

Монтаж и техническое обслуживание контактной сети

В документе МСЖД 791 Е оговорено требование максимально возможной надежности контактной сети при условии наличия соответствующих технических средств и обеспечения экономической эффективности. С экономической точки зрения, если только железные дороги стремятся к поддержанию устройств электрической тяги в работоспособном состоянии, в настоящее время нет альтернативы применению современных технологий. Поэтому разработке прогрессивных технических средств механизации работ на контактной сети придается особое значение.

Машины для работ на контактной сети

Первую машину для технического обслуживания контактной сети компания Plasser & Theuер выпустила в 1981 г. Как для этой, так и для машин последующей разработки компания предпочла использовать гидравлический привод рабочих органов и электронные системы управления. Еще одним принципом проектирования машин, которого компания постоянно придерживается, является обеспечение удобного доступа ко всем узлам и деталям контактной подвески в целях достижения максимальной производительности работ по их монтажу, демонтажу и обслуживанию.

Этот подход был наглядно реализован в 1990 г., когда Plasser & Theuер создала первый поезд МТW 100.017 (рис. 1) для замены элементов контактной подвески, введенный в эксплуатацию компанией Banverket, ответственной за состояние и эксплуатацию инфраструктуры железных дорог Швеции. Эта машина могла выполнять работы по подвеске и регулированию натяжения контактного провода и несущего троса. Продолжительность окна, требуемого для выполнения этих работ, в результате внедрения поезда была сокращена с 5 сут до 5 ч, и по их завершении можно было сразу возобновлять движение поездов с установленной скоростью.

Таким образом, был сделан важный шаг от механизации отдельных операций к полной механизации всего технологического процесса, причем никаких дополнительных работ по корректировке механических характеристик контактной подвески не требовалось.

Затем для железных дорог Австрии был построен поезд аналогичного назначения, получивший серийное обозначение FUZ. Этот поезд, помимо контактного провода и несущего троса, мог также подвешивать усиливающий и обратный провода и регулировать их натяжение. Применение этого поезда позволило осуществлять обновление контактной подвески за два прохода. Во время первого прохода подвешивались и регулировались усиливающий и обратный провода, во время второго — контактный провод и несущий трос. В состав поезда входили основной рабочий вагон и несколько вспомогательных вагонов, в том числе платформы с барабанами, склад и мастерская.

Монтажный поезд той же серии FUZ, построенный для железных дорог Польши (рис. 2), оснащен тремя консольными устройствами для одновременного подвешивания одного несущего троса и двух



Рис. 1. Поезд МТW 100.017 железных дорог Швеции



Рис. 2. Рабочая платформа поезда FUZ железных дорог Польши

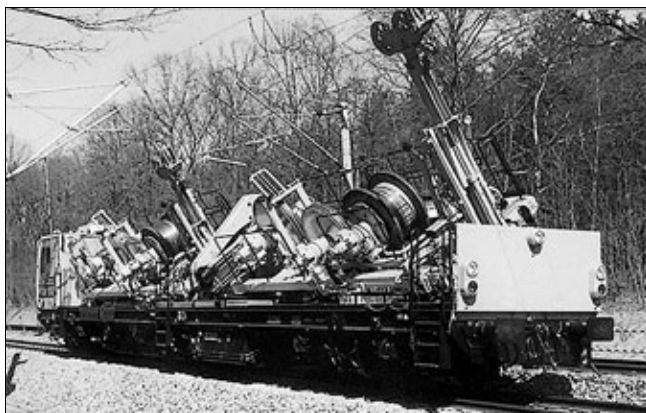


Рис. 3. Рабочая платформа поезда FUM 100.128 железных дорог Германии

контактных проводов, как это требуется для линий, электрифицированных на постоянном токе.

Железным дорогам Италии Plasser & Theurer поставила поезд FUM 100.080. Этот поезд впервые был оснащен двумя телескопическими вышками вместо кранов для подъема проводов на нужную высоту. Каждая из этих вышек опирается непосредственно на общее со своей лебедкой основание. Основание имеет возможность поперечного перемещения в соответствии с проектным зигзагом контактного провода, и поэтому провод мягко сматывается с барабана и поднимается на нужную высоту над УГР без скручивания. Кроме того, это позволяет также компенсировать проектные отклонения от оси пути при подвешивании контактного провода в кривых, где опоры установлены со смещением. Важно также, что предусмотрена возможность работы и в концевых частях анкерных участков, где имеют место сложные пересечения проводов. Таким образом, ничто не препятствует плавному сматыванию провода с барабана и перемещению его через фрикционную лебедку и телескопическую вышку в нужное место с точными координатами по горизонтали и вертикали.

