

## СПОСОБ МИНИМИЗАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ ТОЧЕК

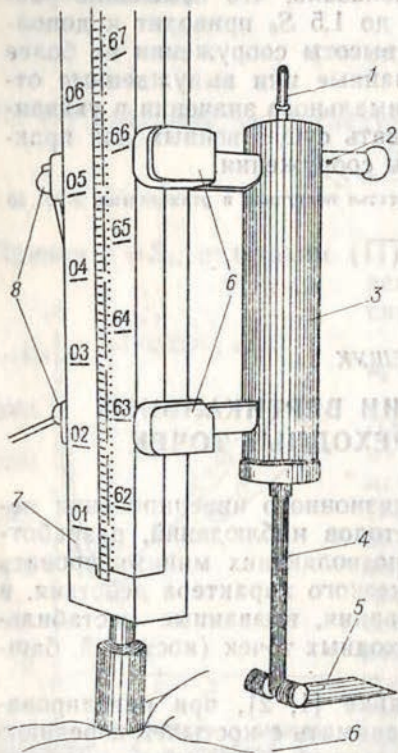
Для повышения точности прецизионного нивелирования необходимы усовершенствование методов наблюдений, разработка приспособлений и устройств, позволяющих минимизировать тот или иной источник систематического характера действия, в частности погрешности нивелирования, вызванные нестабильностью высотного положения переходных точек (костылей, башмаков) в процессе работ.

Согласно существующей методике [1, 2], при нивелировании I и II классов рекомендуется снимать с костылей переднюю рейку на время перехода наблюдателя на следующую станцию. При этом на задние, уже занивелированные костыли вторично устанавливается рейка, в результате чего не исключены некоторые динамические толчки последней о головку костыля. Мы разработали устройство для плавной установки реек на переходные точки, позволяющие повысить точность и достоверность результатов измерений, а также повысить производительность труда за счет снижения утомляемости реечника в процессе установок реек на костыли в ходе нивелирования.

Основной частью предлагаемого устройства является пневматический цилиндр 3, который с помощью двух скоб и винтов 8 крепится к нижней части тыльной стороны рейки 7 (см. рисунок). Продольная ось пневмоцилиндра расположена в одной плоскости с продольной осью рейки и параллельна ей. Свободный конец штока 4 цилиндра заканчивается поворотной пе-

далью 5 и касается поверхности грунта 6. В верхней части пневмоцилиндра размещены два клапана — впускной 1 и выпускной 2.

С помощью предлагаемого устройства рейка устанавливается следующим образом. Для того чтобы поршень пневматического цилиндра находился в крайнем нижнем положении, нужно ступней ноги прижимать поворотную педаль к поверхности грунта, а рейку приподнять вверх. Тогда воздух, всасываемый поршнем через впускной клапан, заполнит камеру пневмоцилиндра. Затем рейка, удерживаемая в вертикальном положении за ручки, под действием собственного веса создает давление в камере цилиндра, следовательно, через выпускной клапан будет выходить воздух и, тем самым, пятка рейки без толчков и ударов плавно коснется головки костыля.



Устройство для плавной установки рейки на переходные точки.

На основании полученных значений вертикальных перемещений костылей на двух площадках (выгон и грунтовая дорога) необходимо определить степень эффективности применения предлагаемой разработки, ее преимущества или недостатки перед обычной установкой реек в процессе выполнения нивелирных работ высших классов. Применяя метод короткого визирного луча [3], на испытываемых двух площадках, в дальнейшем именуемых 1 и 2, в 1986—

1987 гг. мы исследовали верти-

кальные перемещения стандартных костылей ( $l=25$  см и  $\varnothing 2,5$  см) при двух способах установок реек на них — с помощью устройства и вручную. На площадках 1 и 2 грунты представляли собой супески средней твердости и суглинки легкие.

На испытуемый костыль № 2 рейку устанавливали с устройством, на костыль № 1 — вручную. С момента забивки костылей в течение 10 мин с интервалом 1 мин производили отсчеты по основной и дополнительной шкалам реек при двух совмещениях штриха до 0,1 деления барабана микрометра нивелира. Для контроля устойчивости последнего брали отсчеты по рейке, установленной на репере с помощью держателя. Расстояние от нивелира до репера, как и до исследуемых костылей, равно 6 м.

