

# Система определения предотказного состояния бесстыкового пути для обеспечения безопасности движения поездов

В. В. ПАВЛЕНКО, генеральный директор ООО «Строй-Сервис»



Предлагается система мониторинга температурных напряжений бесстыковых рельсовых плетей, уложенных в путь. Она позволяет контролировать продольное смещение пути в течение всего жизненного цикла: с момента сварки рельсов в длиномерные плети, включая их укладку, и на протяжении дальнейшей эксплуатации.

На железнодорожном транспорте, как в России, так и за рубежом, наблюдается тенденция интенсивного повышения скоростей пассажирских и грузовых поездов. Основой перехода на более высокие скорости движения являются модернизация железнодорожного пути и его инфраструктуры (в том числе повсеместная замена звеньев железно-дорожного пути на бесстыковой).

Главная опасность эксплуатации рельсового бесстыкового пути связана с тем, что в рельсовых плетях возникают значительные продольные усилия, вызываемые изменениями температуры [1]. При повышении температуры рельсовых бесстыковых плетей (по отношению к температуре закрепления в них при их укладке в путь) происходит удлинение рельсовых бесстыковых плетей, и в защемленном состоянии возникают продольные силы, которые могут создать опасность выброса пути. При понижении температуры появляются силы, которые могут вызвать растяжение и излом рельсовой бесстыковой плети или разрыв рельсового стыка из-за среза стыковых болтов; при этом образуется большой зазор, опасный для движения поездов.

С момента закрепления рельсовых плетей при укладке должен быть организован постоянный контроль (мониторинг) над усилием прижатия подошвы рельса к шпале и над продольными подвижками (угоном) рельсовых бесстыковых плетей. Угон плетей обуславливается нарушением технологии за-

крепления, износом резиновых амортизационных прокладок, непосредственно влияющих на усилия прижатия подошвы рельса к шпале, ослаблением затяжки применяемого скрепления, что вызывает нарушение установленного температурно-напряженного режима их работы и может привести к опасным концентрациям в плетях растягивающих или сжимающих напряжений.

В настоящее время, для того чтобы своевременно обнаружить продольное смещение рельсовых плетей, в соответствии с российскими отраслевыми нормативными документами [2] производится пеший обход участков полотна и их визуальный контроль. Осмотр ведется с ориентацией на смещение контрольных сечений рельсовой плети относительно «маячных» шпал, расположенных на расстоянии 100 м друг от друга напротив пикетного столбика. На продольное смещение рельсовых плетей (угон) указывают следы клемм на подошве рельсов, смещение подкладок по шпалам, взбуривание или неплотное прилегание балласта к боковым граням шпал и их перекос.

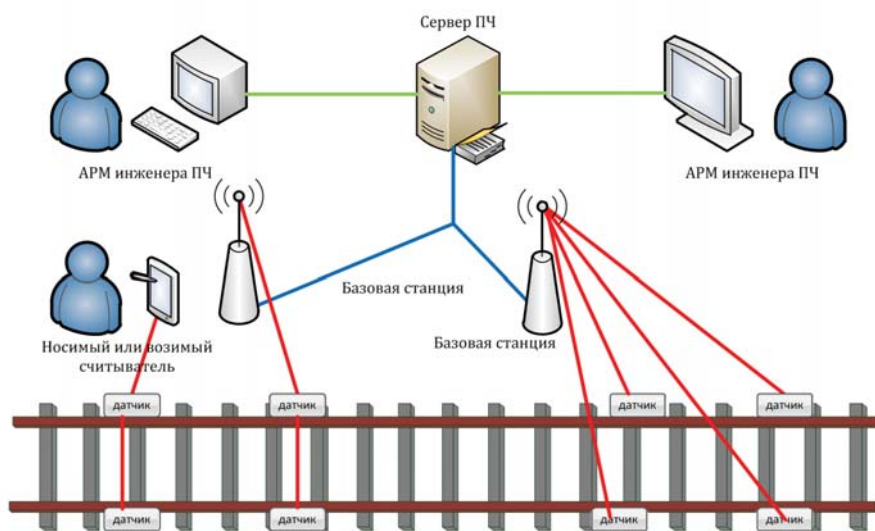
При эксплуатации рельсового бесстыкового пути часто требуется устранять отступления, чтобы привести в соответствие с техническими требованиями содержание скрепления, обеспечивающего прижатие рельса к шпале, и положение пути в плане и профиле. Как правило, из-за нехватки времени в перерывах между движением поездов работы по устранению от-

ступлений выполняются с использованием высокопроизводительных машин; при этом соответствующая предварительная подготовка пути не ведется. При эксплуатации происходит смещение контрольных сечений рельсовой плети относительно «маячных» шпал и, соответственно, точное определение возможного угона рельсового бесстыкового пути становится невозможным.

