

УДК 681.518.5+625.172

В. В. Хорошев

Санкт-Петербург-Сортировочный-Московская дистанция сигнализации, централизации и блокировки Октябрьской дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД», кафедра «Компьютерные системы управления в энергетике и биоиндустрии», Университет ИТМО

НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДВИЖНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ

Одной из целей развития холдинга ОАО «РЖД» является обеспечение безопасного курсирования подвижных единиц по сети железных дорог России. В связи со значительной территорией Российской Федерации и протяженностью сети железных дорог (второе место по протяженности в мире) вопрос безопасности имеет очень высокий приоритет. Тысячи поездов по всей России, следуя из пункта А в пункт Б, должны обеспечить безопасность движения, дабы не понести убытков и, что еще важнее, довести до места в сохранности людей. Одним из потенциально опасных элементов в инфраструктуре ОАО «РЖД» является стрелочный перевод. Часто крушения и сходы поездов происходят именно на них. Причина тому – «человеческий фактор» (неправильные действия ДСП, машиниста) или неисправности самого стрелочного перевода.

Вышеуказанные причины можно исключить, введя в эксплуатацию системы мониторинга состояния тех или иных объектов инфраструктуры. На сегодняшний день технического обслуживания стрелочных переводов, которое выполняется в определенный момент времени, недостаточно. В регионах России с трудными климатическими условиями техническое обслуживание может быть перенесено на другое время из-за погодных условий, что приведет к увеличению времени между осмотрами и обслуживанием. Своевременное обнаружение предотказного состояния особенно важно при решении вопроса увеличения безопасности на железных дорогах.

В данной статье речь пойдет о построении системы мониторинга подвижных частей стрелочного перевода. Для примера расчетов взят стрелочный перевод с маркой крестовины 1/9. Рассматриваются вопросы установки датчиков для контроля расстояния между острым и рамным рельсом, построения сети датчиков и описание функционирования данной системы на станции. Произведен перенос стрелочного перевода с маркой крестовины 1/9 на график функции и рассчитаны уравнения положения острых. С использованием методов технической диагностики и непрерывного мониторинга решается вопрос повышения безопасности передвижения составов по железным дорогам Российской Федерации.

непрерывный мониторинг; стрелочный перевод; острия; беспроводные сети; безопасность; техническая диагностика; функция; датчики; требования к стрелочным переводам; Правила технической эксплуатации; марка крестовины; график функции; подвижные части стрелочного перевода; солнечные батареи; радиочастотные датчики

Введение

Основными объектами систем железнодорожной автоматики и телемеханики являются: светофоры, рельсовые цепи и стрелочные переводы. Стрелочные переводы обеспечивают перевод состава с одного пути на другой. На сети железных дорог Российской Федерации располагается множество стрелочных переводов, различающихся исполнением переводного механизма, способом перевода, назначением [1].

Согласно информации на официальном сайте ОАО «РЖД» на 31 декабря 2015 г. на сети железных дорог России насчитывается порядка 129,3 тыс. стрелочных переводов. Значительная часть всех вышеуказанных переводов выработали свой ресурс и нуждаются в замене или модернизации. На рис. 1 представлена диаграмма старения стрелочных переводов на полигоне ОАО «РЖД».

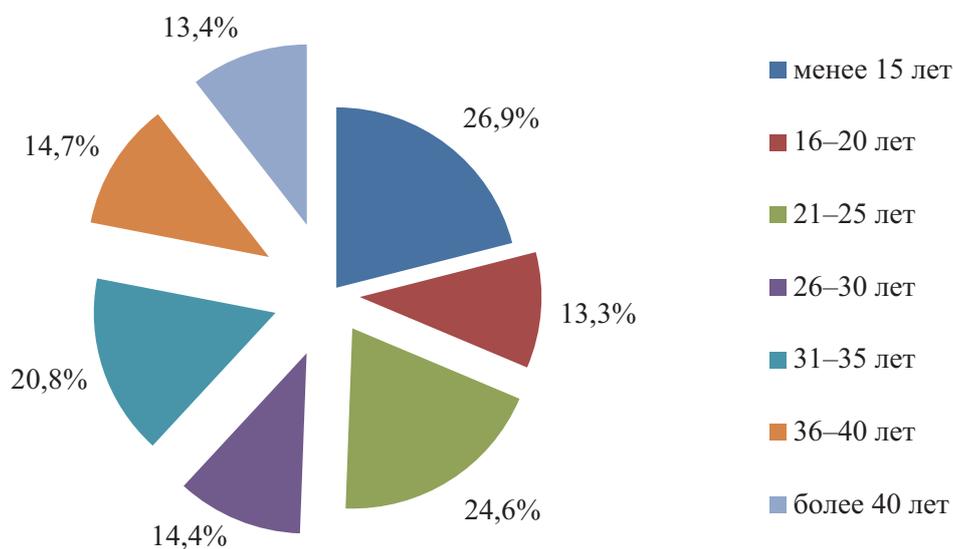


Рис. 1. Диаграмма старения стрелочных переводов

За сутки количество переводов одной стрелки может составлять до нескольких сотен раз. В зависимости от загрузки сети происходит разный износ частей стрелочного перевода. К примеру, стрелочный перевод, эксплуатируемый на грузовой станции, претерпевает больший износ, чем стрелочный перевод, находящийся на обгонном пункте, из-за веса груженых составов, количества пар поездов в сутки и возможной пробуксовки колесных пар тепловоза при маневровых работах с тяжеловесными составами. При ненадлежащей установке остряков быстрее будет происходить вытачивание, что впоследствии приведет к зазору между остряком и рамным рельсом более нормы. В целях безопасной эксплуатации производится техническое обслуживание стрелочного перевода по технологическим картам № 939 [2]

для приведения к нормам, указанным в Правилах технической эксплуатации (ПТЭ) [3]. Отметим наиболее важные положения:

– не допускать замыкания острия стрелки или подвижного сердечника крестовины при зазоре между прижатым острием и рамным рельсом или подвижным сердечником и усовиком при зазоре 4 мм и более;

– отводить другой острием от рамного рельса на расстояние не менее 125 мм, не допускать выкрашивания острия длиной 200 мм и более на главных железнодорожных путях;

– не допускать понижения острия против рамного рельса и подвижного сердечника против усовика на 2 мм и более, измеряемого в сечении, где ширина головки острия или подвижного сердечника поверху 50 мм и более, не допускать расстояния между рабочей гранью сердечника крестовины и рабочей гранью головки контррельса менее 1472 мм.

Помимо вышеуказанных параметров, персонал должен производить техническое обслуживание по специально созданным технологическим картам, выполняя по графикам работы:

- измерение времени перевода стрелки;
- измерение тока фрикции;
- измерение напряжения на двигателе;
- измерение количества переводов;
- внешний осмотр стрелочного перевода;
- внешний осмотр рельсовой цепи стрелочного перевода;
- чистку/смазку подушек остриев;
- проверку стрелочного перевода на односторонний пробой;
- проверку стрелки на закладку;
- проверку шаблона стрелочного перевода.

Как показал опыт, наиболее пагубным в данном случае, при различных проверках работы устройств, является «человеческий фактор» [4]. Для снижения вероятности отказа устройств путем исключения «человеческого фактора» внедряются системы автоматического диагностирования и мониторинга устройств [5–7]. Необходим также переход к автоматизированному обслуживанию, обслуживанию по состоянию.

