

## ТОЧНОСТЬ СЪЕМКИ ПЛАНА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ КОЛЕИ И ПУТИ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Розглядаються точність зйомки плану залізничної колії та можливості щодо її підвищення.

Рассматриваются точность съемки плана железнодорожного пути и возможности ее повышения.

The accuracy of survey of railway plan and the possibility of its increase are examined.

При выполнении работ по содержанию или проектированию ремонта либо переустройства плана железнодорожного пути требуется информация о состоянии существующего пути. Для получения такой информации выполняется съемка.

К сожалению, в вопросах съемки существует ряд заблуждений, как устоявшихся, так и новых. Считается, что съемка является точной, а путем применения каких-либо математических методов ее точность можно повысить.

Положительным моментом сегодняшнего финансово-экономического кризиса является то, что кризис принуждает нас отказываться от затратных и неэффективных технологий и решений.

В последние годы к съемке плана относились, по крайней мере, несерьезно. Снимали план как-нибудь, а потом пытались привести его в нормальное состояние, невзирая на то, что затраты на съемку меньше затрат на рихтовку в сотни раз. Особенно неблагоприятно обстоят дела с прямыми участками, которых, «благодаря» работе тяжелых путевых машин, практически не осталось.

В то же время аккуратная и достаточно точная съемка позволяет привести план пути в нормальное состояние, при котором износ рельсов и подвижного состава, скорость и комфортность существенно улучшатся.

### Машинные способы съемки плана

Сегодня традиционные «ручные» способы съемки вытесняются (причем, иногда незаслуженно) различной современной электронной техникой. При этом в ряде случаев желаемое выдается за действительное.

В качестве примера можно рассмотреть применение GPS-приемников, установленных на путеизмерительных вагонах или тележках. Производители GPS-оборудования и исследователи приводят следующие данные о возможных погрешностях приемников (табл. 1).

Таблица 1

Точность GPS-приемников

Режим измерений	Точность, мм
Бытовой	10 000
Геодезический одиночный	1 000
Геодезический дифференциальный	
Статика, быстрая статика	5 + $\Delta$
Кинематика*	20 + $\Delta$
Движение (гиросплатформа, специальная опорная сеть)	25 + $\Delta$
Движение	200 + $\Delta$

\* Измерения, при которых передвижной приемник фиксируется на точках на протяжении 10...20 с

Дополнительное слагаемое  $\Delta$  зависит от расстояния между перемещающимся и стационарным приемниками и составляет 1...3 мм на один км.

Таким образом, даже при прицепке к путеизмерителю достаточно дорогой и сложной гироскопической платформы и устройства вдоль пути сети спутниковых постоянно работающих приемников точность таких измерений будет в 25 раз хуже той, которую заявляют производители вагонов.

Так как приемник (для надежности приема) устанавливается на крыше вагона, возникает еще одна проблема, связанная с наклоном кузова (рис. 1).

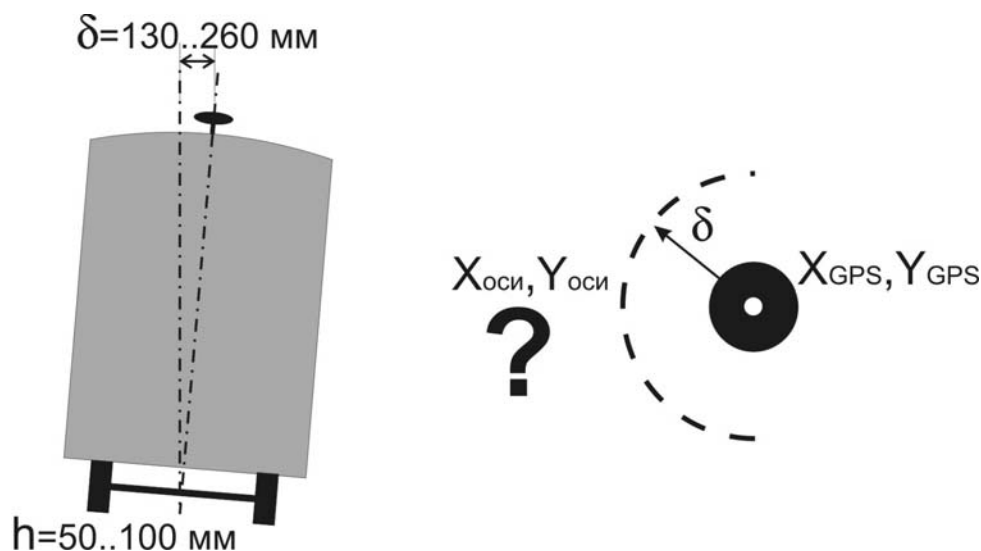


Рис. 1. Отклонение спутникового приемника от оси вагона

Даже при определении гироскопом вагона угла наклона в кривой неопределенным является вектор, по которому следует пересчитывать полученные приемником координаты. Аналогичные проблемы, связанные с движением и наклоном, возникают при измерении плана пути тележками, оборудованными GPS-приемниками и гироскопами.

