

УДК 625.173.2/.5:528

В.В. ЩЕРБАКОВ, А.С. ПИКАЛОВ (Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), г. Новосибирск)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТАНОВКИ ПУТИ В ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЛОНАСС/GPS

Описаны методы постановки пути в проектное положение. Приведены данные о возможности использования АПК «Профиль» и системы «Курс» для постановки пути в проектное положение.

В настоящее время постановка пути в проектное положение выполняется с использованием проектных данных в относительных величинах, как правило, это расстояние между осями проектируемого и соседнего пути, превышение относительно исходной точки.

Методика постановки пути в проектное положение заключается в расчете сдвижек и подъемов относительно соседнего пути и с использованием специальной рейки с делениями для определения фактического положения и сдвижки пути на расчетную величину. Данная методика проста в реализации и организации работ и поэтому является наиболее распространенной в настоящее время в ОАО «РЖД». Недостатки данной методики и технологии постановки пути в проектное положение давно известны и являются проблемой, напрямую связанной с использованием относительных методов выправки пути.

Основные проблемы связаны с выправкой длинных неровностей в плане и вертикальной плоскости, нелинейные изменения кривизны, наличие прямой оптической видимости при использовании специальных оптических приборов типа ПРП-1М, ограничение работы в ночное время и т.д. Кроме того, временной интервал между изыскательскими работами и реконструкцией пути может достигать нескольких месяцев, что приводит к смещениям пути из-за динамических нагрузок как в плане, так и по высоте. В совокупности данные недостатки ограничивают дальнейшее развитие относительных методов при постановке пути в проектное положение.

Для уменьшения влияния приведенных недостатков разрабатываются лазерные построители плоскости, осевой линии и т.д. В России рационализаторы Приволжской дороги разработали и успешно применяют систему управления выправкой пути СУПРМ. В Австрии и Италии используется система EM-SAT. На базе лазерных измерительных систем разработаны десятки различных конструкций, приборов, предназначенных для постановки пути в проектное положение, включая системы управления выправкой пути. Эти системы позволяют исключить некоторые недостатки относительных методов за счет длинной базы измерения, включая длинные неровности. В целом, все недостатки относительных методов решить с использованием приборов создающих опорную базовую линию нельзя без жесткой привязки к реперным геодезическим пунктам опорной сети или другим пунктам с известными координатами.

Для того чтобы использовать геодезические координаты для выправки пути необходимо иметь проектные данные в какой-либо системе координат. До последнего времени координатный метод позволял при проведении геодезических работ получить более качественный проект, при этом автоматизированных средств для управления выправкой пути с использованием координат не

существовало. Создание систем управления выправкой пути в последние годы стало возможным благодаря развитию Глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) GPS и ГЛОНАСС. Таким образом, наличие проекта в геодезических координатах и функциональная возможность автоматизированного определения координат с использованием ГНСС в реальном времени на протяжении до 10 км с точностью приемлемой для постановки пути в проектное положение являются главными предпосылками для создания СУВП принципиально нового класса. Системы управления строительной техникой, в частности для планировочных работ на базе ГНСС известны и широко применяются при строительстве и ремонте дорог. Эффективность этих систем управления заключается в сокращении затрат на перемещение грунта и строительных материалов на строительной площадке, повышении качества планировочных работ и повышении производительности работ. Постановка железнодорожного пути в проектное положение принципиально не отличается от планировочных работ. При этом наибольший эффект может быть достигнут при использовании ГНСС на наиболее трудоемких работах на скоростных магистралях при постановке пути в проектное положение с использованием координатных методов (пространственного положения пути).

Использование координат при создании проекта позволяет исключить длинные неровности в плане и по высоте. Выставка пути в проектное положение с использованием координат значительно эффективнее по сравнению с использованием относительных методов. Повышается точность выставки пути в проектное положение, упрощается организация подготовки разбивочных работ.

Изыскательские работы при использовании координатных методов проектирования выполняются с использованием тахеометров и спутниковых приемников позиционирования (ГНСС) и специализированных средств типа АПК «Профиль».

Структура данных включает пространственно-временные данные (координаты X , Y , H), по которым вычисляются линейная координата S (путь) и геометрические параметры. Главным достоинством структуры данных является однозначное определение местоположения любой точки пути при многократных проходах выправочно-рихтовочных машин, вагонов-путеизмерителей и другой техники с погрешностью 1–2 см. Это позволяет использовать для получения исходных данных АПК «Профиль», а машины типа ВПР, электробаластеры, «Доуматик» оснастить спутниковым приемником позиционирования (ГНСС). Такой подход позволяет использовать опорную сеть специальной реперной сети, пункты государственной геодезической сети или работать в условной системе координат, предварительно закрепив на местности временные репера. Эффективность данного подхода к выправке пути заключается в исключении разбивочных работ и сведению к минимуму затрат на геодезические работы.