Стрелочный перевод можно разделить на две части: путевое развитие и механизм перевода остриев – стрелочный привод. В настоящее время разработчики систем мониторинга имеют надежные средства автоматизированного диагностирования контрольных параметров стрелочных электроприводов, по некоторым из них можно также судить о наличии механических повреждений [8–10]. Разрабатываются способы автоматического анализа диагностической информации на основе логико-временных моделей [11, 12] и аппарата нейронных сетей [13]. Помимо возможности контроля электрических параметров стрелочных электроприводов, имеется возможность контроля зазоров между остриями и рамными рельсами [14, 15]. Тем не менее опыт

показывает, что системы непрерывного мониторинга не вполне совершенны и не дают полной картины технического состояния устройств стрелочного перевода.

1 Эксплуатируемые средства технического диагностирования и мониторинга

На сети железных дорог положительно зарекомендовали себя устройство автоматического диагностирования параметров стрелочного привода (АДСЭП) [16], контроллер диагностики усилия перевода стрелки (КДУПС) [8, 9, 17], автомат диагностики силовых параметров стрелочного электропривода АДСП [10], аппаратура бесконтактного автоматического контроля стрелочных переводов АБАКС-КС [18].

АДСЭП предназначен для прямого автоматического контроля элементов стрелочного электропривода СЭП. Измерительный контроллер устанавливается в корпусе стрелочного электропривода. Устройство должно обеспечивать получение, кодирование и передачу информации о текущем состоянии СЭП в концентратор линейного пункта по многоканальной линии. В качестве реальной среды передачи можно использовать отдельный кабель или линии обогрева. Система обеспечивает контроль рабочей и контрольной цепи, целостности обмотки электродвигателя, а также производит непрерывное диагностирование рабочих цепей СЭП – измеряет напряжения и рабочие токи.

КДУПС предназначен для контроля электрических и механических параметров стрелочных электроприводов с двигателями переменного тока в составе аппаратно-программного комплекса АПК-ДК. КДУПС осуществляют измерение линейных напряжений между фазами и фазных токов в цепях питания стрелочных электроприводов, расчет коэффициента мощности цепи ($\cos\phi$) питания электропривода, оценочной характеристики усилия перевода стрелки, измерение линейных напряжений и тока в контрольных цепях СЭП.

АБАКС-КС предназначен для дополнительного контроля положения стрелочных переводов всех типов с одновременным контролем величины физического зазора между острием и рамным рельсом (отжим не более 4 мм). Аппаратура состоит из датчиков прилегания остриев (ДПО-1) (электромагнитных), блока контроля прилегания остриев (БКПО-3), блока включения реле положения (БВРП-3), блока питания (ИП-БКПО), сигнализатора состояния стрелки (СКС-ДСП), защитного монтажного комплекта.

Диагностическое оборудование устанавливается в заранее подготовленные отверстия в рамном рельсе напротив остриев и места крепления межостриевой тяги. Измерение производится в одной точке, что позволяет

контролировать только прижатие острия возле стрелочных гарнитур. При отставании острия более чем на 4 мм срабатывает сигнализация. Информация передается в следующей форме: «0» – остряк не прижат, «1» – остряк прижат.

АДСП применяется в аппаратно-программных комплексах системы диспетчерского контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики АПК-ДК (СТДМ). Автомат выполняет такие функции, как измерение среднеквадратичных значений (СКЗ) линейных напряжений трехфазной сети в цепях питания стрелок переменного тока, измерение СКЗ значений фазных токов в цепях питания трехфазной электрической нагрузки, вычисления, на основе полученных данных, активной мощности, потребляемой двигателем во время перевода стрелки. С применением АДСП решается вопрос контроля тягового усилия.

Разработками мониторинговых систем стрелочных переводов заняты ученые во всем мире. Так, к примеру, учеными Оксфордского университета описана система мониторинга стрелочного перевода, в том числе и мониторинг переводного механизма, с помощью которой контролируются следующие параметры: прижатие острия к рамному рельсу по средствам установки специальных датчиков, контроль положения контрольных линеек в стрелочном приводе, напряжение и токи работы двигателя, контроль температуры привода и рельсов, контроль открытия замка и крышки привода. Данная система – результат совместных исследований Оксфордского университета (Соединенное Королевство) и Westinghouse Signals (Австралия). Испытание системы проходило на полигоне железной дороги в Австралии [19].

Компания United rail предлагает систему контроля за параметрами потребляемой мощности стрелочных переводов. Контроллер под названием SWITCH SENTINEL собирает и обрабатывает информацию и выдает ее в виде графиков токов, потребляемых двигателем. Система получения информации основана на методе токовых клещей. Оповещение об отклонениях в работе формируются в виде отчета и могут передаваться как с помощью SMS, так и электронной почты [20].

2 Напольное оборудование системы мониторинга

Рассмотрим идею современной мониторинговой системы стрелочного перевода.

Всю аппаратуру мониторинга можно разделить на две части – постовую и напольную.

Напольное оборудование: на стрелочных переводах располагается сеть из нескольких датчиков, расположенных по всей длине рамного рельса и острия, что позволяет получать информацию от нескольких точек.

На железных дорогах России используется несколько типов стрелочных переводов, которые различаются по марке крестовин – от менее пологих к более пологим и длинным. Рассмотрим эскиз эпюры стрелочного перевода с маркой крестовины 1/9 (рис. 2), длина такого перевода составляет 3,1 м. В зависимости от типа перевода располагают контрольные точки, где монтируются диагностические приборы.

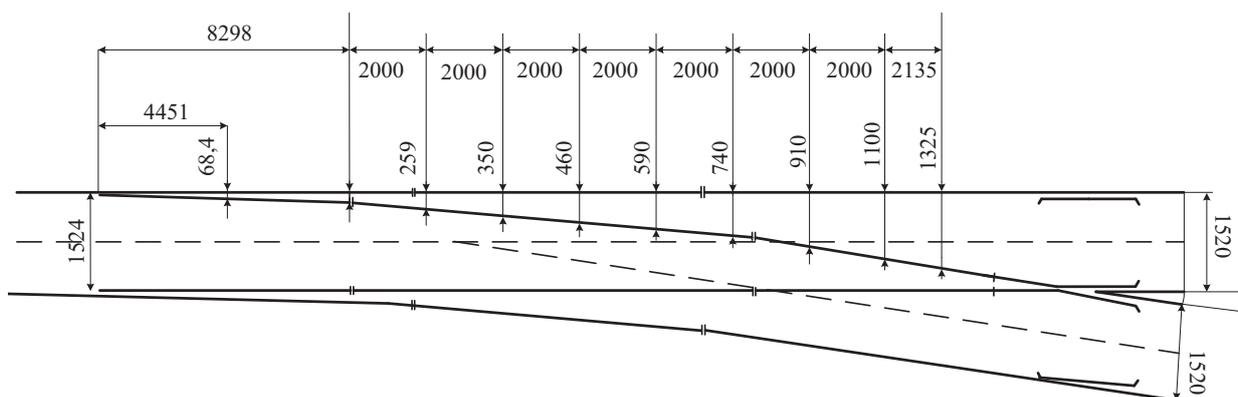


Рис. 2. Стрелочный перевод с маркой крестовины 1/9 с указанием размеров

Для расчета количества точек слежения перенесем остяжки стрелочного перевода с маркой крестовины 1/9 на график функции. Для начала перенесем левый остяжок. Примем левый прямой рамный рельс за ось X , на оси Y укажем расстояние, на которое отклоняется по чертежу остяжок относительно рамного рельса в миллиметрах. По данным размерам составим таблицу для нанесения точек на график. По табл. 1 построим кривую, характеризующую положение левого остяжка в прижатом положении с условием, что зазор между рамным рельсом и остячком 3 мм.