За счет использования данного поезда продолжительность работ по монтажу контактной подвески на анкерном участке удалось сократить до 3 ч.

На железных дорогах Китая в соответствии с местными условиями подобные монтажные поезда всегда используются в паре. При такой организации работ подвешивание и фиксация контактного провода и несущего троса на консолях осуществляются одновременно, но по принципу «через опору».

Рабочие органы и системы управления

Наиболее современной машиной для монтажа и технического обслуживания контактной подвески является поезд FUM 100.128, поставленный компанией Plasser & Theurer отделению строительства и содержания объектов инфраструктуры железных до-

рог Германии DB Bahnbau. Его основной элемент — четырехосная платформа обычной конструкции (рис. 3), одна из тележек которой выполнена моторной, так что поезд в процессе работы имеет возможность передвижения от собственного тягового привода с гидравлической передачей. Все органы управления сосредоточены в одной кабине. На платформе установлены два идентичных лебедочных узла с телескопическими вышками, работающих независимо друг от друга. Одновременно можно подвешивать или один контактный провод и несущий трос, или два контактных провода, или два несущих троса.

Каждый лебедочный узел вместе с телескопической вышкой и барабаном с проводом (здесь имеется в виду как контактный провод, так и несущий трос) смонтирован на наклоняемом основании. Барабан имеет возможность перемещения в поперечном направлении. Величина перемещения регулируется автоматически так, чтобы провод сматывался с барабана и проходил через лебедку строго прямолинейно вне зависимости от их взаимного расположения.

Каждая фрикционная лебедка имеет четыре шкива, вращающиеся на индивидуальных подшипниках. Необходимое механическое натяжение провода постоянно поддерживается на заданном уровне за счет гидравлических тормозных устройств, воздействующих как на барабан, так и на шкивы лебедки. Контроль за натяжением осуществляется электронным устройством, сравнивающим фактическое и заданное значение натяжения на выходе из лебедки. При этом фактическое натяжение определяется с помощью тензометрического датчика, а рассчитанные компьютером величины корректирующего воздействия автоматически подаются на регулировочные клапаны гидравлических систем барабана и лебедки. Таким образом в системе управления обеспечивается обратная связь с непрерывным мониторингом режима раскатки провода. Каждый из шкивов фрикционной лебедки регулируется отдельно через собственный привод и контрольный клапан. Благодаря всему этому поддерживается постоянство усилия натяжения в широком диапазоне от 4 до 30 кН. Схема системы управления и контроля за рабочими органами поезда FUM 100.128 приведена на рис. 4.

Одной из проблем, возникающих при работе поезда, является соблюдение заданного режима работы при трогании поезда с места или изменении скорости движения. При отпуске тормозов поезда должно быть обеспечено равновесие между силой тяги и натяжением раскатываемого провода. Любой дисбаланс может привести к недопустимому искажению величины натяжения, а это, в свою очередь, обуславливает неравномерность характеристик контактной подвески по длине участка. Еще более неблагоприятное положение возникает при резком трогании, когда может

иметь место слишком сильное натяжение провода. Сверхвысокое напряжение в металле провода приводит к его повреждению и даже к разрыву, что создает опасную ситуацию на месте работ.

Поэтому Plasser & Theurer при разработке всех самоходных машин для монтажа и обслуживания контактной сети предусматривает, что оператор при необходимости трогания поезда с места только подает команду на включение двигателя тягового привода. В тяговой передаче после этого обеспечивается постепенное нарастание давления рабочей жидкости до того значения, при котором осуществляется плавное, без рывка трогание, ускорение которого определяется как местными условиями (например, уклоном пути), так и усилием натяжения провода. В это же время происходит постепенный отпуск тормозов экипажа и фрикционных лебедок. Данный процесс контролируется микропроцессорной системой управления, так что плавность трогания и набора скорости достигается при всех условиях и независимо от квалификации оператора.

Следует отметить, что оператор, как правило, снабжен пультом дистанционного управления и благодаря этому может управлять машиной с любого удобного места, которое обеспечивает ему оптимальный обзор места работ (например, с подъемной платформы другого вагона, входящего в состав поезда).