Анализ результатов опытно-методических работ, выполненных на Октябрьской и ЗСЖД, по оценке состояния рельсовой колеи по геометрическим параметрам показал наличие длинных неровностей в плане и вертикальной плоскости (продольном профиле).

Длинные неровности характерны для всей сети ОАО «РЖД», их появление связано с применением технологии машинной выправки пути (метод сглаживания), а также влиянием динамики движения поездов, методами проектирования

и т.д. При этом длинные неровности являются препятствием для скоростного движения, кроме того, влияют на взаимодействие «рельс-колесо». Длинные неровности выявляются на хордах более 100 м.

Таким образом, координатный способ (патент № 2261302) позволяет в широком диапазоне определять геометрические параметры рельсовой колеи и использовать их для расчета сдвижек и подъемов.

СГУПС впервые в России разработал и изготовил опытный образец измерительной системы, в основе которого лежит координатный метод.

Измерительная система выправкой пути с условным названием «Курс» разрабатывается для определения (расчета) величины параметров выправки пути по координатам в реальном времени, визуализации проектного положения пути и текущего положения измерительной тележки выправочных машин.

Система «Курс» может быть установлена на электробалластер ВПР, и другие выправочные машины. Изготовлен один экспериментальный образец. Основным отличием системы «Курс» от аналогичных систем отечественных и зарубежных фирм является расчет параметров выправки по геодезическим координатам. Принцип работы системы «Курс» основан на сравнении в процессе движения геодезических текущих координат измерительной тележки выправочно-рихтовочной машины с проектными координатами, расчет отклонения текущего положения измерительной тележки от проектного и визуализации отклонений. Для выполнения работ с данной измерительной системой необходимы проектные координаты, при этом не требуется каких-либо разбивочных работ. Устройство измерительной системы «Курс» включает спутниковый приемник позиционирования (ГНСС), систему линейных перемещений СЛП состоящую из двух лазерных измерителей расстояний, системы ориентации лазерных датчиков, акселерометра, контроллера и компьютера.

Проектные координаты могут быть получены различными средствами, при этом одним из условий выправки пути является трансформирование проектных координат в систему координат измерительного комплекса выправочной машины «Курс». Методика выправки пути по текущим координатам с использованием измерительной системы «Курс» заключается в совмещении траектории движения с проектной линией в плане и профиле. После прохода сохраняются координаты X , Y , H фактического положения пути. Данные о фактическом положении пути могут быть использованы при повторном проходе или других целей.

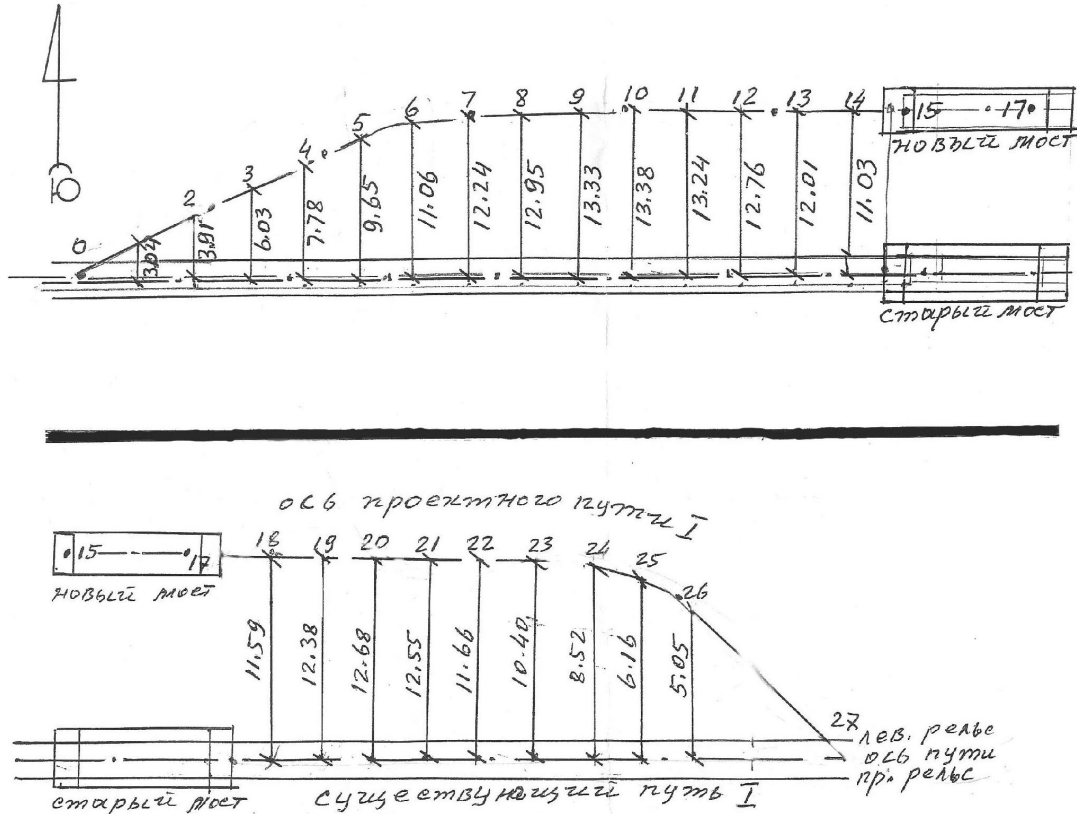
Проектно-изыскательские работы в РФ с применением координатных методов в настоящее время выполняют Иркутскжелдорпроект и Ленжелдорпроект.