До недавнего времени других способов контроля продольного смещения рельсового бесстыкового пути не было.

Основные недостатки описанного способа связаны с тем, что он требует:

- производить математические расчеты для определения удлинения рельсовой плети при принудительном ее вводе в оптимальную температуру закрепления;
  - мелом или масляной краской наносить метки на подошве рельса и подкладке для визуального наблюдения за ходом перемещения рельсовой бесстыковой плети при ее принудительном натяжении в период укладки;
  - производить окраску масляной краской «маячных» шпал;
  - постоянно вести визуальное наблюдение (им занимаются специально обученные люди, закрепленные за конкретным участком).
- Кроме того, при этом способе:
- возможно механическое смещение путевой техникой «маячных» шпал относительно сечений, нанесенных на подошву рельса;
  - невозможно восстановление первоначальных данных, полученных при укладке бесстыковой рельсовой плети;
  - невозможно точное измерение угона бесстыковой рельсовой плети, поскольку сечения наносятся с большой погрешностью, а «маячные» шпалы смещаются из-за сильной вибрации при прохождении поездов.



**Рис. 1. Принципиальная схема устройства системы мониторинга температурных напряжений бесстыковых рельсовых плетей, уложенных в путь, при их эксплуатации**

При укладке рельсовых бесстыковых плетей длиной до 800 м с устройством уравнительных пролетов можно было при потере первоначальной температуры закрепления произвести роспуск плети и закрепить ее вновь в оптимальную температуру. Сегодня, когда длина рельсовой бесстыковой плети достигает 74 км и более, это сделать практически невозможно: требуется резать плеть на мерные участки, раскреплять их, закреплять и сваривать заново в плеть. Это очень трудоемкая работа, влекущая за собой большие перерывы в движении поездов и существенные экономические издержки.

Существует ряд организационных мероприятий [2], направленных на предотвращение изменения положения бесстыкового пути в плане или профиле, но ни одно не гарантирует устранение и отсутствие мест концентрации напряжения в бесстыковой плети. Увеличение скоростей движения поездов требует технически исправного состояния пути, а также замену ручного труда высокопроизводительными машинами, сокращение численности рабочих, занятых на пути и на визуальном контроле состояния элементов верхнего строения пути, земляного полотна и искусственных сооружений. Чтобы напряженный график движения поездов четко соблюдался, необходимо вести мониторинг состояния пути, прогнозировать расстройство пути и своевременно его устранять. До настоящего времени информацию об изменении продольных перемещений в рельсовых бесстыковых плетях можно было снимать только в период отсутствия движения по пути.

Мы предлагаем систему мониторинга температурных напряжений бесстыковых рельсовых плетей, уложенных в путь, которая позволяет проконтролировать процесс с момента сварки рельсов в длинномерные плети на протяжении всего жизненного цикла, включая их укладку и дальнейшую эксплуатацию.

Основой системы является беспроводный измерительный датчик (СКБП-2009) с электронным блоком, устанавливаемый на рельсе. Он позволяет измерять степень растяжения, сжатия и величину возникающих напряжений рельса при изменении температуры окружающей среды. Такого рода беспроводные измерительные устройства предназначены для измерения и контроля внутренних напряжений в рельсовых плетях, возникающих под действием перепадов температуры и иных внешних воздействий на рельсошпальную решетку.

Принципиальная схема устройства системы контроля состояния бесстыковых рельсовых плетей, уложенных в путь, при их эксплуатации представлена на рис. 1.

Измерительные датчики температуры и условной температуры, оснащенные электронным блоком, осуществляют контроль напряжений, возникающих в период эксплуатации бесстыкового рельсового пути.