Таблица 1. Координаты правого остяжка

№ точки	1	2	3	4	5
Ось X	0	2074	4149	6223	8298
Ось Y	-3	-25	-67	-120	-170

По данным таблицы получим график (рис. 3).

Для удобства счета поднимем кривую на 2000 мм, чтобы график оказался над осью X , и с помощью вычислительных средств MsExcel получим функцию для этой кривой. Результат показан на рис. 4.

Воспользовавшись методом аппроксимации и построив полиномиальную линию тренда 3-й степени, видим, что линия тренда повторяет полностью график остяжка, следовательно, полученное уравнение функции также применимо к форме остяжка на стрелке с маркой крестовины 1/9:

$$y = -2^{-10}x^3 - 4^{-6}x^2 - 0,0035x + 1996,9. \quad (1)$$

Подставляя в формулу (1) любую величину X , мы можем получить значение отклонения остряка по оси Y в соответствии с нормами. Полученное уравнение можно использовать в программном обеспечении как отображение идеальной формы остряка, с которой можно сравнить фактическое значение, полученное по данным датчиков.

По аналогии перенесем стрелочный перевод на график и получим уравнение функции правого остряка. На рис. 5 графически изображен стрелочный

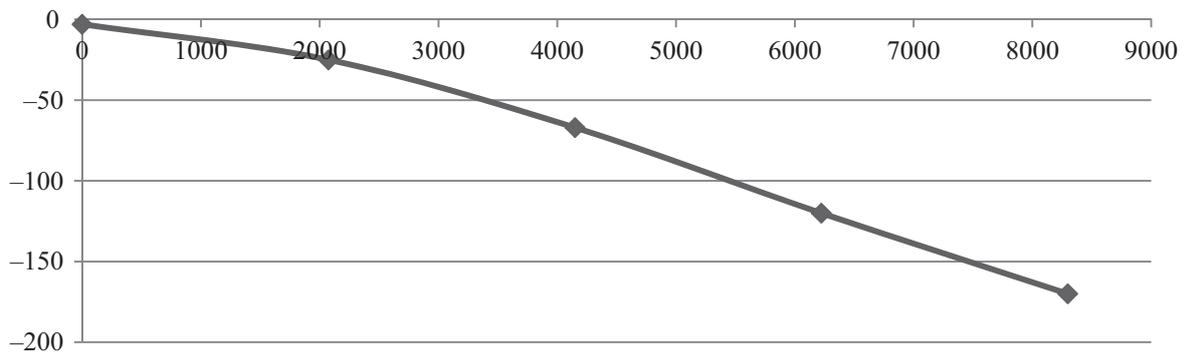


Рис. 3. Левый остряк стрелочного перевода

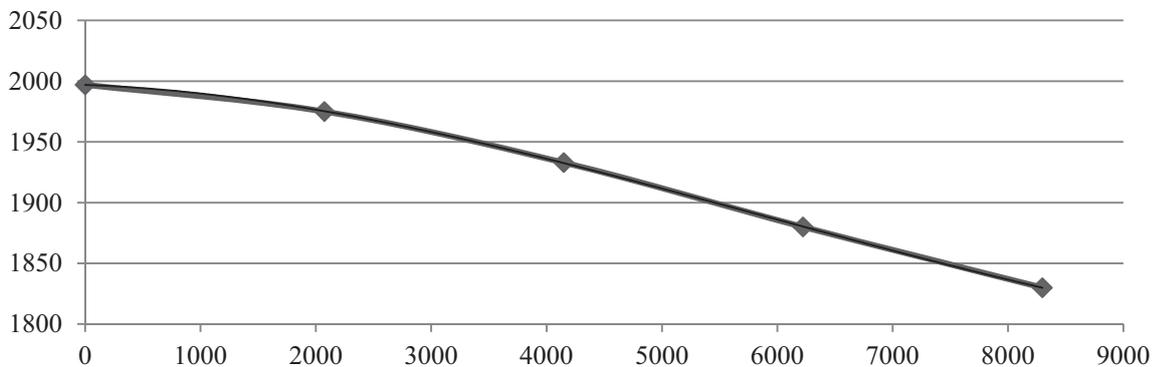


Рис. 4. Результат переноса остряка на график

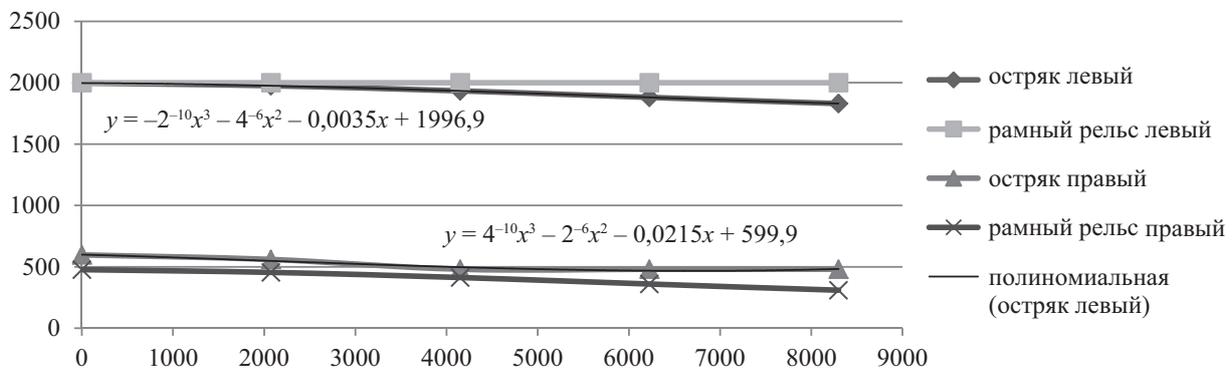


Рис. 5. Графическое представление стрелочного перевода

перевод с указанием формул, описывающих на графике положение острияков. Для программной среды, таким образом, получили уравнения, повторяющие идеальное положение острияков, которые впоследствии программное обеспечение будет сравнивать с фактическими данными положения острияков, полученных датчиками.

Далее решение задачи сводится к поиску оптимального количества точек для анализа перевода. Малое число точек приведет к погрешности и недостатку информации, большое количество точек приведет к более точному результату, но и к избытку информации. Необходимо найти среднее число, которое будет удовлетворять двум условиям: 1) достаточная точность при получении информации и 2) достаточное, но не избыточное количество информации.

Из исследования стрелочного перевода с маркой крестовины 1/9 и уравнения графика функции можно сделать вывод: достаточное количество датчиков на остряк равно трем. Распределим равномерно датчики по остряку и покажем результат (рис. 6).

Экспериментально установлено, что для получения данных технического состояния острияков достаточно шести измерительных точек.

