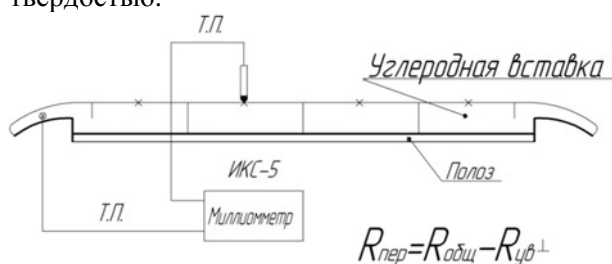


Рис. 3. Схема измерения переходного сопротивления «углеродная вставка – полз»

По крайним рядам вставок  $R_{пер}$  составило 0,1-0,2 Ом (100 мОм – 200 мОм), а по среднему ряду  $R_{пер}$  находилось в пределах от 33 Ом до 40 кОм. После удаления ржавчины с каркаса полоза и применения очищенных стальных корытца значения  $R_{пер}$  по среднему и крайнему рядах УВ выравнивались и составили 80-150 мОм. Таким образом, значение переходного контактного сопротивления между УВ и каркасом стального полоза в 10-20 раз превышает значение электрического сопротивления самой вставки.

При нанесении на очищенный каркас полоза защитной электропроводной смазки  $R_{пер}$  составило не более 40 мОм. Следовательно, даже в этом случае значение  $R_{пер}$  для отечественных полозов во много раз превышает зарубежные аналоги.

В табл. 2 представлены примеры профилей токосъемных вставок, выпускаемых фирмами Morgan Carbon, PanTrac, Hoffmann (Schunk). Наиболее широко применяются профили ТВ шириной 60 мм и высотой 18-30 мм.

На рис. 4 показаны примеры установки ТВ на различные конструкции полозов зарубежного производства.

|        |  |        |  |
|--------|--|--------|--|
| CS0039 |  | CS1212 |  |
| CS1213 |  | CS1216 |  |
| CS1222 |  | CS1226 |  |
| CS1244 |  | CS1250 |  |
| CS1252 |  | CS1253 |  |
| CS1256 |  | CS1257 |  |
| CS1260 |  | CS1262 |  |
| CS1263 |  | CS1267 |  |
|        |  |        |  |
|        |  |        |  |
|        |  |        |  |
|        |  |        |  |

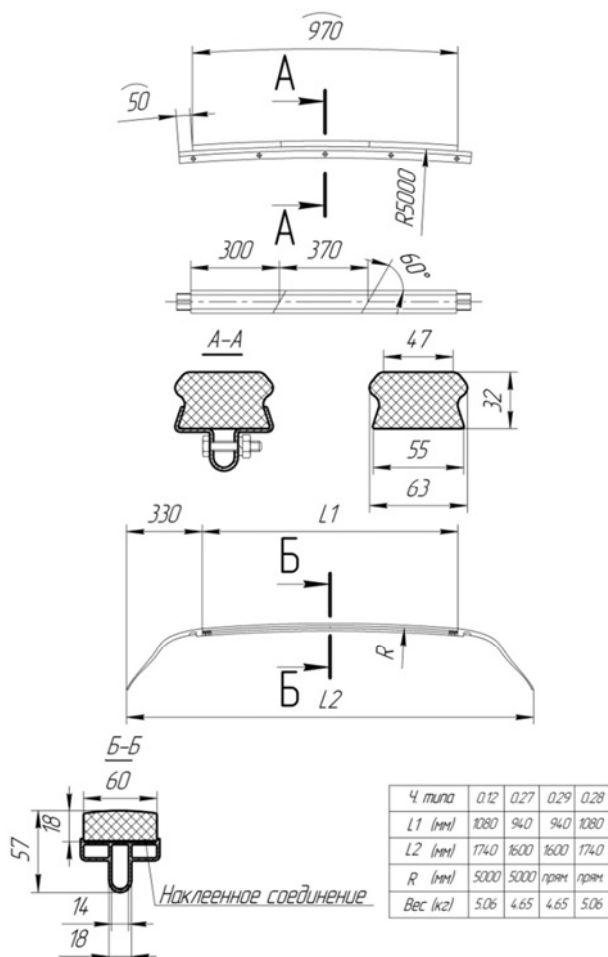


Рис. 4. Примеры установки ТВ на полоза зарубежного производства

## Выводы

Приведенный краткий сравнительный анализ конструкций токосъемных узлов позволяет сделать следующие выводы:

1. Качество изготовления полозов токоприемников ЭПС, сборка ТВ, требования нормативной документации в отечественной практике значительно уступают зарубежным аналогам.