Все органы управления поездом интегрированы в единую компьютеризированную систему и связаны общей информационной шиной. Состояние всего оборудования отображается на мониторе. Сведения об отказах и неисправностях, корректирующих воздействиях оператора и т. п. регистрируются и хранятся в памяти компьютера, их можно перегрузить в стационарный компьютер более высокого уровня управления для обработки и обобщения, что позволяет на этой основе выработать мероприятия по улучшению как работы самой машины, так и организации ее использования.

Частные технические решения

Механизация производственных процессов предполагает, помимо прочего, максимально возможное освобождение персонала от тяжелого физического труда и обеспечение его безопасности на рабочих местах. В данном случае эти цели достигаются путем тщательной предварительной подготовки подлежащих раскатке контактного провода и несущего троса, а также крепежных элементов. Следует обеспечить достаточную подвижность подъемных платформ, чтобы они могли доставлять персонал непосредственно к месту работ. Необходимо также иметь достаточную мощность бортовой системы электропитания для бесперебойного питания рабочих ор-

ганов машины, вспомогательных инструментов и освещения рабочих мест. В целях безопасности и исходя из иных соображений персонал на подъемных платформах должен иметь возможность управлять наклоном и продольным перемещением машины и

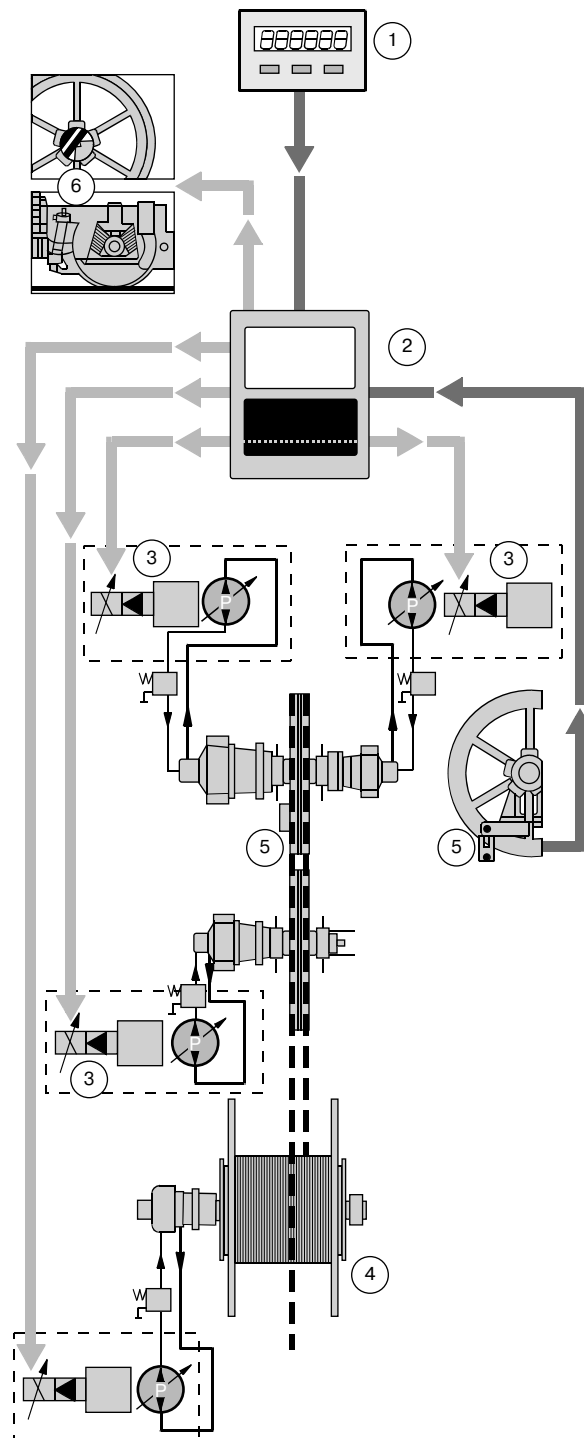


Рис. 4. Система управления и контроля за рабочими органами поезда FUM 100.128:

1 — устройство ввода заданных значений; 2 — центральное электронное устройство управления и контроля; 3 — клапаны управления гидравлическим приводом фрикционных лебедок; 4 — барабан с проводом; 5 — датчик фактического значения силы натяжения провода; 6 — система управления тягой и тормозами машины