В процессе заезда путеизмеритель получает также информацию о плане путем измерения кривизны. Асимметричность измерительной схемы не позволяет получить надежные данные об устройстве плана. Из-за асимметричности вагон может не «увидеть» короткую прямую вставку, неправильно оценить местоположение переходных кривых. Если построить план по данным для левого и правого рельсов, то к концу заезда рельсы «разъезжаются» на несколько километров.

Особая проблема таких вагонов – измерение длины. Т.к. пройденный путь определяется оборотами колесной пары, то даже его заявляемая точность (1:500) в десять раз хуже обычных измерений рулеткой.

Для реальной оценки точности техники с GPS-приемниками необходим их контрольный проезд по участку, для которого выполнены геодезические измерения достаточной точности. Такой эксперимент, во-первых, сразу бы показал реальную точность заездов, а во-вторых, стимулировал бы производителей вагонов к повышению точности их измерений.

Следует отметить, что наиболее точной из машинных съемок является съемка с приме-

нием системы «Навигатор». Но даже в этом случае для длинных участков набегают погрешности, которую следует устранять специальными методами, о которых речь пойдет в конце статьи.

#### «Ручные» способы съемки

Из традиционных «ручных» способов съемки наиболее распространены способы стрел и Гоникберга. Следует отметить, что на заре их применения использовались специальные приемы (на сегодня, к сожалению, забытые), которые существенно повышали точность съемки.

Достаточно распространенный способ стрел достаточно точно оценивает значения кривизны двух соседних точек, но имеет ряд серьезных недостатков. Первый из них – быстрое нарастание погрешности измерений по длине из-за двойного суммирования (неопределенность положения пути в плане может достигать 5 м/км). Второй – отсутствие какого-либо контроля измерений. Третий – достаточно большой шаг съемки (10 м).

Уменьшение шага съемки до 5 м приводит к увеличению погрешности в 10 раз, т.к. значение измеряемой стрелы уменьшается в 4 раза, а погрешность отсчета остается прежней. Кроме того, возрастает в 2 раза количество суммируемых стрел.

Устранить недостатки способа стрел можно, применив разработанную автором его модификацию (рис. 2).

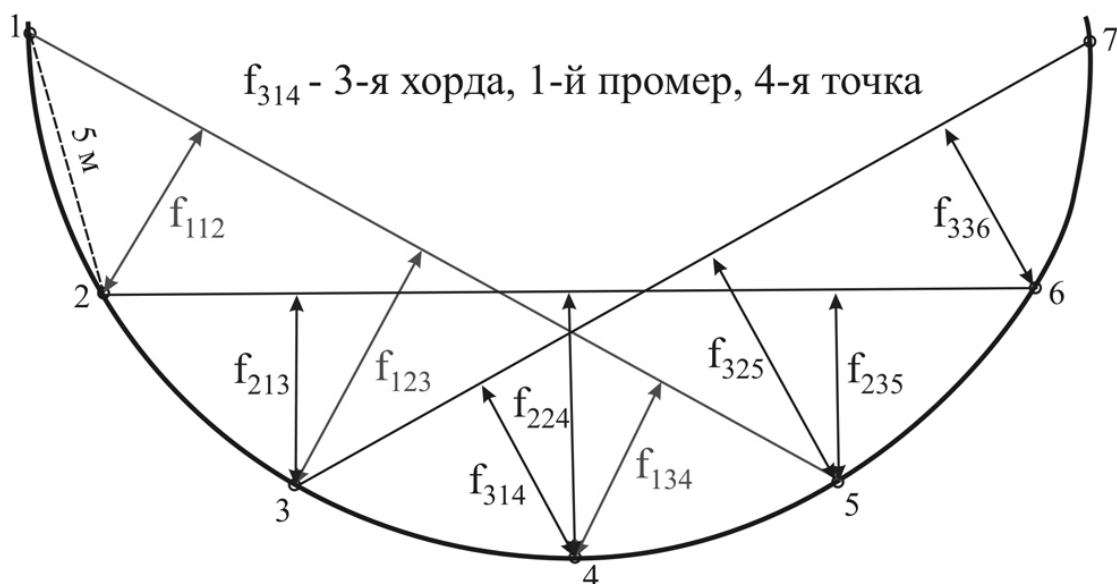


Рис. 2. Модифицированный способ стрел

В этом случае каждая точка измеряется трижды, а специальные методы уравнивания стрел и длин позволяют увидеть грубые ошибки измерений и получить информацию о положении точек гораздо точнее.