Наблюдения выполняли сериями: измерение превышений по линиям Rp—костыль № 1 и Rp—костыль № 2 при десяти установках реек с интервалом 1 мин. Всего за время исследований выполнено по 16 серий наблюдений на каждой из площадок, что соответствует 2560 определениям превышений по линиям Rp—костыль № 1 и Rp—костыль № 2.

Обработку результатов наблюдений выполняли следующим образом. Отдельно для рассматриваемых способов установки

Таблица 1

Средние значения вертикальных перемещений костылей за весь период наблюдений

Количество серий наблюдений	Грунтовая дорога			
	Установка рейки вручную		Установка рейки с помощью устройства	
	Средние величины вертикальных перемещений костылей, мм			
	С момента забивки до 10 минут $\Delta_1$	Между смежными установками рейки $\Delta_2$	С момента забивки до 10 минут $\Delta_1'$	Между смежными установками рейки $\Delta_2'$
1	-0,009	-0,002	-0,005	-0,001
2	-0,014	-0,002	-0,005	-0,001
3	-0,011	-0,002	-0,005	-0,001
4	-0,011	-0,002	-0,007	-0,001
5	-0,012	-0,002	-0,006	-0,001
6	-0,003	-0,003	-0,006	-0,001
7	-0,009	-0,002	-0,003	0
8	-0,013	-0,003	-0,012	-0,002
9	-0,013	-0,002	-0,006	-0,001
10	-0,012	-0,002	-0,005	-0,001
11	-0,012	-0,001	-0,005	-0,001
12	-0,010	-0,002	-0,005	-0,001
13	-0,009	-0,001	-0,008	-0,002
14	-0,008	-0,001	-0,002	0
15	+0,005	+0,002	-0,004	-0,001
16	-0,013	-0,001	-0,006	-0,001
	$\Sigma \Delta_1 - 0,164$ ср. $\Delta_1 - 0,010$	$\Sigma \Delta_2 - 0,030$ ср. $\Delta_2 - 0,002$	$\Sigma \Delta_1' - 0,083$ ср. $\Delta_1' - 0,006$	$\Sigma \Delta_2' - 0,017$ ср. $\Sigma \Delta_2' - 0,001$

реек вычисляли средние, измеренные при двух совмещениях, превышения, соответствующие каждой минуте наблюдений от 1 до 10 мин. Далее, вычислив средние превышения из десяти определений, находили отклонения измеренных превышений  $h_{изм}$  от среднего значения  $h_{ср}$ , т. е.  $h_{изм} - h_{ср}$ . Вертикальные перемещения костылей  $\Delta_1$  вычисляли как разность последующего значения ( $h_{изм i} - h_{ср}$ ) и начального, перемещение которого принимали за ноль:

$$(\Delta_1)_1 = 0, \quad (\Delta_1)_i = (h_{изм. i} - h_{ср}) - (\Delta_1)_1. \quad (1)$$

Следовательно, каждое вычисленное значение перемещения костыля  $(\Delta_1)_i$  редуцировалось на начальный момент наблюде-

ний. Кроме этого, вычисляли перемещения костылей между смежными установками реек  $\Delta_2$ :

$$(\Delta_2)_1 = 0, \quad (\Delta_2)_i = (\Delta_1)_i - (\Delta_1)_{i-1}. \quad (2)$$

Значения  $(\Delta_2)_i$  характеризуют изменение высотного положения головки костыля при каждой последующей установке рейки и указывают на длину перемещений в определенный момент наблюдений. Результаты перемещений, полученные для испытываемых площадок, приведены в табл. 1 и 2. Поскольку перемещения небольшие, рассчитана экспериментальная точность их оп-

