

Инновационный несущий трос контактной сети железных дорог

В. Н. Курьянов,

к.т.н, доцент кафедры «Электроэнергетика и электротехника» филиала НИУ «МЭИ»

М. М. Султанов,

к.т.н, доцент кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» филиала НИУ «МЭИ»

В. А. Фокин,

директор ООО «Энергосервис»

Показателем эффективности использования электрической энергии однозначно является уровень технических потерь при ее транспортировке и использовании, а снижение потерь и повышение эффективности – задача всего общества.

Введение

К приоритетным задачам «Энергетической стратегии ОАО «РЖД» на период до 2015 года и на перспективу до 2030 года», которая разработана в рамках Стратегии развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 и определяет направление политики энергоэффективности в ОАО «РЖД», относится значительное повышение показателей энергетической эффективности во всех сферах деятельности, в том числе в тяговой сети, на которую приходится большая часть потребляемой электрической энергии. Основные элементы и способы подвесок контактной тяговой сети представлены на рисунке 1.

Качество токосъема зависит от положения контактного троса в вертикальной плоскости, который подвешивают к несущему тросу, закрепленному на поддерживающих устройствах с помощью струн. Сопротивление тяговой сети зависит от марки и числа проводов контактной сети, их взаимного расположения, расстояния до проводов соседних путей и до рельсов, числа путей. Возможны несколько конструктивных мероприятий изменения стрелы провеса несущего троса таким образом, что при изменении температуры окружающей среды изменяется стрела провеса несущего

Реклама

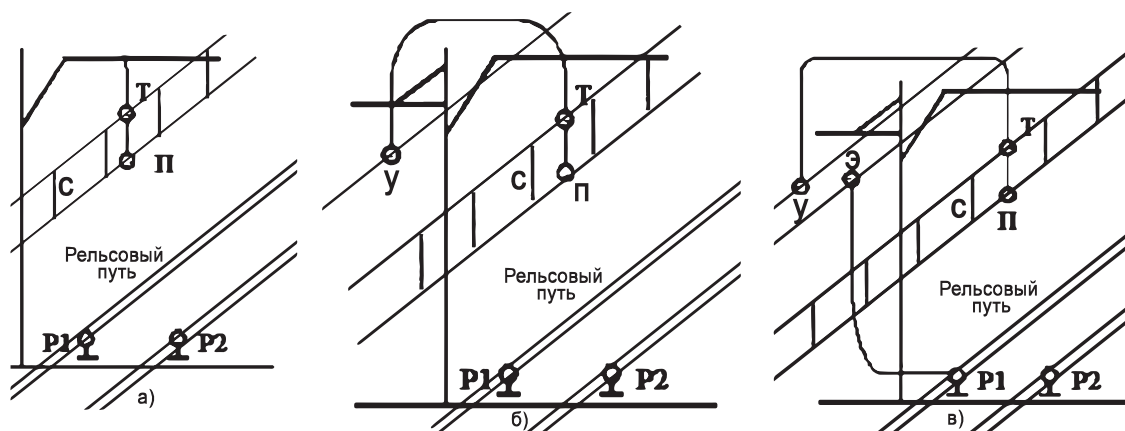


Рис. 1. Расположение проводов и несущего троса тяговой сети:
 а) несущий трос (Т), контактный провод (П), рельсовый путь, струны (С);
 б) то же с усиливающим проводом;
 в) несущий трос, контактный провод, усиливающий провод У, экранирующий Э (обратный) провод, подключенный параллельно рельсам.

го троса, а положение контактного провода остается постоянным.

В мировой практике для повышения износостойкости и механической прочности применяют бронзовый контактный провод, а также сплавы с присадками кадмия, магния, хрома, циркония, а в некоторых странах – серебра (ФРГ, Япония) и других металлов. Это в разной степени улучшает механические характеристики провода, но ухудшает электрические параметры, что

ограничивает его применение на участках с интенсивным движением, а также значительно увеличивает его стоимость.

Несущий трос также является важным элементом тяговой сети как с точки зрения энергоэффективности, так и с точки зрения обеспечения надежности. Наличие несущего троса позволяет задать контактному проводу беспровесное положение в пролете и смонтировать его с наименьшей стрелой провеса.