Для коротких кривых (например, закрестовинных) автором предложена координатная съемка от базиса (рис. 3).

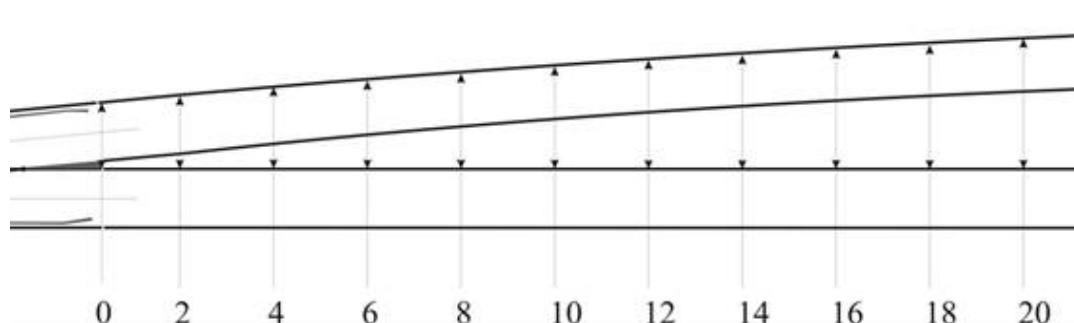


Рис. 3. Прямоугольная съемка от базиса

В этом случае отсутствует накопление ошибки, и шаг съемки может выбираться сколько угодно малым.

При выполнении съемки с использованием электронных тахеометров или GPS-приемников следует иметь в виду, что реальная точность координат отдельных точек не лучше 25 мм. В условиях текущего содержания точность съемки отдельных точек сопоставима с величиной рихтовок. В то же время такая съемка дает достаточно точное определение пространственного положения пути на большом расстоянии. Поэтому такая съемка целесообразна при проек-

тировании модернизации или реконструкции плана.

### Использование реперных систем

На некоторых дорогах созданы специальные реперные системы, которые почти не применяются. В то же время их использование при съемке, мониторинге, а также при контроле рихтовок и укладке пути может оказаться весьма эффективным.

При их создании предполагалось использование створовых измерений и сравнение их результатов с проектными данными (рис. 4).

