



УДК 625.1
ББК 39.211-08

ПОСТАНОВКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ В ПРОЕКТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ КООРДИНАТНОГО СПОСОБА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ

Р.С. Медведев, Ю.С. Бахрачева

В статье анализируется проблема постановки железнодорожного пути в проектное положение с применением координатного метода при организации скоростного и высокоскоростного движения и пути ее решения. Рассматривается структурная схема унифицированной микропроцессорной системы управления выправкой пути в неподвижной системе координат относительно реперной сети.

Ключевые слова: железнодорожный путь, координатный метод, высокоскоростное движение, реперная сеть, скоростная магистраль.

Эффективное функционирование и развитие железнодорожного транспорта, составляющего основу транспортной системы страны, играет исключительную роль в создании условий для перехода на инновационный путь развития и устойчивого роста национальной экономики, обеспечения лидерства Российской Федерации в изменяющейся мировой экономической системе.

В целях обеспечения повышения доступности населению услуг транспортного комплекса, необходимо решить задачи по строительству новых и реконструкции существующих железнодорожных линий для организации скоростного и высокоскоростного пассажирского движения.

Организация скоростного и высокоскоростного движения позволит значительно повысить качество транспортного обслуживания населения, сократить потери времени в пути и, следовательно, увеличить доступность транспортных услуг для населения.

Удешевление и ускорение перевозок позволяют сблизить удаленные друг от друга регионы страны, повысить качество жизни на-

селения и уровень деловой активности, укрепить территориальное единство страны и создать более благоприятные условия для реализации потенциальных экономических и социальных возможностей каждого российского региона.

К настоящему времени сложилась следующая градация скоростей в пассажирских перевозках:

- до 140 км/ч – обычное движение поездов;
- 141–200 км/ч (за рубежом 141–230 км/ч) – скоростное движение поездов;
- более 200 км/ч (за рубежом более 230 км/ч) – высокоскоростное движение.

Для дорог России организация скоростного и высокоскоростного движения пассажирских поездов имеет особое значение, так как около 45 % пассажирооборота приходится на их долю, и такое положение сохранится в обозримой перспективе. В «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» [3] предусматривается к 2030 г. построить 20 730 км новых линий, из них протяженность скоростных железнодорожных линий к 2030 г. может составить более 10 тыс. км, а высокоскоростных – более 1 500 км.

Одними из основных задач Стратегии при формировании единого транспортного про-

странства России на базе сбалансированного развития эффективной транспортной инфраструктуры являются:

- увеличение пропускной способности и скоростных параметров транспортной инфраструктуры до уровня лучших мировых достижений с учетом создания обоснованных резервов, увеличение доли высокоскоростных путей сообщения;

- освоение инновационных технологий строительства, реконструкции и содержания транспортной инфраструктуры.

У традиционной железнодорожной транспортной системы «колесо – рельс» при изменении скоростного диапазона наблюдаются увеличение сопротивления движению подвижного состава и, как следствие, рост энергетических затрат на тягу поезда. Для реализации таких скоростей требуются новые технические нормы и более высокая, чем на обычных линиях, оснащенность стационарных устройств, инфраструктуры и подвижного состава, что приводит к росту капитальных затрат на строительство, повышению стоимости подвижного состава и к увеличению эксплуатационных расходов. Все это, однако, окупается при больших пассажиропотоках социальным и экономическим эффектом внедрения скоростного и высокоскоростного движения.

В статье рассматривается проблема постановки железнодорожного пути в проектное положение с применением координатного метода при организации скоростного и высокоскоростного движения и способы ее решения.

К железнодорожному пути, используемому скоростными пассажирскими поездами, предъявляются более высокие требования, которые направлены на постоянное поддержание практически неизменяемой и близкой к идеальной траектории качения колес экспресса.