Инновационный несущий трос

Российские разработчики создали изделия, обладающие одновременно высокой механической прочностью, незначительно изменяющейся длиной при колебаниях температуры, устойчивостью к коррозии, электрической проводимостью меди, имеющие лучшие аэродинамические характеристики, стандартные диаметры, достаточно технологичные при серийном производстве. При этом изделия совместимы со стандартной арматурой. Компактированные, пластически деформированные несущие тросы марки МК способны выполнять функции не только несущего троса, но и усиливающих проводов, электрических соединителей контактной подвески и проводов фидерных линий.

Принципиально новый медный несущий трос большей прочности без использования сплавов, увеличивающих потери, обладает целым рядом преимуществ:

- снижает амплитуду и интенсивность пляски;
- снижает вероятность обрыва при нанесении тросу повреждений в результате внешних воздействий;
- снижает уровень усталости металла в тросе;
- увеличивает жизненный цикл за счет самогашения колебаний;
- уменьшает налипание снега и образование наледи за счет уникальной конструкции;
- обладает высокой механической прочностью;
- обладает незначительно изменяющейся длиной при колебаниях температуры;
- устойчив к коррозии;

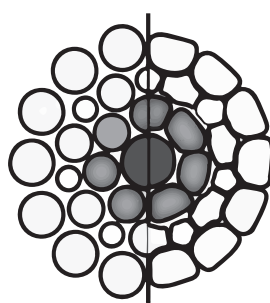


Рис. 2: а) разрез несущих тросов круглой и компактированной формы; б) внешний вид тросов.

- имеет достаточную электрическую проводимость;
- имеет лучшие аэродинамические характеристики;
- имеет стандартные диаметры;
- достаточно технологичный при серийном производстве, при этом без значительного удорожания конечного продукта.

В качестве примера рассмотрим медный компактированный несущий трос марки МК-120. Он состоит из 36 уплотненных медных проволок различного диаметра и имеет при этом большее сечение, повышенное разрывное усилие и более низкое удельное сопротивление. Сечения несущих тросов стандартного М-120 и компактированного МК-120 приведены на рисунке 2. Сравнительная характеристика некоторых тросов, применяемых в РФ (табл. 1).

Таким образом, использование троса марки МК-120 при одинаковом сечении с М-120 позволяет передавать большую электрическую мощность при меньших потерях электроэнергии, а при оценке экономиче-

Табл. 1. Сравнительная характеристика некоторых тросов, применяемых в РФ

Показатель	Трос		
	М-120	М-150	МК-120
Номинальный диаметр, мм	14,0	15,8	14,0
Номинальное сечение, мм ²	120	150	120
Расчетная площадь сечения всех проволок в тросе, мм ²	117,0	148,0	140,06
Расчетная масса 1 000 м троса, кг	1 045	1 321	1 251
Удельное электрическое сопротивление при температуре 20 °С, Ом/км	0,1580	0,1238	0,1383

ской целесообразности при сравнении с М-150 несущий трос МК-120 также может использоваться как эквивалент, но при меньшем сечении. То есть имеется возмож-

ность провести реконструкцию существующих контактных подвесок железных дорог с увеличением пропускной способности в существующих опорных конструкциях.

Результаты расчетно-аналитического исследования и оценки эффективности применения инновационного несущего троса

Национальным исследовательским университетом «МЭИ» (филиал, г. Волжский) проведены расчетно-аналитические исследования технических потерь электрической энергии в контактной сети, определена экономическая эффективность применения несущего троса марки МК.

В качестве объекта исследования рассмотрена контактная сеть дистанции электропитания железных дорог. Предметами исследования являлись три участка электрической сети. В статье рассмотрен однопутный участок контактной сети с двухсторонним питанием длиной 83,53 км (контактная сеть выполнена проводами марок М-120 + МФ-100 и рельсами типа Р65).

Расчеты проводились согласно методу равномерного распределения нагрузки. Он позволяет определить изменения искомых значений потерь электрической энергии при изменении каких-либо параметров. В

соответствии с данным методом значение равномерно распределенной нагрузки, приходящейся на единицу длины, выбирается так, чтобы общий расход энергии на линии оставался равным действительному значению.

Произведены расчеты потерь мощности и энергии для стандартного и компактированного проводов за летний и зимний месяцы. Результаты расчета представлены в таблицах 2 и 3.

Для той же контактной сети, но при наличии усиливающего провода марки А-185 расчетные значения приведены в таблицах 4 и 5.

Аналогичные расчеты проведены и для различных марок несущего троса. Результаты представлены на графике (рис. 3).