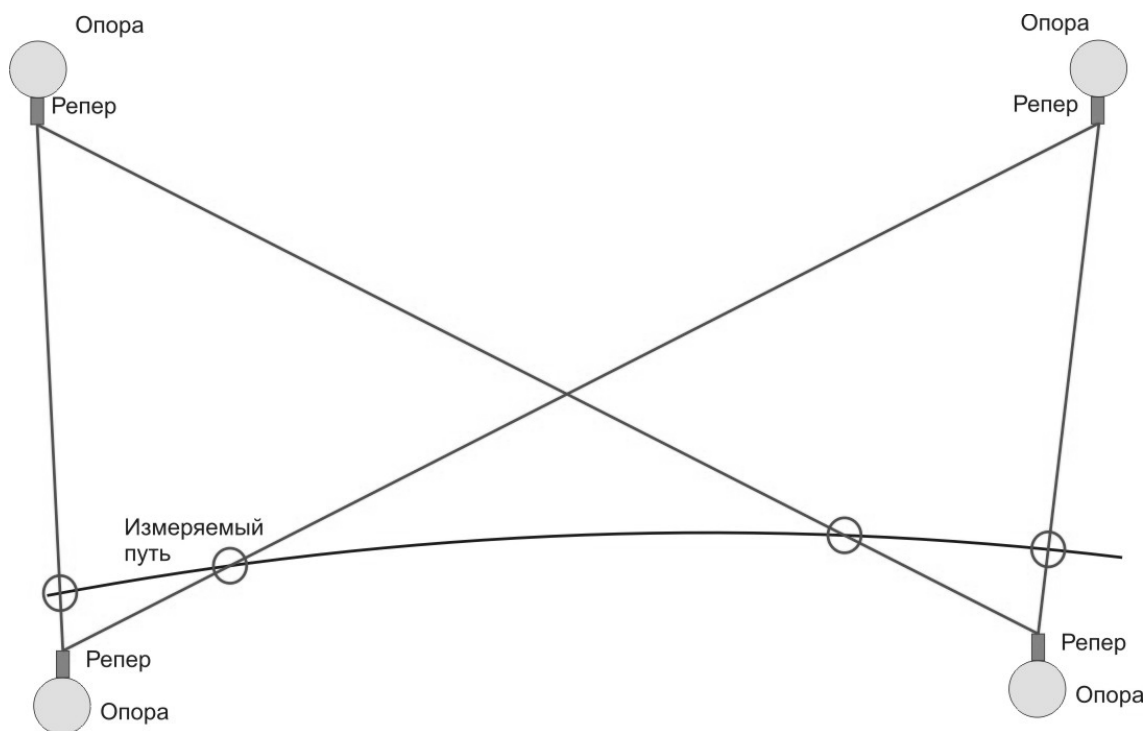


Рис. 4. Створовые измерения от реперов

Однако такие измерения позволяют выполнять измерения только вблизи опор контактной сети. Для измерения от реперов координат лю-

бой точки предложено использование линейных засечек (рис. 5) от 2...4 реперов.

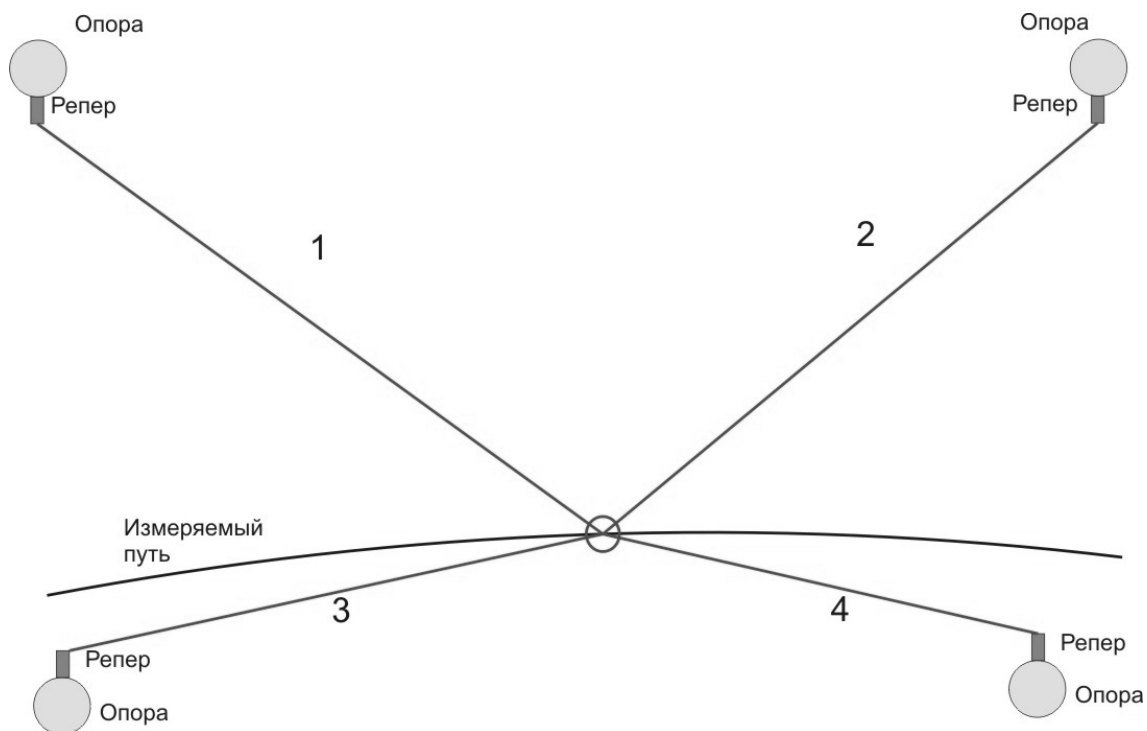


Рис. 5. Линейные засечки от реперов

В этом случае обычной или лазерной рулеткой измеряются линейные расстояния от точки на пути до реперов. Результаты измерений обрабатываются и получаются искомые координаты точки.