Полученная информация (в данном случае – расстояние от рамного рельса до острияков) с датчиков передается на ретранслятор и далее на роутер, находящийся на посту электрической централизации. Питание на ретранслятор

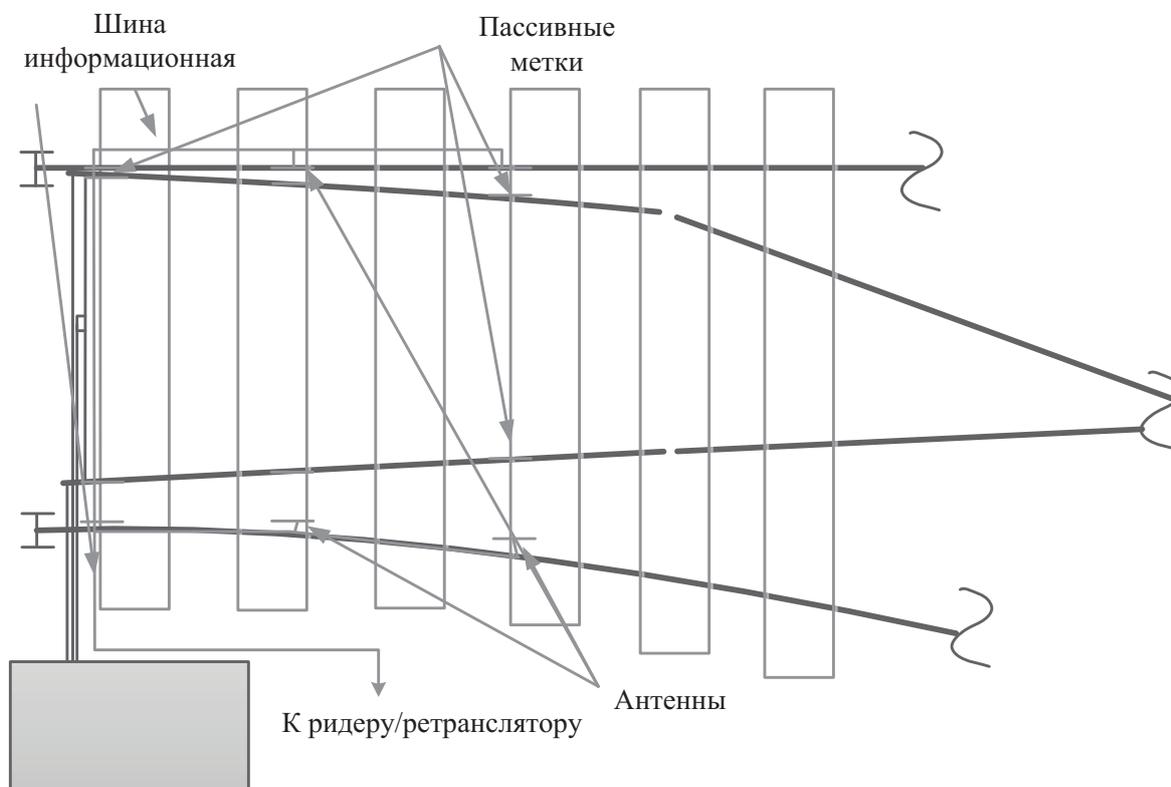


Рис. 6. Расстановка датчиков

и датчики поступает с солнечных батарей, размещенных в непосредственной близости от стрелочного перевода, к примеру, на рядом стоящей опоре контактной сети, как это изображено на рис. 7.

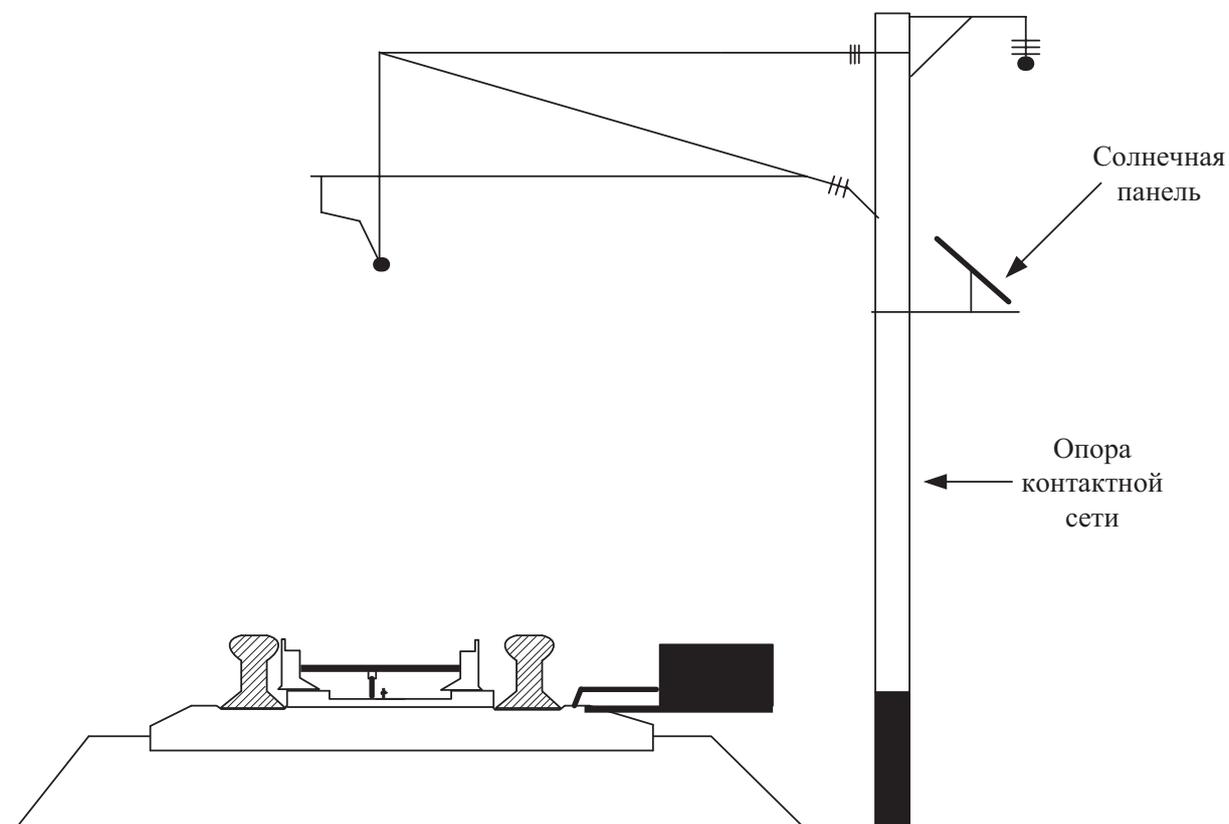


Рис. 7. Расположение солнечных батарей

3 Постовое оборудование

Постовое оборудование включает в себя приемный роутер, автоматизированное рабочее место (АРМ) и сеть передачи данных. На приемный роутер приходит информация от роутера, расположенного вблизи датчиков, далее информация передается на АРМ с установленным на нем специальным программным обеспечением для вывода информации в понятном виде, к примеру графическом, как это было показано на рис. 5. Подобная технология с использованием беспроводной передачи данных, к примеру, уже внедрена на линии Санкт-Петербург – Москва для мониторинга устройств контактной подвески [21–23]. Как альтернативный вид интерфейса покажем пример вывода информации на АРМ в виде столбцов – один из вариантов визуализации данных полученных с датчиков (рис. 8). Данный вид визуализации можно применить в качестве быстрого отображения ранее записанных данных (архива).