По расчетным значениям потерь энергии выполнен сравнительный анализ эффективности применения компактированного несущего троса и стандартного для эксплу-

Реклама

Табл. 2. Расчетные значения потерь мощности и энергии

Наименование	Марка несущего троса	
	М-120	МК-120
Среднее за август 2014 года значение потерь мощности, кВт	62,518	59,27
Среднее за январь 2015 года значение потерь мощности, кВт	62,47	59,23
Потери энергии за август 2014 года	кВт·ч	46 513,46
	%	44 101,652
Потери энергии за январь 2015 года	кВт·ч	46 479,86
	%	44 069,798
		0,88
		0,83
		0,88
		0,84

Табл. 3. Усредненные расчетные значения потерь мощности и энергии

Марка провода	М-120	МК-120
Потери мощности, кВт	62,49	59,25
Потери энергии, кВт·ч/мес	46 496,66	44 085,72
Потери энергии, кВт·ч/год	557 959,92	529 028,7

Табл. 4. Расчетные значения потерь мощности и энергии при наличии усиливающего провода

Наименование	Марка несущего троса		
	М-120	МК-120	
Среднее значение потерь мощности за август 2014 года, кВт	49,088	48,16	
Среднее значение потерь мощности за январь 2015 года, кВт	49,052	48,127	
Потери энергии за август 2014 года	кВт·ч	36 521,68	35 832,592
	%	0,7	0,68
Потери энергии за январь 2015 года	кВт·ч	36 495,301	35 806,711
	%	0,7	0,68

Табл. 5. Усредненные расчетные значения потерь мощности и энергии при наличии усиливающего провода

Марка провода	М-120	МК-120
Потери мощности, кВт	49,07	48,14
Потери энергии, кВт·ч/мес	36 508,49	35 819,65
Потери энергии, кВт·ч/год	438 101,886	429 835,82

атируемого участка сети. Простой срок окупаемости при замене несущего троса на трос марки МК составляет 6 лет, а дисконтированный срок окупаемости – 11 лет при снижении потерь электрической энергии более 40 000 кВт·ч/год.

Отделом «Контактная сеть и токоъем» АО «ВНИИЖТ» представлены результаты испытаний компактированного медного несущего троса для контактной сети железных дорог. Показано, что при существующей конструкции троса МК с учетом дополнительного обжатия и уплотнения проволок в сечении предусматривается повышенный коэффициент использования площади поперечного сечения; снижается удельное электрическое сопротивление тяговой сети; повышается нагрузочная способность контактной подвески

с увеличением ее термической устойчивости. Программа тестов была значительно расширена с учетом моделирования максимального количества факторов, воздействующих на несущий трос в реальных условиях. Испытания включали в себя проверку на терморазупрочнение с нагревом до 155 °С на дугостойкость, изгибную стойкость, низкотемпературной ползучести, на стойкость к воздействию вертикальных колебаний (эоловой вибрации) с многократным нагревом до 100 °С и ряд других тестов, в том числе впервые проводившихся для несущих тросов.

Так, при испытании образцов на стойкость к воздействию эоловой вибрации с циклическим изменением температуры троса от 7 до 97 °С число полуволн колебаний вибрации между устройством возбуждения

