

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТИ СЪЕМКИ МЕТОДОМ СТРЕЛ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РИХТОВКИ*

И.П. Корженевич

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта, Украина

При возрастании скоростей движения поездов особое внимание следует уделять вопросам содержания и рихтовки кривых участков пути. Эти вопросы волнуют практиков и теоретиков железнодорожного пути более ста лет.

При этом возникает три проблемы:

- методика съемки кривой;
- построение математической модели кривой;
- методы расчета и оптимизации выправки кривой.

Развитие современных методов съемки по-прежнему не дает ответа на вопрос: как выполнять съемку существующих кривых участков пути. Системы спутниковой геодезии и электронные тахеометры не обеспечивают требуемой точности (при этом они чрезвычайно дороги и достаточно медленны). Короткобазные системы измерения в путевых машинах имеют высокую относительную погрешность.

В практике текущего содержания по-прежнему одним из наиболее точных методов съемки остается метод стрел. При этом на кривой делается, как правило, один проход с измерением стрел изгиба, после чего выполняется расчет выправки с последующей рихтовкой.

Результаты такой съемки содержат случайные и систематические ошибки, которые могут существенно повлиять на результаты всей работы.

В качестве примера рассмотрим одну из кривых Львовской железной дороги, на которой было выполнено три независимых измерения. Результаты этих измерений представлены в таблице. Из таблицы видно, как колебались результаты замеров.

Таблица

Результаты измерений и расчетов кривой

Номера точек	Съемка 1			Съемка 2			Съемка 3		
	Измер.	Проект.	Сдвиги	Измер.	Проект.	Сдвиги	Измер.	Проект.	Сдвиги
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4	0	0	4	0	0	4	0	0
3	6	0	8	5	0	8	7	0	8
4	10	0.7	28	11	0	26	11	0.8	30
5	4	14.9	62	3	13	62	3	15	68
6	7	29.1	74	10	27.2	78	10	29.3	82

* Публикуется в авторской редакции

Таблица (продолжение)

7	39	43.2	43	36	41.4	60	38	43.5	58
8	80	57.4	3	78	55.7	31	77	57.7	22
9	51	71.6	8	37	69.9	47	55	72	26
10	108	85.8	-28	108	84.1	-3	108	86.2	-5
11	87	99.9	-20	85	98.4	-5	85	100.4	8
12	124	114.1	-38	125	112.6	-34	123	114.7	-10
13	122	127.5	-35	123	126.8	-38	124	128.1	-11
14	133	127.5	-40	137	128.1	-46	130	128.1	-16
15	126	127.5	-34	128	128.1	-36	128	128.1	-18
16	133	127.5	-31	127	128.1	-27	132	128.1	-20
17	129	127.5	-17	132	128.1	-19	131	128.1	-14
18	122	127.5	0	122	128.1	-4	122	128.1	-2
19	135	127.5	6	136	128.1	-1	135	128.1	-2
20	131	127.5	27	131	128.1	18	130	128.1	11
21	102	127.5	55	101	128.1	42	102	128.1	29
22	130	127.5	32	134	128.1	13	140	128.1	-6
23	136	127.5	14	139	128.1	-5	139	128.1	-17
24	128	127.5	13	130	128.1	-1	128	128.1	-7
25	127	127.2	13	130	128.1	7	127	128.1	4
26	122	126.2	12	124	128.1	19	125	128.1	12
27	132	125.2	4	128	127.4	23	131	128.1	14
28	122	124.2	8	123	126.4	27	122	128.1	22
29	123	123.2	9	120	125.5	25	123	128.1	18
30	107	122.2	9	117	124.5	13	127	128.1	3
31	131	121.2	-22	133	123.5	-15	136	128.1	-13
32	117	120.2	-33	121	122.5	-24	125	127.7	-14
33	126	119.2	-50	131	121.5	-36	134	126	-20
34	132	118.6	-54	124	120.6	-29	124	124.4	-10
35	122	118.6	-31	122	119.6	-15	124	122.7	-1
36	119	118.6	-1	119	119.3	3	120	121.1	11
37	107	118.6	30	107	119.3	21	110	119.4	20
38	114	118.6	38	119	119.3	15	120	117.8	11
39	109	118.6	36	120	119.3	8	110	116.1	6
40	126	118.6	16	119	119.3	2	119	114.9	-11
41	119	118.6	10	121	119.3	-4	120	114.9	-20
42	118	118.6	5	118	119.3	-6	118	114.9	-18
43	121	119.9	-1	124	120.3	-12	123	120.2	-13
44	126	121.4	-5	127	122.4	-9	126	125.7	-1
45	119	123	0	120	124.4	2	119	125.9	12
46	128	123.2	-2	128	125.4	5	130	125.9	12
47	116	123.2	5	117	125.4	13	116	125.9	20
48	126	123.2	-2	127	125.4	4	128	125.9	8
49	116	122.6	-4	121	124.1	-2	120	124	1
50	109	112.3	-16	111	113.6	-12	110	113.6	-13

Таблица (окончание)