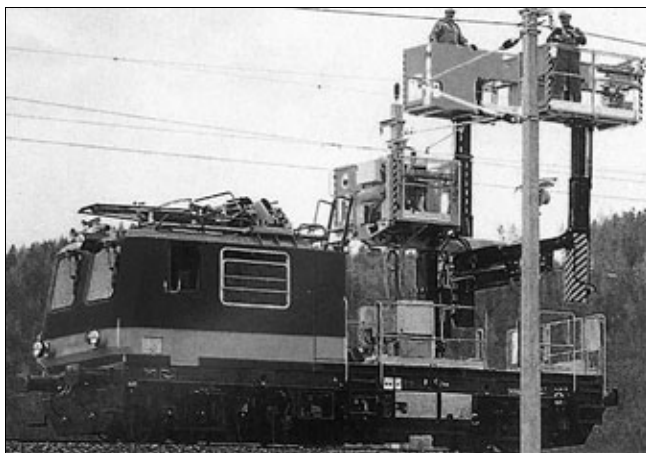


Рис. 5. Монтажный вагон MGW 10 с трехсекционной рабочей платформой

ее рабочих органов в любом направлении, для чего требуются или средства дистанционного (по радиосвязи) управления, или выносные пульта. Целесообразно также оснастить машину дополнительными органами управления, размещенными у оснований подъемных платформ и вышек.

Подъемные платформы и вышки большинства машин для монтажа и технического обслуживания контактной сети могут подниматься до высоты 5800 мм над УГР. В зависимости от конструкции и назначения грузоподъемность платформ достигает 1000 кг. У самых крупных и высокопроизводительных машин подъемные платформы, имеющие длину до 6000 мм, имеют возможность перемещения на 5000 мм в любую сторону относительно оси пути.

Одним из технических решений, позволяющих оптимально адаптироваться к условиям работ на контактной сети, является трехсекционная подъемная платформа с телескопическим приводом подъема (рис. 5). Она состоит из основной центральной части довольно большой площади (1380×2000 мм) и двух огороженных площадок меньшей площади (940×2000 мм) с обеих ее сторон. Боковые площадки могут смещаться в горизонтальном и вертикальном направлении независимо одна от другой, что позволяет одновременно выполнять работы в разных местах контактной подвески. Эти площадки имеют диапазон перемещения до 4500 мм в соответствующую сторону относительно оси пути и подъема до высоты 9000 мм над УГР. Грузоподъемность центральной части платформы составляет 500 кг, боковых площадок — 250 кг.

Доступ на подъемную платформу осуществляется по телескопически раздвигающейся лестнице. Как только кто-либо вступает на эту лестницу, все перемещения платформы автоматически прекращаются. Доступ с центральной части платформы на боковые площадки осуществляется через снабженные блокировочными устройствами двери, которые можно от-

крыть, только если соответствующая площадка находится на одном уровне и рядом с центральной частью.

Еще большую маневренность обеспечивает подъемная платформа, смонтированная на верхней оконечности выдвигной стрелы, состоящей из нескольких шарнирно соединенных колен, способных изменять взаимное расположение. Такими платформами оснащаются, в частности, монтажные вагоны серии МТW 100. Платформа площадью 2180×1200 мм может подниматься на высоту до 14 300 мм над УГР и перемещаться в горизонтальной плоскости на угол до 90 град, а также свободно вращаться вокруг своей вертикальной оси, чем обеспечивается доступ персонала практически ко всем местам контактной подвески. Более того, конструкция шарнирных соединений позволяет опускать платформу ниже УГР, что полезно, например, при монтаже и проверке креплений опор контактной сети на мостах. Грузоподъемность платформы равна 800 кг, а вся конструкция платформы и коленчатой стрелы выдерживает воздействие горизонтального усилия до 3,5 кН.

Все это позволяет поднимать контактный провод или несущий трос для крепления к консолям опор контактной сети, даже если они находятся в состоянии номинального рабочего натяжения. Вагон с такой подъемной платформой может работать при любом проектом зигзаге контактного провода в кривых и при возвышении наружного рельса до 150 мм без необходимости в применении аутригеров, что, в свою очередь, дает возможность работы при передвижении вагона с «ползучей» скоростью. Обеспечению безопасности персонала способствует также система самоустановки платформы в горизонтальное положение с допуском ± 5 град.

В состав поезда для работ на контактной сети входят не только вагоны с рабочими платформами. Для обеспечения непрерывного цикла работ с высокой производительностью требуются также вагоны с запасом провода и комплектами необходимого инструментария и инвентаря, вагоны-краны и вспомогательный подвижной состав иного назначения. Кроме того, поезд должен быть оснащен всеми необходимыми измерительными приборами и аппаратурой управления и контроля, а также заземляющими устройствами.