Таблица 2

Средние значения вертикальных перемещений костылей  
за весь период наблюдений

Количество серий наблюдений	Выгон			
	Установка рейки вручную		Установка рейки с помощью устройства	
	Средние величины вертикальных перемещений костылей, мм			
	С момента забивки до 10 минут $\Delta_1$	Между смежными установками рейки $\Delta_2$	С момента забивки до 10 минут $\Delta_1'$	Между смежными установками рейки $\Delta_2'$
1	-0,017	-0,004	+0,003	0
2	-0,025	-0,004	-0,010	-0,002
3	-0,015	-0,003	-0,002	0
4	-0,016	-0,002	-0,004	0
5	-0,014	-0,002	-0,005	-0,001
6	-0,020	-0,004	-0,009	-0,001
7	-0,021	-0,003	-0,007	-0,002
8	-0,017	-0,004	-0,007	-0,001
9	-0,018	-0,004	-0,007	-0,001
10	-0,020	-0,004	-0,010	-0,002
11	-0,024	-0,005	-0,008	-0,002
12	-0,022	-0,005	-0,010	-0,002
13	-0,020	-0,004	-0,008	-0,002
14	-0,017	-0,003	-0,007	-0,001
15	-0,017	-0,003	-0,008	-0,001
16	-0,016	-0,005	-0,005	-0,001
	$\Sigma \Delta_1 - 0,299$ ср. $\Sigma \Delta_1 - 0,019$	$\Sigma \Delta_2 - 0,057$ ср. $\Sigma \Delta_2 - 0,004$	$\Sigma \Delta_1' - 0,120$ ср. $\Sigma \Delta_1' - 0,006$	$\Sigma \Delta_2' - 0,018$ ср. $\Sigma \Delta_2' - 0,001$

ределения из 16 серий наблюдений  $m_{\Delta_2}$ . Среднее значение  $m_{\Delta_2}$  равно 0,0025 мм.

Таким образом, применяя метод короткого визирного луча, достигнута точность, в некоторых случаях на порядок превышающая вертикальные перемещения костылей.

Для наглядности выразим в процентном соотношении распределение полученных перемещений костылей № 1 и № 2, предварительно разделив значения осадок на девять интервалов (табл. 3).

Данные табл. 3 являются качественными характеристиками распределения значений вертикальных перемещений обоих ко-

стылей на испытуемых грунтах. При установке рейки с помощью устройства (костыль № 2) осадки на испытуемых площадках 1 и 2 не превосходят значений 0,02 мм, имея при этом очень незначительное процентное соотношение — 7,6 и 4,2%. «Рабочими» осадками костыля № 2 являются значения интервала от 0,005 до 0,01 мм, что соответствует 36,8 и 34,0% суммарной осадки для рассматриваемых грунтов. Заметно, правда, незначительное превосходство величин осадок костыля № 2 на выгоне, чем на грунтовой дороге.

Таблица 3

Соотношения распределений величин вертикальных перемещений при двух способах установки рейки

Интервалы измеренных значений перемещений, мм	Соотношения вертикальных перемещений, мм			
	Выгон		Грунтовая дорога	
	Костыль № 1	Костыль № 2	Костыль № 1	Костыль № 2
0—0,002	1,4%	17,4%	4,8%	26,4%
0,002—0,005	3,5	15,3	15,3	22,9
0,005—0,010	12,5	36,8	26,4	34,0
0,010—0,015	18,0	22,9	22,9	12,5
0,015—0,020	13,9	7,6	14,6	4,2
0,020—0,025	14,7	—	11,8	—
0,025—0,030	13,9	—	3,5	—
0,030—0,035	7,6	—	0,7	—
0,035—0,040	11,8	—	—	—
	100%	100%	100%	100%

При установке рейки вручную (костыль № 1) часть минимальных осадок от 0 до 0,002 мм составляет всего лишь 1,4 и 4,8% на выгоне и грунтовой дороге соответственно. Максимальные же осадки, от 0,02 до 0,04 мм, занимают в среднем около 12%, что свидетельствует о возможных динамических толчках пяткой рейки о головку костыля.

Выполненный анализ результатов экспериментальных исследований двух способов установки реек дает возможность убедиться в эффективности и целесообразности применения устройства для плавной установки реек на переходные точки, использование которого положительно скажется на минимизации ошибок и повышении точности определения превышений в геометрическом нивелировании.

1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М., 1974.
2. Нивелирование I и II классов. М., 1982. З. Павлиц П. В., Пневский П. И. Исследование устойчивости костылей коротким визирным лучем // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1983. Вып. 37. С. 82—86.