51	115	102	-35	118	103.2	-26	120	103.1	-33
52	96	91.8	-28	93	92.7	-11	94	92.6	-20
53	89	81.5	-12	87	82.3	4	88	82.1	-4
54	62	71.2	19	62	71.8	29	63	71.6	23
55	58	61	31	60	61.4	34	59	61.1	34
56	41	50.7	38	41	50.9	37	39	50.6	40
57	40	40.4	25	42	40.5	19	41	40.1	24
58	37	30.1	11	38	30	5	37	29.6	9
59	18	19.9	11	18	19.6	7	18	19.1	8
60	8	9.6	7	7	9.1	5	7	8.7	6
61	5	0	0	4	0	0	4	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сумма измер. стрел	5750			5783			5819		

Для каждого из замеров выполнялись расчеты выправки по программе, которая основана на рекуррентной модели плана, разработанной автором статьи. Программа прошла многолетнюю проверку в эксплуатирующих и проектных организациях Украины и России; она позволяет рассчитывать многорадиусные кривые практически любой сложности с ограничениями на величину рихтовок, начало и конец проектирования.

После расчета полученные сдвиги применялись к среднему из трех съёмов положению кривой (предполагая, что средние значения снятых стрел близки к истинному). При этом использовалась известная формула соотношения между проектной H_i и измеренной h_i стрелами, а также сдвигами в соседних точках e_{i-1} , e_i и e_{i+1}

$$H_i = h_i + e_i - (e_{i-1} + e_{i+1})/2.$$

Ожидаемые и реальные значения стрел в результате рихтовок представлены на рис. 1-3. Из рисунков видно, что существенного улучшения положения кривой, рассчитанной по неточным данным, не происходит.

Отличия полученных стрел от ожидаемых представлены на рис. 4.

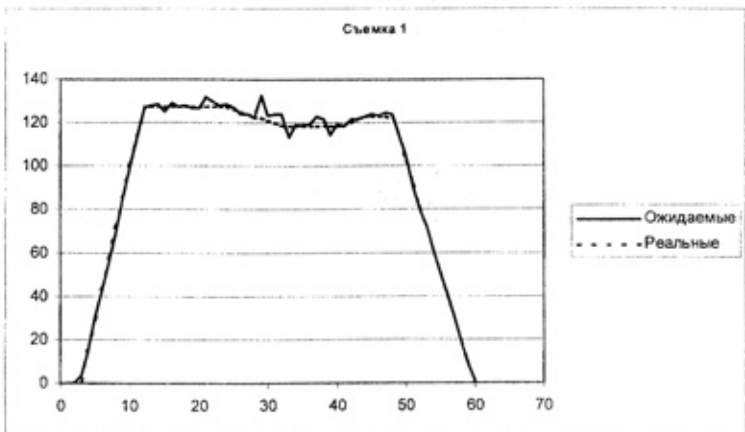


Рис. 1

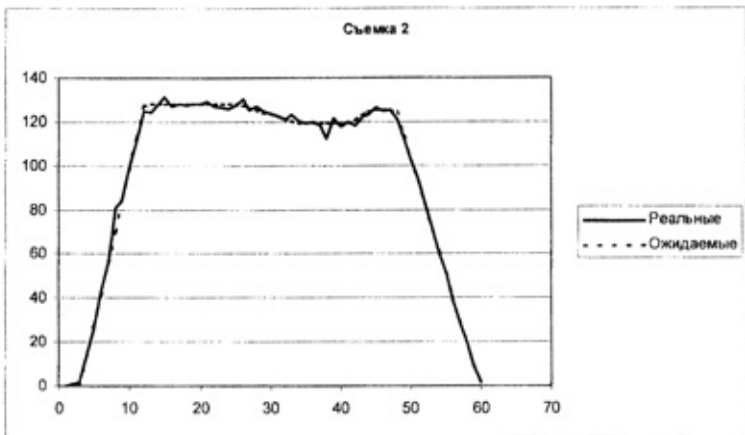


Рис. 2

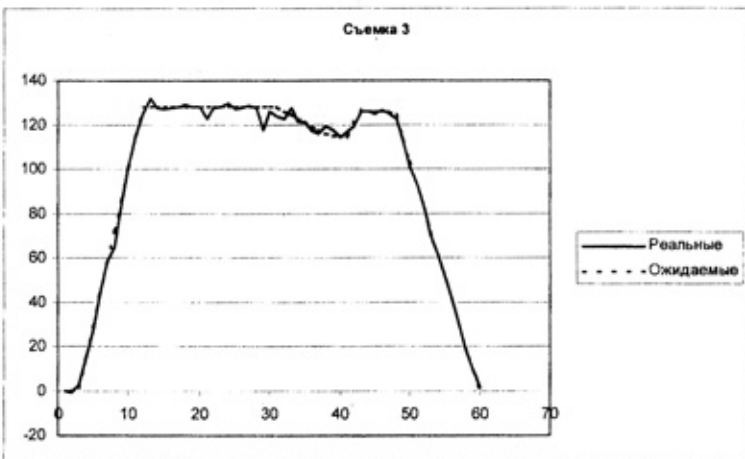


Рис. 3



Рис. 4

Таким образом, при съемке кривых необходимо выполнять хотя бы два независимых измерения стрел. Еще лучшего результата можно добиться, уравнивая средние значения стрел по измеренному инструментальным способом углу поворота.