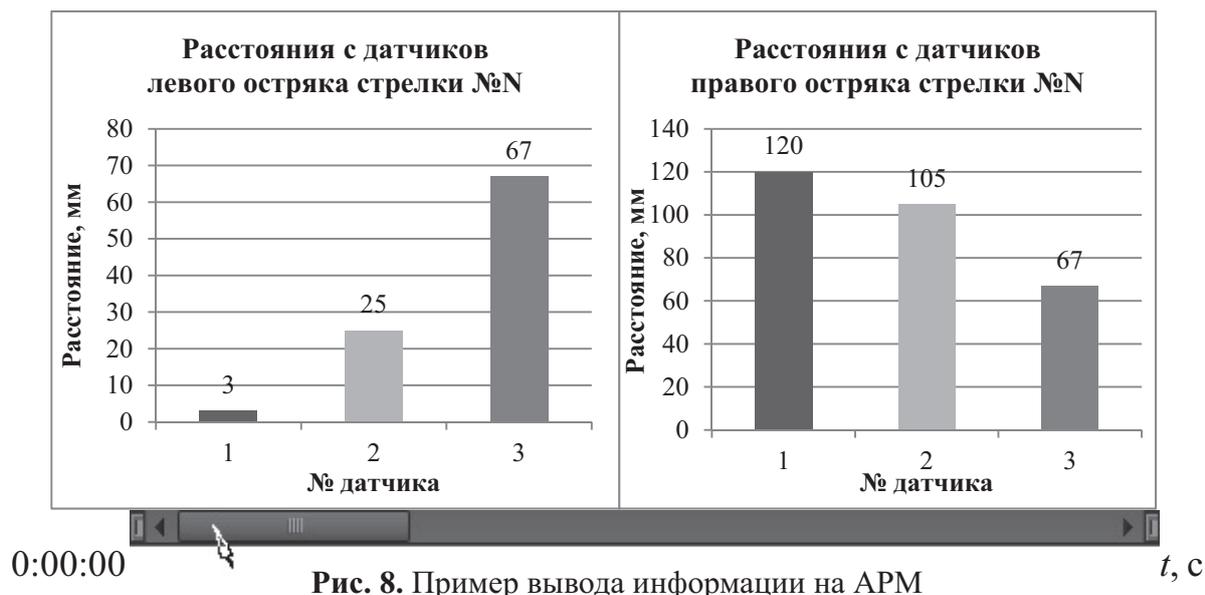


Рис. 8. Пример вывода информации на АРМ

На диаграмме по оси X отложено количество измеряемых точек, по оси Y – расстояние от рамного рельса до острьяка. Столбцы отображают расстояние, измеряемое каждым отдельным датчиком, над столбцом выводится расстояние в миллиметрах. Диаграммы соответствуют левому и правому острьякам, под ними расположен бегунок с указанием времени для ведения архива на компьютере АРМ (рис. 8).

Как видно из рис. 8, левый график фиксирует расстояния прижатого острьяка, а правый – отжатого, с указанием в миллиметрах от рамного рельса до острьяков. Передвигая бегунок снизу, мы обеспечиваем возможность перехода в любую временную точку слежения из архива.

По сети передачи данных информация попадает на сервер, где далее ее обрабатывают и помещают на хранение для дальнейшего использования.

Изобразим схему расположения и взаимодействия оборудования (рис. 9). Располагая датчики на стрелочных переводах станции, мы связываем их через ретрансляторы с сервером. Образовывается сеть беспроводного промышленного мониторинга, которая по своему строению напоминает существующие интеллектуальные системы на базе сенсорных сетей, использующих стандарт ZigBee [24, 25]. В [26], например, описан впервые разработанный для нужд ОАО «РЖД» протокол передачи данных в отечественной системе непрерывного мониторинга контактной подвески на основе радиоканала с выделенной частотой 868,7 МГц.

4 Датчики

Известно несколько вариантов исполнения датчиков [27]. Все они различаются по стоимости, габаритам, точности и вероятности ошибки. К примеру,

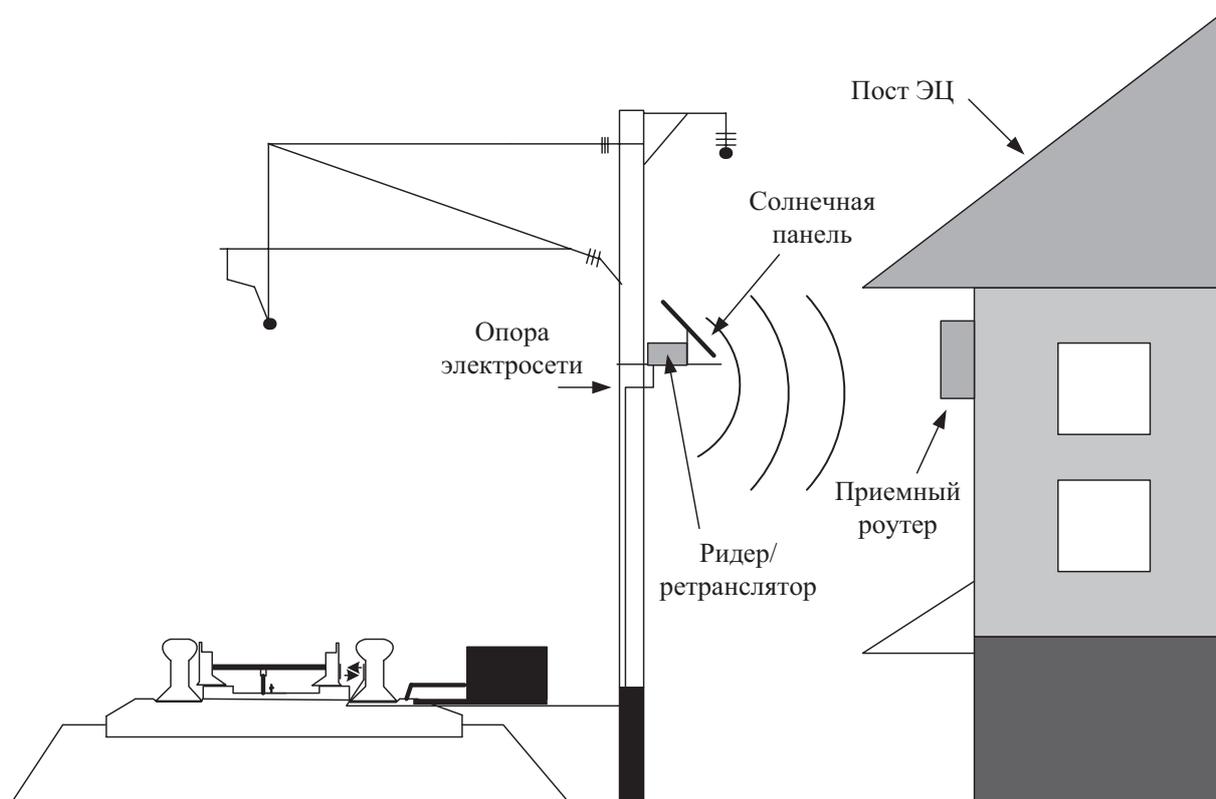


Рис. 9. Схематическое расположение оборудования и взаимодействия аппаратуры

можно назвать датчики индуктивные, световые, радио-, ультразвуковые и т. д. Каждый вид датчика имеет свои недостатки и преимущества. Так, например, самым точным датчиком будет являться световой, использование лазерных технологий позволит качественно улучшить точность его измерения. Но данный вид датчика требует особого ухода, так как линзы загрязняются и выходят из строя. У индуктивных датчиков, стойких к загрязнениям, точность измерения очень низкая.

Необходимость измерения небольших расстояний, работы в суровых условиях и предоставления точной информации определяет некоторые требования, которым должны соответствовать датчики. Датчики должны быть легко устанавливаемы, не должны вносить помех в работу рядом расположенных устройств железнодорожной инфраструктуры.