Краны на железнодорожном ходу используются в ходе разных работ по монтажу и техническому обслуживанию контактной сети. Они практически незаменимы при установке и снятии деталей и узлов контактной подвески больших размеров и массы, при установке и удалении опор, при монтаже жестких поперечин, перекрывающих несколько путей. Кроме того, на оконечность крановой стрелы также можно подвешивать небольшие рабочие платформы с ограждениями.

Железнодорожные краны, предназначенные для работ на контактной сети, имеют, как правило, специальное исполнение. В частности, стрелы таких кранов выполняются коленчатыми. В транспортном положении при наличии напряжения в контактной сети стрела крана находится в собранном виде и удерживается в горизонтальном положении вдоль оси пути, чтобы не нарушать принятые габариты и обеспечивать соблюдение требований правил электробезопасности. В случае необходимости выполнения каких-либо работ стрела устанавливается под прямым углом к оси пути, так что ее оконечность оказывается за пределами габарита. После этого выдвигаются следующие колена стрелы и устанавливаются в вертикальном положении сзади, т. е. с напольной стороны контактной сети. Предельная высота выдвижения верхней оконечности стрелы, на которую монтируется крюковое оборудование или рабочая платформа, может достигать 22 м.

Для обеспечения безопасности предъявляются требования как к механической части машин на железнодорожном ходу, прежде всего с точки зрения устойчивости экипажа и надежности подъемных, поворотных механизмов и стопорных устройств, так и к системе управления, которая не должна допускать неправильных действий персонала. В число необходимого оборудования для обеспечения безопасности входят устройства, предотвращающие нарушение габарита соседнего пути, блокировки перегрузки, а также датчики, сигнализирующие о приближении к находящимся под напряжением частям контактной подвески и автоматически останавливающие перемещения подвижных элементов конструкции крана в опасной зоне. Обязательным компонентом оборудования являются устройства заземления, выполненные так, чтобы защитить персонал даже в случае его ошибочных действий.

Еще одним техническим новшеством является специальное приспособление для удержания контактного провода или несущего троса при их отсоединении от консоли во время, например, ремонта или замены последней. Это приспособление, установленное на верхней оконечности стрелы монтажного вагона или железнодорожного крана, выполнено в виде нескольких шкивов, закрепленных в единой обойме, а несущая конструкция рассчитана на восприятие массы провода и силы его натяжения (до 3,5 кН), в том числе направленной под углом к оси пути. Таким образом, техническое обслуживание и ремонт контактной подвески можно осуществлять без нарушения ее механических характеристик, отрегулированных при начальном монтаже, поскольку применение шкивов устраняет трение при манипулировании проводами. Для повышения эксплуатационной гибкости и удобства работы основание

стрелы имеет возможность поперечного перемещения на 625 мм в обе стороны от оси пути.

Подобно другому оборудованию монтажных поездов, эти устройства-держатели могут управляться дистанционно. Естественно, система дистанционного управления по радио каждым рабочим органом настроена на собственную частоту, но на поезде есть так называемая общая аварийная кнопка, в случае необходимости останавливающая работу всех механизмов и устройств. Кроме того, предусмотрена взаимная блокировка органов управления, так чтобы мог быть задействован только один пульт, будь то стационарный в кабине управления или переносной у руководителя работ, находящегося вне кабины.

В системе управления тяговым приводом и тормозами машины используется так называемый пропорциональный контроллер, регулирующий силу тяги и тормозное усилие в зависимости от заданной скорости движения машины. Точное соблюдение заданной скорости особенно важно при работе в «ползучем» режиме, когда необходимо вовремя приблизиться к нужной точке и остановиться у нее. Для обеспечения точности перемещения и остановки в случае неудовлетворительной видимости на современных машинах применяются лазерные измерители расстояния и определители места.

Положение контактного провода определяется, как правило, с помощью измерительного токоприемника. Пневматический привод обеспечивает точное регулирование силы прижатия токоприемника к проводу в пределах от 5 до 250 Н. При статических измерениях устанавливаются малые значения силы, не более 10 Н. При измерениях на ходу поезда устанавливаются большие ее значения, чтобы поведение контактного провода точнее соответствовало его поведению в условиях нормальной эксплуатации, т. е. при взаимодействии с токоприемниками электроподвижного состава. Измеренные под нагрузкой значения высоты и зигзага контактного провода в сочетании с данными о расположении мест измерений обрабатываются компьютером и одновременно выводятся на дисплей в кабине управления. При наличии соответствующей аппаратуры можно, кроме того, измерять напряжение в контактной сети.