По показаниям электрического сигнала датчика снимаются данные о температуре и условной температуре закрепления, соответствующей возникающим в рельсе внутренним напряжениям. Эта информация определяет по результатам расчетов, выполнен-

ных на основе данных электронного блока.

Датчик крепится на шейку рельса специально разработанным методом — путем его точечной приварки на предварительно зашлифованный участок поверхности шейки рельса. На датчик устанавливается защитный корпус, закрепляемый на струбине. Датчики с электронным блоком автономны, герметичны, имеют антивандальное исполнение и встроенный источник питания. Информация с датчиков по беспроводному каналу передается на базовую станцию, а с нее поступает на сервер.

Сервер осуществляет долговременное хранение, обработку полученной информации и ее отображение на веб-интерфейсе. На основе данных о величине сил сопротивления уплотненного балласта сдвигу шпалы, сил трения между подошвой рельса и под рельсовой амортизационной прокладкой (в зависимости от применяемого скрепления), данных о плане и профиле пути с родом обращающегося подвижного состава система позволяет анализировать и сравнивать нарастание противодействующей силы, возникающей из-за концентрации напряжения, и предупредить возможное изменение положения бесстыкового пути в плане и профиле.

Система мониторинга температурных напряжений рельсового бесстыкового пути успешно прошла лабораторные испытания во Всероссийском научно-исследовательском институте железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) и уже установлена на 14-километровом участке Юго-Восточной железной дороги, на высокоскоростном участке