Датчики должны устанавливаться непосредственно на рамный рельс или остряки. Для дальнейшего анализа состояния стрелочного перевода измерение параметров необходимо производить в непрерывном режиме. Пример расстановки и функционирования датчиков представлен на рис. 10.

Используя специальные комбинированные датчики, можно добиться того, что будет контролироваться и понижение/завышение остряка над рамным рельсом (рис. 11). По методу двух антенн вычисляется вертикальный сдвиг (рис. 12).

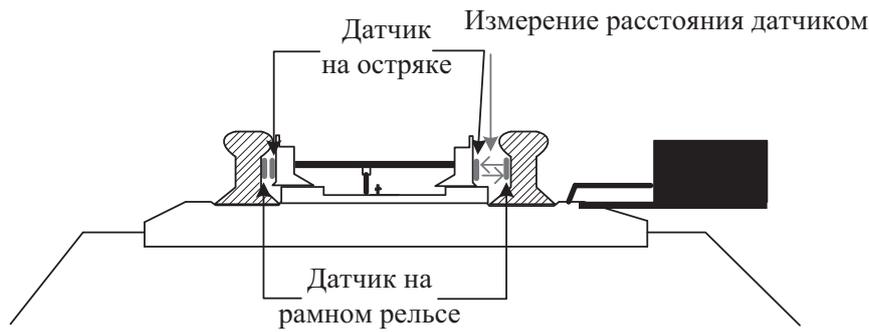


Рис. 10. Принцип работы стрелочных датчиков

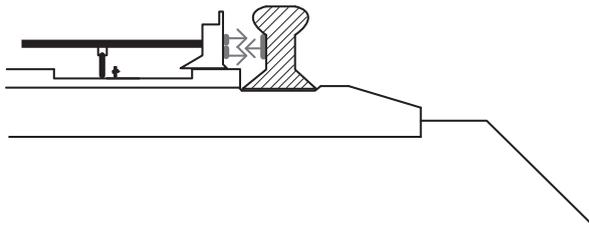


Рис. 11. Комбинированные датчики

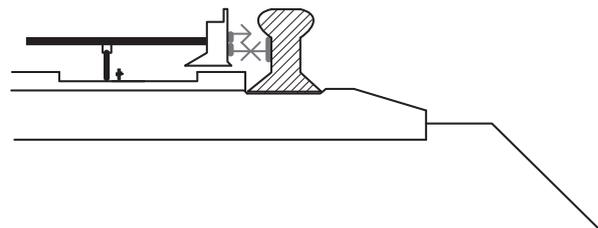


Рис. 12. Понижение острьяка/завышение острьяка

Заключение

Внедрение высокоинтеллектуальных комплексов непрерывного мониторинга во всех хозяйствах дирекций инфраструктуры [21, 28, 29] несомненно положительно сказывается на уровне безопасности перевозочного процесса и материальной составляющей.

В данной работе были рассмотрены методы мониторинга подвижных частей стрелочных переводов в целях повышения надежности устройств. Предпринята попытка построения более современной и информационно более наполненной системы мониторинга. Перенесены на график функции эпюры острьяков и получены функции, которые в дальнейшем послужат для построения в программной среде эталонных эпюр острьяков в целях дальнейшего сравнения с ними фактических эпюр. Представлен новый вид датчиков для измерения расстояния между острьяком и рамным рельсом. Рассмотрен пример построения мониторинговой системы на станции и расстановки оборудования.

Система мониторинга позволяет повысить безопасность передвижения поездов по стрелочным переводам, снизить количество отказов и неисправностей; перейти к обслуживанию по состоянию, что сократит вероятность отказов из-за «человеческого фактора» и трудозатраты по обслуживанию стрелочных переводов.

Такого рода системы, основанные на новейших технологиях, позволят поднять не только уровень безопасности передвижения поездов и работы

на путях обслуживающего персонала, но и уровень системы безопасности железных дорог, смогут конкурировать с зарубежными аналогами.

Технологии развиваются ускоренными темпами, появляются все новые и новые способы мониторинга, обслуживания и исполнения аппаратуры. В скором времени благодаря новейшим технологиям появится возможность оградить человека от опасной работы на путях и тем самым сделать его труд проще и безопаснее.

Библиографический список

1. Сапожников Вл. В. Эксплуатационные основы автоматики и телемеханики / Вл. В. Сапожников, И. М. Кокурин, В. А. Кононов, А. А. Лыков, А. Б. Никитин ; под ред. проф. Вл. В. Сапожникова. – М. : Маршрут, 2006. – 247 с.
2. Инструкция по технической эксплуатации устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки : утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 939р 17.04.2014. – М., [2014]. – 121 с.
3. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации / Министерство транспорта Российской Федерации. – М., 2015. – 130 с.
4. Ефанов Д. В. Автоматизация контроля на стрелках / Д. В. Ефанов, Н. А. Богданов // Мир транспорта. – 2011. – № 2. – С. 54–59.
5. Молодцов В. П. Системы диспетчерского контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие / В. П. Молодцов, А. А. Иванов. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2010. – 140 с.
6. Ефанов Д. В. Обеспечение безопасности движения за счет технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов, П. А. Плеханов // Транспорт Урала. – 2011. – № 3. – С. 44–48.
7. Ефанов Д. В. Основы построения и принципы функционирования систем технического диагностирования и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. пособие / Д. В. Ефанов, А. А. Лыков. – СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2012. – 59 с.
8. Ефанов Д. В. Функциональное диагностирование стрелочных электроприводов переменного тока / Д. В. Ефанов, Е. В. Басалаев, В. Г. Алексеев // Транспорт Урала. – 2012. – № 4. – С. 26–29.
9. Чухонин В. М. Нормирование активной мощности двигателей переменного тока при переводе стрелки / В. М. Чухонин, Б. Л. Горбунов, Е. В. Басалаев // Развитие элементной базы и совершенствование методов построения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : сб. науч. тр. ; под. ред. Вл. В. Сапожникова. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. – С. 23–25.
10. Иванов А. А. Автомат диагностики силовых параметров стрелочного электропривода / А. А. Иванов, А. К. Легоньков, В. П. Молодцов // Сб. тр. научно-практической конференции «Проблемы безопасности и надежности микро-