Анализ результатов исследований и зарубежного опыта эксплуатации скоростных магистралей показывает, что для оптимизации перевозочного процесса необходима комплексная увязка трех параметров [1]:

- 1) жесткости системы «путь – экипаж»;
- 2) размеров неровностей пути и колес;
- 3) скорости движения.

Одновременное существование повышенных значений всех трех указанных параметров приводит к увеличению интенсивнос-

ти повреждений пути и экипажей. Поскольку повышение скорости – это главное требование для скоростной линии, то речь может идти только об уменьшении неровностей на колесах и пути, а также о снижении жесткости системы «путь – экипаж».

Поверхность катания головки рельсовых плетей должна иметь высокую прямолинейность. С увеличением скоростей движения существенно расширяется диапазон длин неровностей пути, оказывая влияние на процессы его взаимодействия с подвижным составом.

Следует отметить, что с увеличением скорости движения возрастает влияние длинных неровностей на колебания обрессоренных масс, а следовательно, на формирование сил взаимодействия подвижного состава и пути.

При высоких скоростях движения существенное влияние на динамику взаимодействия пути и подвижного состава оказывают неровности длиной 20 м и более, частоты воздействия которых могут оказаться в диапазоне собственных колебаний рессорного подвешивания экипажей, что особенно важно для пассажирского движения.

На участках Октябрьской и Московской железных дорог был проведен анализ неровностей пути в продольном профиле. Обобщение полученных данных свидетельствует о том, что во всех интервалах длин неровностей присутствует практически весь диапазон уклонов, причем неровности длиной порядка 100 м имеют наибольшую величину уклонов. Наличие неровностей длиной 50–100 м не связано с условиями содержания верхнего строения пути, поскольку путевая техника в настоящее время устраняет неровности профиля длиной до 15–20 м, по которым и оценивается состояние пути.

Динамические процессы взаимодействия пути с неровностями продольного профиля длиной до 60 м и скоростного подвижного состава зависят от того, движется ли экипаж по одной или нескольким неровностям подряд. Степень влияния числа неровностей для каждого из рассматриваемых динамических показателей зависит от геометрических параметров неровности, а также от скорости движения подвижного состава. Чем выше амплитуда неровности, тем ощутимей становится воздействие периодических неровностей на показатели динамики.

Значения коэффициента динамики тележки и вертикального ускорения кузова над пятником растут с увеличением длины волны неровности от 5 до 15–20 м (для вертикального ускорения тележки до 10 м), а при дальнейшем увеличении длины неровности до 100 м и более величины динамики, для тех же значений уклонов неровности, плавно уменьшаются. На рисунках 1 и 2 показано изменение величины вертикального ускорения в цен-

тре кузова вагона и над пятником при скорости 200 км/ч в зависимости от длины одноволновой (изолированной) неровности [1].

Вертикальное ускорение центра кузова возрастает с увеличением длины волны неровности до 20 м, затем начинает уменьшаться, однако при длине неровности 60–70 м и скорости движения 200 км/ч наблюдается второй пик увеличения значений вертикальных ускорений (рис. 1).



Рис. 1 Вертикальное ускорение центра кузова скоростного экипажа при прохождении изолированных неровностей со скоростью 200 км/ч

