

Таблица 1 – Проверка прочности соединения составной шпалы

Тип шпалы	Длина шипа, мм	Длина узкой части шипа, мм	Длина неразрезаемой части шпалы, мм	Длина противолежащего тангенса угла шипа, мм	Длина широкой части шипа, мм	Момент сопротивления поперечного сечения элемента, м ³	Нормальное напряжение при изгибе, МПа
1	120	80	40	45	170	16,24	16,44
	115	80	40	45	170	16,06	16,44
	110	80	40	45	170	15,87	16,44
	105	80	40	45	170	15,65	16,44
2	150	60	30	55	170	15,03	15,79
	120	65	32,5	50	165	15,98	16,10
	100	65	35	47,5	160	16,11	16,27
	115	65	32,5	50	165	15,77	16,10
	110	65	32,5	50	165	15,54	16,10
3	145	55	30	57,5	170	15,03	15,65
	105	55	35	52,5	160	15,24	15,95
	140	60	30	55	170	15,75	15,79
	100	60	35	50	160	16,00	16,10

Проверка прочности выполняется при условии, что величина момента сопротивления поперечного сечения элемента не превышает величину нормального напряжения при изгибе. Из таблицы видно, что изготовление составных деревянных шпал для всех типов возможно. Так как в расчеты заложено максимальное значение воздействия, оказывающее наибольшее влияние на поверхность шпалы в зоне подрельсового узла, которое соответствует условиям эксплуатации главных путей, можно сделать вывод, что применение составных шпал на станционных путях и путях необщего пользования будет обеспечивать безопасность движения поездов в полной мере.

УДК 625.03

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КРИВЫХ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

В. В. РОМАНЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Одной из основных задач обеспечения безопасности движения поездов для путевого хозяйства является диагностика железнодорожного пути с целью установления и мониторинга его технического состояния. Диагностика

выполняется с целью определения объемов работ по текущему содержанию и ремонту устройств и сооружений, приоритетности их выполнения, обеспечения быстрого, экономически обоснованного реагирования на происходящие процессы, приводящие к снижению работоспособности железнодорожного пути, а также прогнозирования дальнейшего изменения состояния объектов. В рамках решения данных задач актуальна проблема содержания криволинейных участков пути, обеспечение соответствия их характеристик установленным скоростям движения поездов, контроль положения криволинейных участков, совершенствование методики их проверок и расчетов для приведения кривых в проектное положение, подготовка и формирование исходных данных для работы путевых машин.

В процессе эксплуатации железнодорожного пути от колес подвижного состава на колею передается силовое воздействие, которое можно разложить на вертикальные и горизонтальные составляющие, вертикальное давление, вызывающее осадку пути, и вертикальный изгиб рельсов, боковое давление, стремящееся сдвинуть путь в сторону, а также продольные силы, которые являются причиной угона рельсошпальной решетки.

При движении поезда на рельсовую колею действуют переменные горизонтальные поперечные силы: рамное (силы, действующие на кузов) и боковое давление, вызванное поворотом состава в кривых (вписывание подвижного состава в кривые). Рельсы, соединенные со шпалами посредством промежуточного скрепления, воспринимают также и горизонтальные продольные силы (силы угона, торможения и продольные усилия от действия температуры). При совершенствовании элементов конструкции верхнего строения пути и ходовых частей подвижного состава стремятся достигнуть возможно более благоприятного их взаимодействия.

Анализ процесса взаимодействия подвижного состава на путь определяет, что одним из основных факторов влияния является геометрическое положение рельсовой колеи в плане, а именно – отклонение от необходимой кривизны.

Диагностика геометрического положения кривых выполняется силами дистанций пути постоянно, не реже двух раз в год. Для главных путей характеристика кривой определяется по проходу путеизмерительного вагона. На станционных путях контроль выполняется путем измерения стрел изгиба с последующим определением радиуса кривой, фактических длин переходных кривых. Как правило, «съемка» кривой выполняется в точках через 10 м от середины хорды длиной 20 м (вариант 1), однако при сходе подвижного состава в криволинейном участке пути, а также при контроле кривых малых радиусов или имеющих небольшое протяжение измерение стрел изгиба производится от хорды длиной 10 м соответственно в точках через 5 м (вариант 2).

Существующие на сегодня методики оценки состояния рельсовой колеи в кривой не предполагают наличие разницы в стрелах изгиба, измеренных 1-м и 2-м вариантами. Однако, как показывает анализ величин стрел изгиба, результаты по обоим вариантам не идентичны, из чего можно предположить, что измерение стрел изгиба 2-м вариантом необходимо для уточнения отклонения кривизны, а не для его оценки. Так как на протяжении всей кривой кривизна может изменяться от незначительных отклонений до появления «угла», то для оценки взаимодействия подвижного состава и кривизны целесообразно рассматривать не всю кривую в целом, а конкретные места с отступлениями.