- процессорных комплексов» ; под ред. Вал. В. Сапожникова. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. – С. 110–117.
11. Ефанов Д. В. О методе выявления логических ситуаций в системах технической диагностики и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов // Вестник Ростовского гос. ун-та путей сообщения. – 2010. – № 4. – С. 66–71.
 12. Ефанов Д. В. Некоторые аспекты развития систем функционального контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов // Транспорт Урала. – 2015. – № 1. – С. 35–40.
 13. Бочкарев С. В., Лыков А. А., Марков Д. С. Совершенствование методов диагностирования стрелочного переводного устройства // Автоматика на транспорте. – 2015. – Т. 1. – № 1. – С. 40–50.
 14. Уральская железнодорожная компания. – URL : <http://rail.uzdk.ru/stroenie-puti/sistemy-avtomatizirovannoj-diagnostiki-sostoyaniya-strelochnogo-perevoda-abaks>.
 15. Иваникин М. С. Выбор ультразвукового датчика для контроля расстояний между подвижными элементами стрелочного перевода / М. С. Иваникин, Д. В. Ефанов // Сб. тр. научно-практической конференции «Проблемы безопасности и надежности микропроцессорных комплексов» ; под ред. Вал. В. Сапожникова. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. – С. 150–157.
 16. Ефанов Д. В. Контроль параметров стрелочных электроприводов / Д. В. Ефанов, Н. А. Богданов // Сб. тр. научно-практической конференции «Проблемы безопасности и надежности микропроцессорных комплексов» ; под ред. Вал. В. Сапожникова. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2015. – С. 118–128.
 17. Чухонин В. М. Автоматизированный контроль усилия перевода стрелки / В. М. Чухонин, Б. Л. Горбунов, Д. В. Ефанов, В. Г. Алексеев // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 7. – С. 2–4.
 18. Аппаратура дополнительного контроля стрелки «АБАКС-КС». Руководство по эксплуатации. ПЕТИ. 40 1161.011 КС РЭ. – Екатеринбург, 2005. – 21 с.
 19. Сайт Оксфордского университета. – URL : <http://www.eng.ox.ac.uk/InvensysUTC/other%20research/railway-points-machine>.
 20. Сайт UnitedRail. – URL : <http://united-rail.com/sentinel-solutions/#prettyPhoto>.
 21. Ефанов Д. В. Способ непрерывного мониторинга механического усилия в проводах и тросах контактной подвески / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий, Д. В. Седых, В. Л. Иванов, М. Е. Медведев, Г. Ф. Насонов, Ю. А. Черногоров // Транспорт Урала. – 2016. – № 1. – С. 9–15.
 22. Насонов Г. Ф. Вибродиагностика контактной подвески на линии Санкт-Петербург – Москва / Г. Ф. Насонов, Г. В. Осадчий, Д. В. Ефанов, Д. В. Седых, Д. Н. Пристенский // Транспорт Российской Федерации. – 2016. – № 2–3. – С. 49–53.
 23. Efanov D. Development of Rail Roads Health Monitoring Technology Regarding Stressing of Contact-Wire Catenary System / D. Efanov, G. Osadtchy, D. Sedykh // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM).
 24. Collett M. A. The application of self-validation to wireless sensor networks / M. A. Collett, M. G. Cox, M. Duta, T. J. Esward, P. M. Harris, M. P. Henry // Measurement Science and Technology. – 2008. – Vol. 19. – N 12.

25. Беспроводной промышленный мониторинг : презентация Института точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева РАН. – URL : <http://www.ipmse.ru>.
26. Ефанов Д. В. Особенности организации передачи данных по радиоканалу в системах непрерывного мониторинга объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта / Д. В. Ефанов, Г. В. Осадчий, Д. В. Седых, Д. Н. Пристенский // Автоматизация в промышленности. – 2016. – № 6. – С. 29–33.
27. Хорошев В. В. Непрерывный мониторинг элементов стрелочного перевода / В. В. Хорошев, Г. В. Осадчий // Информационные технологии в науке, образовании и управлении : материалы Международной конференции IT+S&E`16, Гурзуф, 22 мая – 1 июня 2016 г. (весенняя сессия) ; под ред. проф. Е. Л. Глориева. – М. : ИНИТ, 2016. – С. 129–134.
28. Ефанов Д. В. Становление и перспективы развития систем функционального контроля и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Д. В. Ефанов // Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2. – № 1. – С. 124–148.
29. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : монография / Д. В. Ефанов. – СПб. : ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2016. – 171 с.

Valery V. Khoroshev
ITMO University,
JSC «RZD» CDI ODI
St. Petersburg – Sortirovochny – Moscow distance of signaling,
centralization and blocking

Continuous monitoring of mechanical parameters of point switch moving parts

One of the goals of development of JSC «Russian Railways» holding is to ensure the safe traffic of mobile units within the Russian railway network. Due to the vast territory of the Russian Federation (1/6 of the land) and the length of the railway network (2nd place in the world for length), the issue of security is a very high priority for his decision. Thousands of trains across Russia coming from «А» to point «В», and systems must ensure the safety of the train traffic, in order not to incur losses of property and, that is more important, to safely bring people to destination. One of the potentially dangerous elements in the infrastructure of JSC «Russian Railways» is the point switch. A lot of train crashes and derailments occurs at these point switches. The reason is a human factor (improper actions of station operator or locomotive driver) or a malfunction of the point switch itself.

The above reasons can be eliminated by implementation of the monitoring system for the states of various infrastructure facilities. To this date the point switch maintenance, which is performed at a certain time, is not enough. Also, in Russian regions with severe climatic conditions, the maintenance may be postponed due to weather conditions, which increases the time between the inspection and maintenance. Timely detection of pre-failure condition is especially important for increasing the railways safety.

The article describes the creating of monitoring system for point switch moving parts. For example, The point switch with frog number 1/9 is taken as an example for calculations. The article considers the problems of sensor installation to control the distance between the tongue and stock rail, of building the network of sensors, as well as the description of the system operation at station. It also describes the transfer of point switch with frog number 1/9 onto the function curve and the calculation of equations for tongues. With using the methods of technical diagnostics and continuous monitoring the problem of increasing the safety of train traffic at railways of the Russian Federation is solving.

continuous monitoring; point switch; tongues; wireless network; safety; technical diagnostics; function; sensors; requirements for point switches; railway operating rules; frog number; function curve; point switch moving parts; solar panels; radio-frequency sensors

References

1. Sapozhnikov V.I., Kokurin I.M., Kononov V.A., Lykov A.A., Nikitin A.B. (2006). Fundamentals of automation and remote control operation [Ekspluatatsionnyye osnovy avtomatiki i telemekhaniki], under the editorship of V.I. Sapozhnikov. Moscow, Route [Marshrut], 247 p.
2. Manual for technical operation of signaling, centralization and blocking devices and systems (2014). [Instruktsiya po tekhnicheskoy ekspluatatsii ustroystv i sistem signalizatsii, tsentralizatsii i blokirovki], approved by the decree of JSC «RZD» № 939p dd. 17.04.2014. Moscow, 121 p.
3. Regulations of technical operation of the Russian Federation railways (2015) [Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii zheleznykh dorog Rossiyskoy federatsii]. Ministry of Transport of the Russian Federation, 130 p.
4. Efanov D.V., Bogdanov N.A. (2011). Control automation at points [Avtomatizatsiya kontrolya na strelkakh]. Transport world [Mir transporta], issue 2, pp. 54–59.
5. Molodtsov V.P., Ivanov A.A. (2010). Dispatching control and railway automation and remote control monitoring systems [Sistemy dispetcherskogo kontrolya i monitoringa ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki], textbook. St. Petersburg, Peterburg State Transport University [Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya], 140 p.
6. Efanov D.V., Plekhanov P.A. (2011). Transport safety precautions due to technical diagnostics and monitoring of railway automation and remote control devices