Технология выправки пути при наличии геодезических координат остается традиционной. Качество выправочных работ повышается за счет исходных данных, применения АПК «Профиль» на подготовительном этапе и последующих этапах.

Для устранения недостатков относительных методов, примененных при изысканиях, наиболее эффективным способом является дополнительная натурная съемка непосредственно перед выправкой пути. Для этих целей целесообразно использовать АПК «Профиль», так как производительность составляет 4 км/ч, при этом в результате выполнения натурных съемок получаем продольный профиль, характеристики кривых, плановое положение оси пути, геомет-

рические параметры: ширину колеи, возвышение рельса, положение рельсовых нитей в плане и вертикальной плоскости.

Исходными проектными данными в данном случае являются схема разбивочных работ и продольный профиль (рисунок).



Пример разбивочной схемы

С использованием программного комплекса «ЖЕЛДОРПУТЬ» рассчитываются координаты оси проектного пути по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_{i\text{пр}} &= X_{i\text{изм}} + l_i \cos(\alpha_i + 90^\circ); \\ Y_{i\text{пр}} &= Y_{i\text{изм}} + l_i \sin(\alpha_i + 90^\circ), \end{aligned} \right\}$$

где $X_{i\text{пр}}, Y_{i\text{пр}}$ — координаты проектного пути в i -й точке; $X_{i\text{изм}}, Y_{i\text{изм}}$ — координаты соседнего пути в i -й точке АПК «Профиль»; l_i — проектное расстояние между осями; α_i — курсовой (дирекционный) угол в i -й точке.

Учитывая, что фактическое положение пути на момент съемки АПК «Профиль» будет отличаться от пространственного положения на момент проведения проектно-изыскательских работ в проектные данные вносятся поправки в сдвиги.

Выправка может выполняться с использованием существующих путевых машин с наличием штатных систем управления выправкой. Для этого рассчитываются откорректированные расстояния между осями соседнего и проектного пути по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_{i_{\text{пр}}} &= X_{i_{\text{пр}}} - X_{i_{\text{изм}}}; \\ \Delta Y_{i_{\text{пр}}} &= Y_{i_{\text{пр}}} - Y_{i_{\text{изм}}}; \end{aligned} \right\}$$
$$l''_{i_{\text{пр}}} = \sqrt{\Delta X_{i_{\text{пр}}}^2 + \Delta Y_{i_{\text{пр}}}^2},$$

где $l_{i_{\text{пр}}}$ — расстояние между осями проектного и соседнего пути.

Данные пикетажных значений и расстояний между осями соседнего и выправляемого пути, позволяют, не нарушая сложившейся практики, выставлять путь в проектное положение с более высоким качеством. Данную методику необходимо рассматривать как переходную от относительных методов выправки пути к координатным методам

Выправка пути при этом выполняется от соседнего рельса с использованием откорректированной разбивочной схемы. Анализ длинных неровностей выполняется с использованием программного комплекса «ЖЕЛДОРПУТЬ». После каждого этапа выправки с использованием АПК «Профиль» определяет фактическое положение пути в плане и профиле параметры кривых. Испытания, проведенные в сентябре 2008 г. показали высокую эффективность разработанной технологии. На 2009 г. запланированы широкомасштабные испытания на пяти участках в объеме 60 км.