2. С целью снижения линейной плотности тока и увеличения межремонтного пробега УВ, с учетом зарубежного опыта, более целесообразно применять широкий профиль, например, черт. 3 на рис. 5.

3. При использовании ТВ на металлоуглеродной основе с содержанием меди до 20% масс. и удельном электрическом сопротивлении до 8 мкОм•м наилучший результат достигается с применением профиля вставки, изготовленной по черт.1 (рис.5).

4. При развитии высокоскоростного железнодорожного транспорта необходима разработка профиля ТВ обтекаемой аэродинамической формы и полоза с уменьшенной массой.

В отечественной практике в настоящее время используется в основном один профиль (черт. 2), хотя в ГОСТ 14692-78 было предусмотрено несколько типов поперечного сечения УВ (рис. 5).

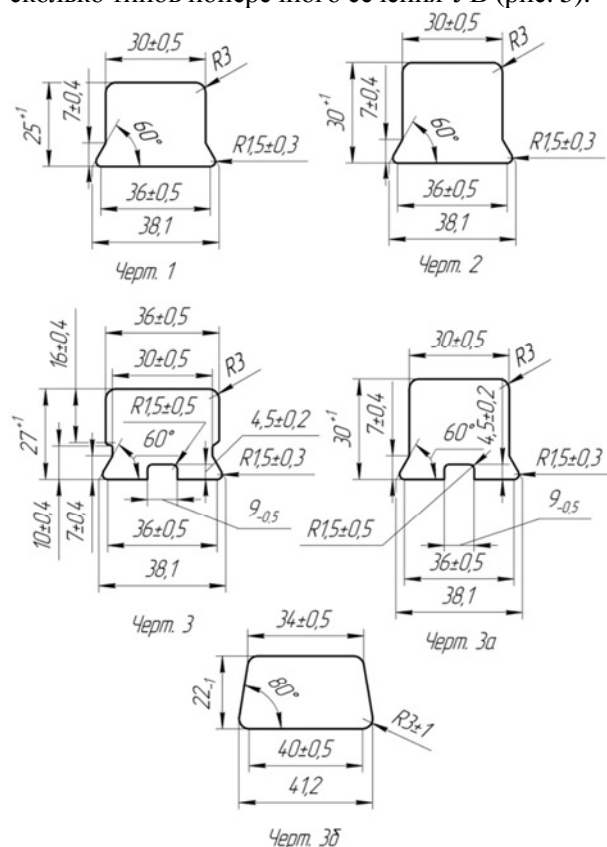


Рис. 5. Профили углеродных вставок отечественного производства по ГОСТ 14692-78

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Купцов Ю.Е. Увеличение срока службы контактного провода. – М.: Транспорт, 1972. – 160с.
2. Купцов Ю.Е. Беседы о токосъеме, его надежности, экономичности и о путях совершенствования. – М.: Модерн – А, 2001. – 256 с.
3. А.С. 296670 (СССР).
4. Технологическая инструкция по техническому обслуживанию и ремонту токоприемников ТИ-514.
5. EN 50405. EUROPEAN STANDARD. Railway applications, current collection systems, pantographs, testing methods for carbon contact strips. – 2006. – p.16
6. Электротехнический справочник. Том 1. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 488с.

**Ключевые слова:** токоприемник, контактная сеть, переходное электрическое сопротивление, токосъемная вставка.

**Ключові слова:** струмоприймач, контактна мережа, перехідний електричний опір, струмознімальна вставка.

**Keywords:** pantograph, contact network, transitional electric resistance, collector insertion.