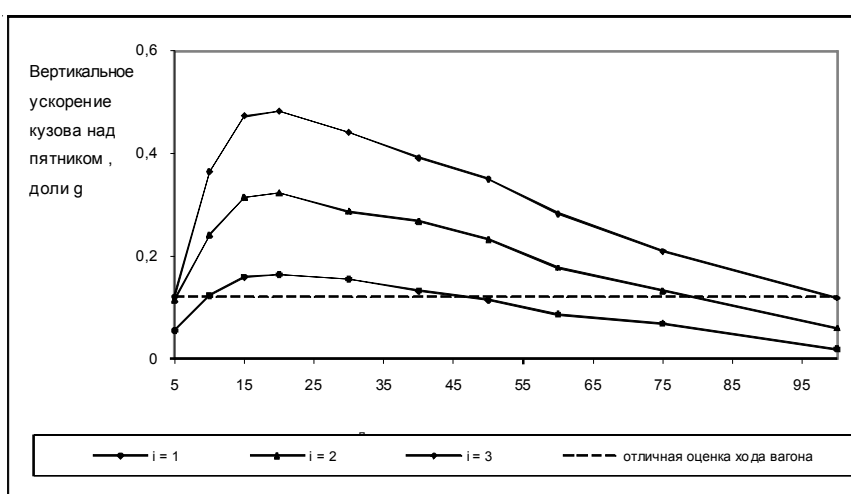


Рис. 2. Вертикальное ускорение кузова (в пятниковом сечении) скоростного экипажа при прохождении изолированных неровностей со скоростью 200 км/ч

При моделировании динамических процессов движения скоростного поезда по длинным неровностям пути, на которые накладываются более короткие просадки, величины динамических показателей выше, чем при движении просто по длинным неровностям. Однако общее динамическое воздействие от таких неровностей не равно сумме воздействий отдельно от длинных и коротких неровностей, а как правило, несколько меньше этой суммы.

Учет длинных неровностей увеличивает значения показателей динамики скоростного экипажа по сравнению с данными, получаемыми при рассмотрении только коротких неровностей, примерно в 1,2–2 раза. Доля участия длинных неровностей пути в формировании величины ускорений вертикальных колебаний в различных точках кузова зависит от скорости движения, а также от соотношения амплитуд и длин волн коротких и длинных неровностей.

Применение координатного метода для выправки пути еще несколько (5–7) лет назад являлось неэффективным. Это связано с высокой стоимостью работ, так как геодезические методы в несколько раз дороже относительных измерений, например метода хорд.

При проведении проектно-изыскательских работ на существующих железных дорогах используются традиционные геодезические приборы и методы измерений в неподвижной системе координат. При строительстве новых магистралей все исходные проектные данные и результаты измерений представляют собой геодезические координаты. Системы координат, включая условные, могут быть различными. Стоимость работ по геодезическому обеспечению строительства за счет использования инструментальных методов высокая. При проведении проектно-изыскательских работ, при капитальном ремонте используются относительные методы, которые определяют взаимное положение элементов пути (стрелы изгиба в вертикальной и горизонтальной плоскостях и т. д.).

При текущем ремонте пути сложилась практика работ по обеспечению соответствия геометрических параметров рельсовой колеи техническим требованиям без использования геодезических данных.

Приемка пути после его ремонтов осуществляется по нормативам, которые не содержат параметров отклонений от проектного положения пути, определяемого геодезическими или другими координатами в неподвижной системе отсчета.

Основной метод, на базе которого выполняется выправка пути, – это метод сглаживания. Данный метод обеспечивает плавность хода на скоростях установленных существующими нормативными документами. С течением времени отклонения пространственного положения пути от проектного могут значительно увеличиваться и влиять на безопасность движения. Существующие методы оценки не содержат нормативов на отклонения фактического положения пути от проектного, даже не содержат нормативов по допустимым отклонениям от проектных параметров, например, по длине переходной кривой, соответствию возвышения по уровню кривизне пути в плане и пр. После выправки пути при ремонтах методом сглаживания остаются длинные неровности в плане (заводины) и вертикальной плоскости (лощины). При увеличении скоростей движения поездов путь, выправленный по методу сглаживания, не обеспечивает комфортабельного движения поездов, также ухудшаются показатели взаимодействия системы «рельс – колесо».

Решить эту проблему возможно только при использовании геодезических методов определения пространственного положения пути и расчета по координатам геометрических параметров пути. Это позволяет определять неровности на любом расстоянии с высокой точностью.

Одним из вариантов, который позволяет исключить существующие недостатки, связанные с определением неровностей в вертикальной и горизонтальной плоскостях, является создание специальной эффективной реперной сети.