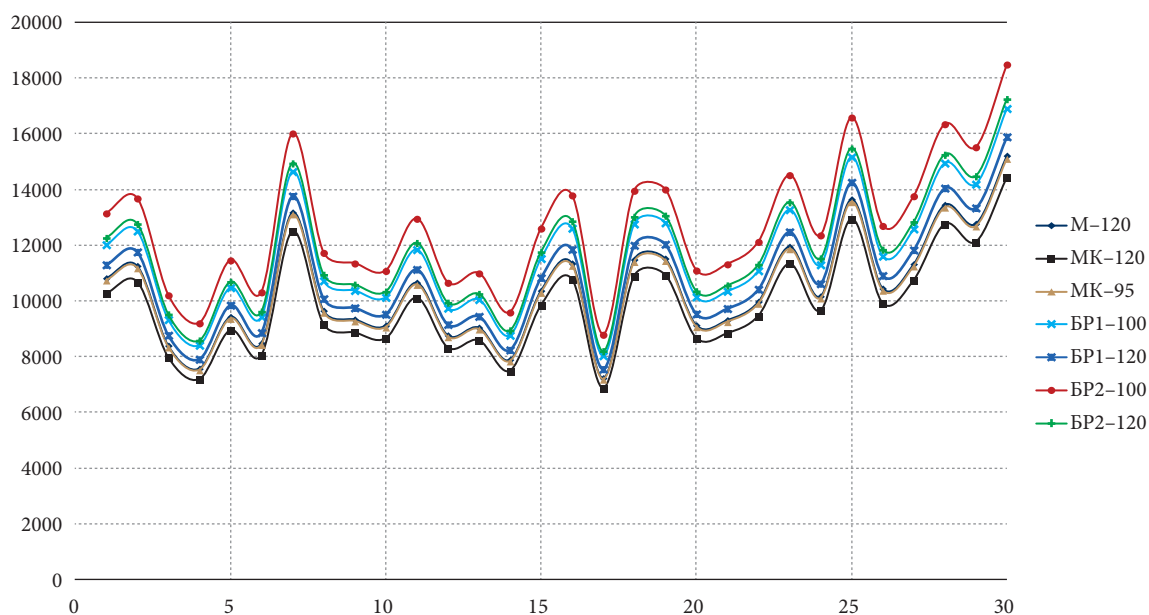


Рис. 3. Зависимость суточного изменения потерь электрической мощности при различных вариантах несущих тросов за расчетный период

вибраций и одним из натяжных зажимов – не менее 5. Величина амплитуды вибрации контролировалась при помощи оптического клина. Тяжения в процессе испытаний поддерживались постоянными, обеспечивающим резонансные колебания пролета. Величина тяжения составляла 20-45% разрывного усилия и устанавливалась с помощью рычажного нагружающего устройства на резонансной частоте в диапазоне 20-70 Гц с амплитудой скорости в пучности волны вибрации 0,5 м/с. Контроль тяжения осуществлялся динамометром.

При испытании на стойкость к воздействию пляски (галопированию) после теста на эоловую вибрацию воспроизводились циклические растягивающие нагрузки, действующие на трос во время пляски, также при разных температурах.

Стоит отметить, что снижение прочности происходит в допустимых пределах даже

после двойного перегрева до 155 °С после всех вышеописанных тестов. Растяжение троса при нагреве не зафиксировано. При этом, учитывая большее сечение пластически деформированного троса, сила тока, приводящая к перегреву, будет значительно выше, чем у стандартного изделия.

Проведены дополнительные исследования при нагреве до 200 °С. Разрыв произошел при нагрузке 36,8 кН, время нагрева – 90 мин., сила тока – 1 560 А. Программа проведения испытаний компактированного медного несущего троса включала в себя не только исследование самого изделия, но и разработку системы «трос-зажим». С учетом минимизации возможных затрат на внедрение и эксплуатацию исследования проводились с использованием стандартных зажимов. Система «трос-зажим» также прошла полный цикл сертификационных испытаний.

Перспективы применения инновационного несущего троса марки МК

На 79-й Генеральной ассамблеи Международной электротехнической комиссии (МЭК) в Минске в 2015 году на заседании комитета ТС-9 «Электрическое оборудование и системы для железных дорог» российской делегацией представлена информация о действующем межгосудар-

ственном стандарте ГОСТ 32697-2014 «Тросы контактной сети железной дороги несущие», включая данные о компактированных тросах, а также предложено инициировать разработку нового стандарта МЭК по несущим тросам контактной сети железных дорог.

Выводы

Замена несущего троса различных марок на инновационный пластически деформированный трос марки МК согласно расчетно-аналитическим исследованиям для рассмотренных участков сети обеспечивает экономию от снижения потерь электрической энергии в пределах 6-22% в зависимости от протяженности и загруженности тяговой сети. Наиболее эффективна замена несущего троса на участках контактной сети с высокими расходами электрической энергии и интенсивностью движения поездов.

При реконструкции и строительстве новых участков контактной сети железных дорог в отсутствие усиливающих прово-

дов целесообразно применение инновационного пластически деформированного (компактированного) несущего троса марки МК. Компактированные тросы обладают лучшими характеристиками по удельному электрическому сопротивлению за счет большего количества меди при одинаковом диаметре, а также большей пропускной способностью и прочностью.

Группа продолжает активную работу по анализу национальных стандартов по тросам стран МЭК и в октябре представит итоговый вариант содержания предполагаемого стандарта для начала работы по его корректному итоговому наполнению с учетом консенсуса всех экспертов. 