Для подробного исследования результатов анализа сравнения разницы в величинах радиуса при различных вариантах съемки были спроектированы модели кривых различных радиусов, для которых определены участки с имеющейся разницей в величинах радиусов ΔR более 20 %. Так как в ряде случаев измерение в точках через 5 м актуально, необходимо определить случаи, в которых результаты измерения для обоих вариантов могут не совпадать. Каждый из участков характеризуется своими индивидуальными параметрами, которые математически описывают характер изменения кривизны. Для углубленного изучения изменения кривизны кроме радиусов в каждой точке определены величины отводов в каждой точке относительно предыдущей и следующей. Отвод кривизны непосредственно показывает, каким образом изменяется кривизна в данной точке, а также на сколько фактический отвод отличается от проектного (таблица 1).

Таблица 1 – Исследование участка с выявленными отклонениями кривизны

№ точки	Стрела изгиба, мм, f_{20} от середины хорды 20 м	Разница радиусов при f_{20} и f_{10} , мм	Положение точки в отклонении (n – наружу кривой, в – внутрь кривой)		Кривизна отвода, мм/м (хорда 20 м)		Кривизна отвода, мм/м (хорда 10 м)		Порядок изменения радиуса с большей величины на меньшую ($R \rightarrow r$), с меньшей на большую ($r \rightarrow R$)	
			вершина	отвод	от предыдущей точки	до следующей точки	от предыдущей точки	до следующей точки	хорда 20 м	хорда 10 м
7	-121	-29	-	90н	9,0	20,0	3,2	10,0		
8	110	0	-	200н	20,0	31,0	10,0	17,0	$R \rightarrow r$	$R \rightarrow r$
9	110	10	310н	-	31,0	18,4	17,0	6,6	$R \rightarrow r$	$R \rightarrow r$
10	126	28	-	184н	18,4	18,6	6,6	9,6	$r \rightarrow R$	$r \rightarrow R$
11	2	3	-	186н	18,6	11,6	9,6	0,6	$R \rightarrow r$	$R \rightarrow r$

Например, для участка (точки № 7–11):

– в точке 8 отвод при измерении стрел изгиба от середины хорды длиной 20 м относительно точки 7 составляет $i = 200 / 10 = 20$ мм/м (графа 6), при этом величина радиуса меняется с большей на меньшую;

– в точке 8 отвод при измерении стрел изгиба от середины хорды длиной 10 м относительно точки 7 составляет $i = 50 / 5 = 10$ мм/м (графа 8), при этом величина радиуса также как и в предыдущем случае меняется с большей на меньшую;

– в точке 8 отвод при измерении стрел изгиба от середины хорды длиной 20 м относительно точки 9 составляет $i = 310 / 10 = 31$ мм/м (графа 7), при этом величина радиуса меняется с большей на меньшую;

– в точке 8 отвод при измерении стрел изгиба от середины хорды длиной 10 м относительно точки 9 составляет $i = 85 / 5 = 17$ мм/м (графа 9), при этом величина радиуса меняется с большей на меньшую.

Постоянно изменяющаяся величина отвода подтверждает наличие отклонения кривизны от проектной $R = 250$ м, для которого отвод должен составлять

$$f = 1000 \cdot 20^2 / (8 \cdot 250) = 200 \text{ мм}; \quad i = 200 / 10 = 20 \text{ мм/м.}$$

При съемке кривой с хордой длиной 20 м величина средних радиусов практически во всех моделях ближе к величине проектных, что подтверждает адекватность принятого варианта съемки на Белорусской железной дороге. Однако съемка с хордой 10 м позволяет уточнить величину кривизны кривой, а именно в части величины отвода.

В процессе эксплуатации кривые расстраиваются не системно, т. е. геометрическое положение отклонения кривизны возможно получить любое: во внутрь колеи, наружу колеи, наружу колеи либо во внутрь с несколькими «вершинами», симметричное либо несимметричное.

Максимальное количество расхождений выявлено на участках, имеющих несимметричные отклонения (аналогичных участку, приведенному в таблице 1). На наличие таких отклонений указывает постоянно меняющаяся величина отвода кривизны i , определенная как от варианта съемки от середины хорды длиной 20 м, так и от середины хорды длиной 10 м. В ряде случаев при значительном несовпадении R_{20} и R_{10} установлено, что в предыдущих точках имеет место несоответствие порядка изменения, например при съемке от хорды 10 м – $R \rightarrow r$, а при съемке от хорды 20 м – $r \rightarrow R$ в одной и той же точке.

Таким образом, для оценки состояния криволинейного участка целесообразно проводить съемки кривой от хорды длиной 20 м в точках через 10 м. Съемку в точках через 5 м от середины хорды 10 м целесообразно выполнять не на всей кривой, так как полного подтверждения параметров получить не удастся, а только на участке с несимметричным очертанием отклонения.