**Рис. 2. Базовая станция с антенной и солнечной батареей**

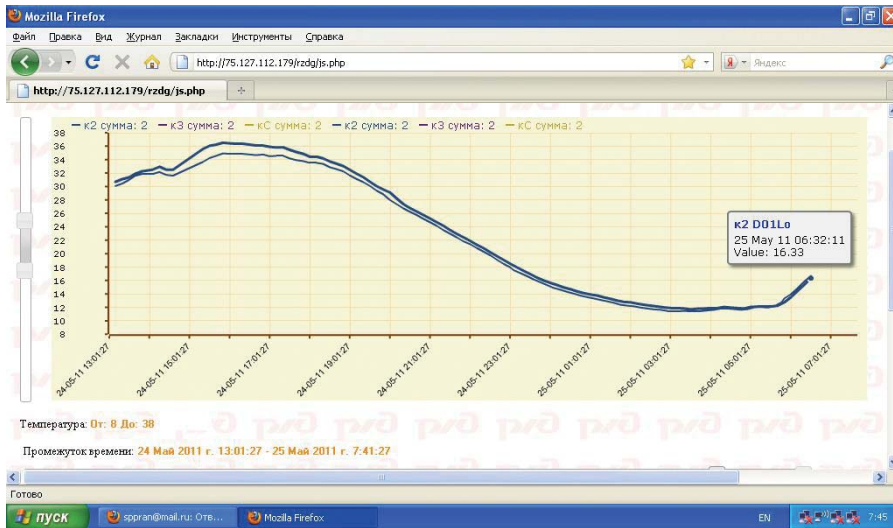


Рис. 3. Отображение фактической температуры рельса

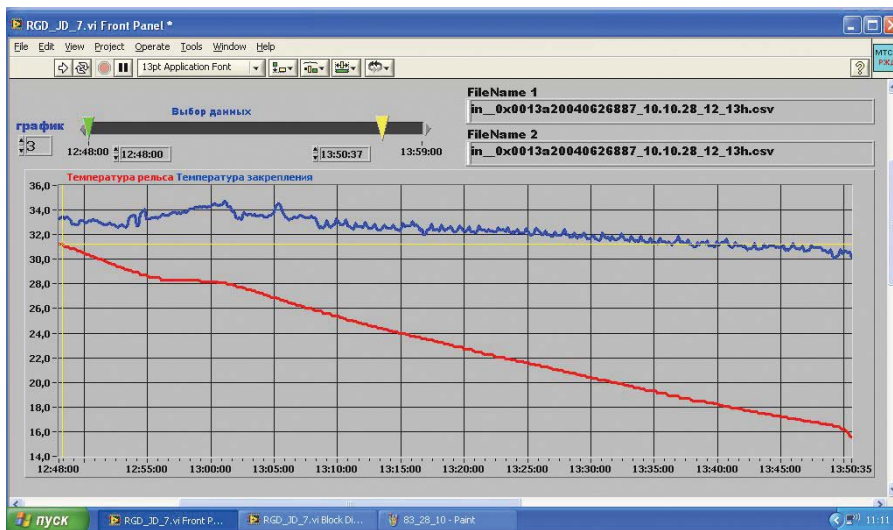


Рис. 4. График частичной потери оптимальной температуры закрепления при принудительном нагревании плети и затем ее остывании после закрепления

Москва — Санкт-Петербург и на Веребинском мосту Октябрьской железной дороги для проведения опытных испытаний.

Совместно с ВНИИЖТом мы разработали программу испытаний с созданием искусственных неисправностей на закрытом от движения участке пути.

При проведении работ фиксировались показания датчиков, а также определялись изменения напряженного состояния рельсовых плетей по подвижкам их относительно створов, «маячных» шпал, по показаниям механического тензометра МТ-200. Температура рельсов измерялась индикаторами температуры ИТ-2. Анализ данных, полученных с помощью измерительных средств (датчиков СКБП-2009 с электронным блоком ответственного производства и дополнительных средств измерений, перечисленных выше) показал, что результаты находятся в пределах точ-

ности измерений и в среднем не превышают 0,6–2,5 % от допустимых напряжений по прочности термоупрочненных рельсов, принятых при расчетах рельсового бесстыкового пути.

На рис. 3–4 приведены примеры того, как предлагаемая система мониторинга отображает информацию, касающуюся некоторых показателей.

Экономическая целесообразность предлагаемой разработки заключается в следующем:

- только пограничные изменения, в соответствии с указанием ЦЗ № 2022р от 01.10.2009 г. «Об установлении временных норм эксплуатации бесстыкового пути», позволят достичь на сети ОАО «РЖД» экономического эффекта в сумме около 105 млн руб. в год;
- планирование работ по текущему содержанию бесстыкового пути, выполненное не на основании пропущенного тоннажа, а по данным мониторинга, приведет к ликвидации безадресной работы по креплению пути; это, в свою

очередь, повлечет за собой экономию эксплуатационных затрат на содержание бесстыкового пути на сети ОАО «РЖД» в размере до 30 % (около 3 млрд руб.) ежегодно.

Таким образом, система мониторинга температурных напряжений состояния рельсового бесстыкового пути позволяет производить контроль исправности участка железнодорожного пути при его удаленности от рабочего места, анализировать работу плети в любой момент времени, в том числе и за предыдущие запрашиваемые промежутки времени. Это дает возможность прогнозировать развитие неисправностей, а при критических ситуациях включать красный сигнал светофора для остановки поезда, не допуская схода подвижного состава. При помощи стационарного и ручного считывающего устройств система ведет электронный учет и контроль выполнения работ на первоначальном этапе укладки бесстыкового пути и в дальнейшем в любой момент времени.

Кроме того, система предоставляет возможность:

- вести контроль за соблюдением оптимальной температуры закрепления рельсовых плетей при их укладке, сварке и закреплении на основании данных, полученных с помощью датчиков (СКБП-2009);
- наблюдать за изменением напряжений в плетях бесстыкового пути за период всего жизненного цикла, в том числе за изменениями температуры закрепления после проведения промежуточных ремонтов;
- исключить влияние человеческого фактора на итоговые оценки;
- определять фактическую температуру закрепления в плетях бесстыкового пути;
- контролировать оптимальную температуру закрепления рельсовых плетей на участках восстановления их целостности;
- выявлять участки пути, где интегрированный индекс степени опасности выброса (ОВ) превышает опасный уровень; это необходимо для планирования работ по текущему содержанию бесстыковых путей при работе машин (устранение неисправностей в плане и профиле).

ЛИТЕРАТУРА

1. Альбрехт В. Г., Коган А. Я. Бесстыковой путь. — М.: Транспорт, 2000.
2. Технические указания по устройству, укладке, содержанию и ремонту бесстыкового пути. — М.: Транспорт, 2000.