Для сплошной съемки точек может использоваться достаточно простое приспособление (рис. 6), состоящее из стального троса с метками и жесткого наугольника. Рулеткой, ноль которой находится на оси троса, измеряется рас-

стояние до пути. Доцент ИрГУПСа О. А. Су-слов усовершенствовал эту систему для возможности применения лазерной рулетки.

При расчете плана можно автоматически сформировать таблицы с проектными расстоя-

ниями от реперов до пути как по створам (прямым и диагональным), так и по прямоугольным расстояниям, что позволяет эффективно контролировать состояние пути.

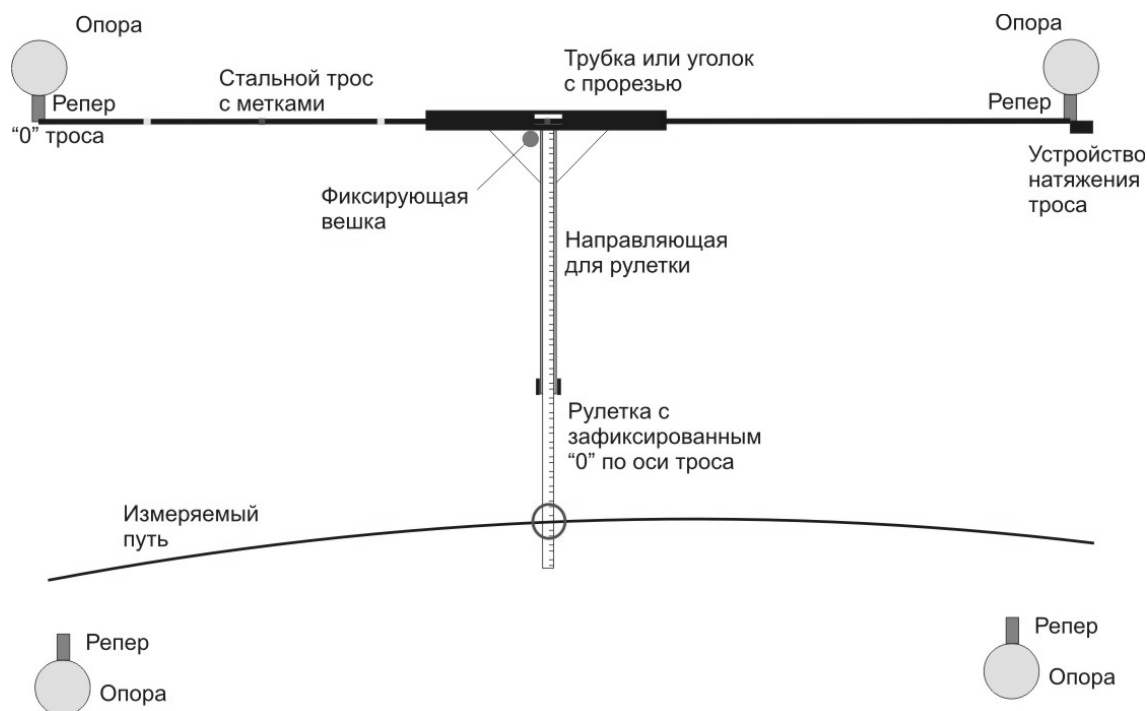


Рис. 6. Система прямоугольных измерений от реперов

### Уравнивание съемки

Наиболее точные результаты измерений плана могут быть получены комбинацией модифицированного способа стрел и координатных измерений (рис. 7).

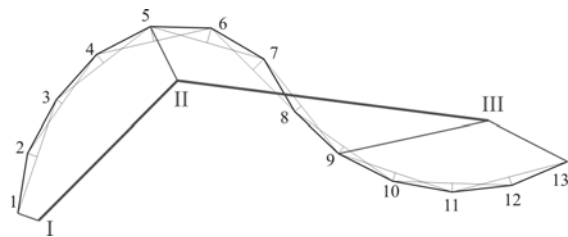


Рис. 7. Комбинированная съемка

Если через 100...150 м сплошной стреловой съемки определять координаты отдельных точек (тахеометрической, GPS-съемкой, засечками от реперов), то недостаток съемки стрел, связанный с нарастанием погрешности, будет устранен. В то же время координаты отдельных точек, уравниваемые на стреловые измерения, также станут более точными.

Такое уравнивание устраняет недостатки этих способов съемки и максимально использует их преимущества.

Все описанные способы съемки и их обработка реализованы в программе РВПлан 2.2.

Поступила в редколлегию 25.03.2009.