Важной особенностью реперных систем является возможность мониторинга положения объектов в единой системе координат по длине пути и во времени. Современные способы контроля высокоточной системы координатного обеспечения помогают определить положение объектов в единой системе координат с погрешностью порядка сантиметра.

Реперная система в составе системы высокоточного координатного обеспечения линии призвана служить основой для съемочных работ при мониторинге положения пути, сборе предпроектной информации о положении пути при его реконструкциях, оценке соответствия проектным решениям после ремонта пути. Также реперная система применяется как основа для разбивочных работ, когда выносится проектное решение при реконструкции пути. Дополнения реперной системы референцной сетью позволяют при съемочных работах использовать аппаратуру потребителя ГЛОНАСС/GPS геодезического назначения для определения положения пути и других объектов инфраструктуры в плане и профиле, что в значительной степени автоматизирует процесс, увеличивает производительность съемки и повышает точность определения местоположения.

Стоит отметить, что высокоточную пространственную привязку данных состояния пути в профиле и плане, получаемых со спутников ГЛОНАСС/GPS, невозможно определить, опираясь непосредственно на координатно-временные параметры. Прямые спутниковые измерения позволяют получить определение местоположения с точностью порядка 15–20 м. Упомянутые же задачи требуют кардинально иных точностных характеристик, достичь которые можно только с помощью специальных корректирующих поправок, вырабатываемых с помощью специальных систем дифференциальной коррекции – так называемых дифференциальных глобальных навигационных спутниковых систем (далее – ДГНСС). ДГНСС представляет собой систему, включающую:

- глобальные навигационные спутниковые системы ГЛОНАСС и GPS;
- базовые наземные референцные станции (НРС), оснащенные высокоточными спутниковыми приемниками, располагаемыми через 30–50 км на фундаментальных зданиях железнодорожных станций и соединенными с сетевым центром обработки информации высокоскоростными каналами связи;
- сетевой центр обработки спутниковой информации, который круглосуточно обрабатывает спутниковую информацию, получаемую от рабочей сети (далее – РС), и переда-

ет зарегистрированным пользователям высокоточные дифференциальные поправки к измеряемым ими координатам объектов. Передача осуществляется с использованием сети связи стандарта GSM.

Возможно несколько путей решения проблемы установки пути в проектное положение в неподвижной системе координат [2].

Один из вариантов – проведение геодезической съемки пути (без реперной сети), выполнение соответствующих расчетов, составление программных заданий выправочно-подбивочно-рихтовочной машине и их реализация при рабочем проходе машины.

Другие варианты предполагают наличие специальной реперной сети (далее – СРС), включающей в себя опорную геодезическую сеть (далее – ОГС) и РС. СРС может быть использована не только для контроля геометрических параметров железнодорожного пути при ремонтах и в условиях его содержания, но и для всех составляющих инфраструктуры железных дорог, в том числе контактной сети, искусственных и других сооружений при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонтах и эксплуатации и пр.

Один из таких вариантов предполагает установку пути в проектное положение выправочно-подбивочно-рихтовочной машиной, оборудованной унифицированной микропроцессорной системой (далее – УМС) управления выправкой пути с оптического-электронной системой контроля положения реперных меток (далее – ОЭСКПРМ) с использованием реперной сети.

Второй вариант предполагает использование реперной сети и осуществление съемки положения пути относительно рабочих реперов вручную с использованием геодезического или другого оборудования.

Третий вариант предполагает использование специальной путеизмерительной тележки, обеспечивающей измерение положения пути относительно рабочих реперов реперной сети и координатную привязку с использованием спутниковой системы GPS/ГЛОНАСС.

Структурная схема системы установки пути в проектное положение в неподвижной системе координат – относительно реперной сети – приведена на рисунке 3. Размещение УМС на машине приведено там же.