Практическое применение

С самого начала использования универсальных средств комплексной механизации работ на контактной сети (первый пример — поезд МТВ 100.017 на железных дорогах Швеции) они продемонстрировали свою высокую эффективность с точки зрения экономии времени и средств. Опыт долговременной эксплуатации показал примерно пятикратное увели-

чение производительности и двукратное сокращение расходов на заработную плату персонала.

На железных дорогах Швейцарии использование аналогичного поезда FUM 100.033, получившего название Agiane, дало схожие результаты — производительность повысилась на 40 %.

Специалисты железных дорог Австрии подсчитали, что в результате внедрения высокопроизводительных машин для механизации монтажа и технического обслуживания контактной сети средняя продолжительность выделяемых для таких работ окон уменьшилась с 8 до 2,3 ч, стоимость работ снизилась на 60 %, а расходы на заработную плату — на 35 %. Опыт показал, что применение средств комплексной механизации при работах на контактной сети позволяет увеличить примерно в 2 раза длину участка, обрабатываемого в течение рабочей смены, а для выполнения одинакового объема работ требуется на 35 % меньше персонала, чем ранее.

Кроме того, установлено, что при работе с машинами и кранами, оснащенными перемещающимися в широких пределах рабочими платформами, повышается и качество выполнения работ. Таким образом, обеспечивается одновременное достижение поставленных целей в аспектах производительности, качества и безопасности, а, как известно, при традиционной организации труда указанные требования зачастую противоречат друг другу.

Исходя из этого в Австрии принято решение создать на основе монтажных поездов так называемые центры компетенции и разместить их на сети железных дорог так, чтобы достичь оптимального охвата электрифицированных линий и участков с обеспечением оперативного доступа в нужное место сети. Средства комплексной механизации работ на контактной сети эффективны и с экономической точки зрения — капитальные вложения на их приобретение окупаются в среднем в течение 6 лет.

Прогресс в измерительной технике

Решения о необходимости выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту контактной сети в настоящее время все чаще принимают исходя из ее фактического состояния. Для этого необходимо знать точные значения ее параметров.

В современных системах измерение параметров контактного провода и подвески в целом осуществляется с использованием видео- и лазерных технологий, причем выполнение измерений не должно создавать помех для регулярного движения поездов.

Поэтому были разработаны технические средства измерений, адаптированные к установке на движущемся подвижном составе и способные одновременно измерять параметры до четырех проводов с привязкой к местоположению конкретных опор контактной сети (с помощью специальных детекторов) и регистрацией результатов измерений.

При планировании работ по замене элементов контактной подвески важно точно знать их остаточный ресурс. Этот ресурс, в свою очередь, определяется как обычным износом в процессе эксплуатации, так и наличием повреждений, вызванных, например, возникновением дуги между токоприемником и контактным проводом при кратковременном прерывании контакта под нагрузкой.

Для определения износа контактного провода применяются бесконтактные методы измерения ширины так называемой полосы износа. Принцип состоит в том, что первоначальное поперечное сечение контактного провода в его нижней части имеет очертания круга, но в результате воздействия токоприемника там образуется плоская поверхность, имеющая ширину, прямо пропорциональную вертикальному износу, т. е. снятию материала и уменьшению высоты сечения, а именно этой высотой определяется срок службы провода. Периодические измерения позволяют определить темп изнашивания контактного провода и тем самым предсказать, когда его следует заменить. Применяемые в настоящее время технические средства дают возможность осуществлять измерения при движении со скоростью до 120 км/ч.

Бесконтактный метод используется и при определении силовых и динамических факторов взаимодействия токоприемника и контактного провода. Для этого измеряются имеющие место в процессе контакта силы и ускорения.

Применяемые при этом видеокамеры с высоким разрешением обеспечивают запись изображений не только токоприемника и контактного провода, но и остальных элементов контактной подвески — несущего троса, струн, крепежной арматуры и т. п. Такие измерительные системы могут работать при движении со скоростью до 300 км/ч.

Компания Plasser & Theurer оснастила несколько инспекционных вагонов серии EM подобными системами. Такое сочетание позволяет получать более полное представление о состоянии пути и контактной сети.

R. Wenty. Railway Technical Review, 2005, № 2, p. 20 – 24.