- [Obespecheniye bezopasnosti dvizheniya za schet tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki]. Ural Trasport [Transport Urala], issue 3, pp. 44–48.
7. Efanov D. V., Lykov A. A. (2012). Fundamentals of architecture and principles of operations of technical diagnosis and monitoring systems for railway automation and remote control devices [Osnovy postroyeniya i printsipy funktsionirovaniya sistem tekhnicheskogo diagnostirovaniya i monitoringa ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki], textbook. St. Petersburg, Peterburg State Transport University [Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya], 59 p.
 8. Efanov D. V., Basalaev E. V., Alekseev V. G. (2012). Operational diagnostics of AC electric motors of points [Funktsional'noye diagnostirovaniye strelochnykh elektroprivodov peremennogo toka]. Ural Trasport [Transport Urala], issue 4, pp. 26–29.
 9. Chukhonin V. M., Gorbunov B. L., Basalaev E. V. (2014). Normalization of AC motors true power during the point switching [Normirovaniye aktivnoy moshchnosti dvigateley peremennogo toka pri perevode strelki]. Development of elements base and improvement of building methods for railway automation and remote control devices [Razvitiye elementnoy bazy i sovershenstvovaniye metodov postroyeniya ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki]: collection of research papers; under the editorship of Vl. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, FGBOU VPO PGUPS, pp. 23–25.
 10. Ivanov A. A., Legon'kov A. K., Molodtsov V. P. (2015). Diagnostics automat for power characteristics of electric switch mechanism [Avtomat diagnostiki silovykh parametrov strelochnogo elektroprivoda]. Proceedings of science and practical conference «Safety and reliability problems of microprocessor-based complexes» [Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy bezopasnosti i nadezhnosti mikroprotsessornykh kompleksov»]; under the editorship of Vl. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU (PGUPS), pp. 110–117.
 11. Efanov D. V. (2010). On method of detection of logical cases in technical diagnostics and monitoring systems of railway automation and remote control [O metode vyyavleniya logicheskikh situatsiy v sistemakh tekhnicheskoy diagnostiki i monitoringa ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki]. Proceedings of Rostov State Transport University [Trudy Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya], issue 4, pp. 66–71.
 12. Efanov D. V. (2015). Some aspects of developing of concurrent error detection systems of railway automation and remote control devices [Nekotoryye aspekty razvitiya sistem funktsional'nogo kontrolya ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki]. Ural Trasport [Transport Urala], issue 1, pp. 35–40.
 13. Bochkarev S. V., Lykov A. A., Markov D. S. (2015). Improving of methods for point switch diagnostics [Sovershenstvovaniye metodov diagnostirovaniya strelochnogo perevodnogo ustroystva]. Transport automation [Avtomatika na transporte], vol. 1, issue 1, pp. 40–50.
 14. Ural Railway company, <http://rail.uzdk.ru/stroenie-puti/sistemy-avtomatizirovannoj-diagnostiki-sostoyaniya-strelochnogo-perevoda-abaks>.

15. Ivanikin M. S., Efanov D. V. (2015). Selection of ultrasonic sensor for checking the distance between moving components of point switch [Vybor ul'trazvukovogo datchika dlya organizatsii kontrolya rasstoyaniy mezhdu podvizhnymi elementami strelochnogo perevoda]. Proceedings of science and practical conference «Safety and reliability problems of microprocessor-based complexes» [Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy bezopasnosti i nadezhnosti mikroprotssessornykh kompleksov»]; under the editorship of Vl. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU (PGUPS), pp. 150–157.
16. Efanov D. V., Bogdanov N. A. (2015). Management of electric switch mechanism parameters [Kontrol' parametrov strelochnykh elektroprivodov]. Proceedings of science and practical conference «Safety and reliability problems of microprocessor-based complexes» [Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferentsii «Problemy bezopasnosti i nadezhnosti mikroprotssessornykh kompleksov»]; under the editorship of Vl. V. Sapozhnikov. St. Petersburg, PSTU (PGUPS), pp. 118–128.
17. Chukhoin V. M., Gorbunov B. L., Efanov D. V., Alekseev V. G. (2012). Automated control of the force of point switching [Avtomatizirovanny kontrol' usiliya perevoda strelki]. Automation, communication, information science [Avtomatika, svyaz', informatika], issue 10, pp. 2–4.
18. Hardware of additional control of the point «ABAKS-KS» – operationa manual for PETI (2005) [Apparatura dopolnitel'nogo kontrolya strelki «ABAKS-KS» – rukovodstvo po ekspluatatsii PETI]. 40 1161.011 KC PƏ. Ekaterinburg, 21 p.
19. Oxford University web-page. Electronic resource, <http://www.eng.ox.ac.uk/InvensysUTC/other%20research/railway-points-machine>.
20. UnitedRail web-page. Electronic resource, <http://united-rail.com/sentinel-solutions/#prettyPhoto>.
21. Efanov D. V., Osadchy G. V., Sedykh D. V., Ivanov V. L., Medvedev M. E., Nasonov G. F., Chernogorov Yu. A. (2016). Method of continuous monitoring of mechanical stress in the cables and cords of overhead catenary [Sposob nepreryvnogo monitoringa mekhanicheskogo usiliya v provodakh i trosakh kontaktnoy podveski]. Ural Transport [Transport Urala], issue 1, pp. 9–15.
22. Nasonov G. F., Osadchy G. V., Efanov D. V., Sedykh D. V., Pristensky D. N. (2016). Vibration monitoring of overhead catenary at St. Petersburg-Moscow line [Vibrodiagnostika kontaktnoy podveski na linii Sankt-Peterburg – Moskva]. Transport of the Russian Federation [Transport Rossiyskoy Federatsii], issue 2–3, pp. 49–53.
23. Efanov D., Osadchy G., Sedykh D. (2016). Development of Rail Roads Health Monitoring Technology Regarding Stressing of Contact-Wire Catenary System. 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM).
24. Collett M. A., Cox M. G., Duta M., Esward T. J., Harris P. M., Henry M. P. (2008). The application of self-validation to wireless sensor networks. Measurement Science and Technology, vol. 19, issue 12.
25. Wireless industrial monitoring – presentation of Lebedev Institute of Precision Mechanics and Computer Engineering, RAN [Besprovodnoy promyshlenny monitoring – prezentatsiya Instituta tochnoy mekhaniki i vychislitel'noy tekhniki im. S. A. Lebedeva RAN], <http://www.ipmce.ru>.

26. Efanov D. V., Osadchy G. V., Sedykh D. V., Pristensky D. N. (2016). Features of organization of data transfer using the radio channel in continuous monitoring systems for infrastructure facilities of railway transport [Osobennosti organizatsii peredachi dannykh po radiokanalу v sistemakh nepreryvnogo monitoringa ob'yektov infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta]. Industrial automation [Avtomatizatsiya v promyshlennosti], issue 6, pp. 29–33.
27. Khoroshev V. V., Osadchy G. V. (2016). Continuous monitoring of power switch elements [Neprieryvnyy monitoring elementov strelochnogo perevoda]. Information technologies in science, education and management [Informatsionnyye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii], materials of international conference IT+S&E'16, Gurzuf, May 22 – June 1, 2016 (spring term); under the editorship of prof. E. L. Gloriov. Moscow, INIT, pp. 129–134.
28. D. V. Efanov (2016). Formation and future of development of concurrent error detection and monitoring systems of railway automation and remote control devices [Stanovleniye i perspektivy razvitiya sistem funktsional'nogo kontrolya i monitoringa ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki], Transport automation [Avtomatika na transporte], vol. 2, issue 1, pp. 124–148.
29. Efanov D. V. (2016). Concurrent checking and monitoring of railway automation and remote control devices [Funktsional'nyj kontrol' i monitoring ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki]. St. Petersburg, Petersburg state transport university, 171 p.

*Статья представлена к публикации членом редколлегии С. В. Бушуевым
Поступила в редакцию 31.03.2016, принята к публикации 01.06.2016*

*ХОРОШЕВ Валерий Вячеславович – электромеханик Санкт-Петербург – Сортировочный-Московской дистанции сигнализации централизации и блокировки, структурного подразделения Октябрьской дирекции инфраструктуры структурного подразделения Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО РЖД; аспирант кафедры «Компьютерные системы управления в энергетике и биоиндустрии» Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики (Университета ИТМО).
e-mail: Hv91@icloud.com*

© Хорошев В. В., 2017