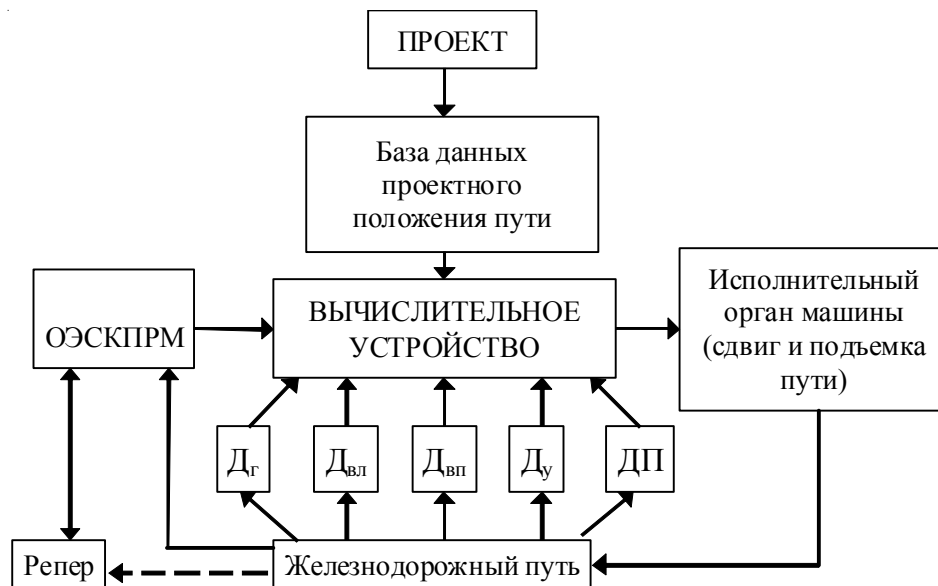


Рис. 3. Структурная схема унифицированной микропроцессорной системы управления выправкой пути в неподвижной системе координат относительно реперной сети

Во время измерительной поездки с помощью штатных датчиков измерения стрел изгиба пути в плане (Дг), стрел прогиба в продольном профиле (Двл – левого и Двп – правого), положения пути по уровню (Ду) и датчика пути (ДП) контрольно-измерительная система (КИС) машины измеряет геометрию пути в функции длины пути, которая поступает в вычислительное устройство машины – процессорный блок. Во время этой же измерительной поездки с помощью ОЭСКПРМ осуществляется измерение фактического расстояния пути до рабочих реперов реперной сети. Результаты измерения фактических расстояний пути до рабочих реперов поступают в конвертер.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о перспективности внедрения систем высокоточного координатного обеспе-

чения и специальных реперных систем контроля положения пути не только с технологической точки зрения, но и с точки зрения снижения затрат в ходе эксплуатации железнодорожного пути.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Львов, А. А. Взаимодействие пути и подвижного состава при высоких скоростях движения и повышенных осевых нагрузках / А. А. Львов. – М. : Транспорт, 1978. – 125 с.
2. Самратов, У. Д. О точности определения геометрических параметров железнодорожного пути с помощью АПКУ / У. Д. Самратов, Л. А. Сакович, Д. Г. Кривдин // Геопрофи. – 2007. – № 6. – С. 28–32.
3. Стратегия развития железнодорожного транспорта в РФ до 2030 года : постановление Правительства РФ от 17 июня 2008 г. № 877-р. // Собр. законодательства РФ. – 2008. – № 29 (ч. II). – 77 с.

TRACK STATEMENT IN THE DESIGN SITUATION WITH APPLICATION OF THE COORDINATE WAY AT THE ORGANIZATION OF HIGH-SPEED MOVEMENT

R.S. Medvedev, Yu.S. Bakhracheva

In article the problem of statement of a track in design situation with application of a coordinate method is analyzed at the organization of high-speed and high-speed movement and a way of its decision. The block diagram of the unified microprocessor control system by bearing of a way in motionless system of coordinates of rather reperny network is considered.

Key words: track, coordinate method, high-speed movement, reperny network, high-speed highway.