

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ НАБЛЮДАТЕЛЯ НА ПОЛОЖЕНИЕ ШТАТИВА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫМИ НИВЕЛИРАМИ

Известно, что при выполнении высокоточного нивелирования основным источником ошибок является перемещение костылей и штатива, которое происходит под действием тяжести собственного веса штатива. Также перемещение зависит от видов и свойств грунта, в который вдавливаются ножки штатива при выполнении нивелирования. Однако перемещение штатива еще вызывается и весом наблюдателя в процессе перемещения его вокруг нивелира при взятии отсчетов по рейкам.

В работе [1] проведены исследования данного рода перемещений штатива с использованием индикаторов часового типа, в результате которых было установлено, что величина перемещения может достигать 0,05 мм. Это обстоятельство ведет к получению недопустимых величин невязок при выполнении высокоточного нивелирования.

Цифровые нивелиры имеют точность отсчитывания по рейке примерно 0,01 – 0,02 мм, причем интервал между взятиями отсчетов составляет 2 – 3 секунды, поэтому существует возможность исследования влияния перемещения наблюдателя вокруг штатива на отсчеты по рейке. Подобное исследование приведено в работе [2], в результате которого было установлено, что вес наблюдателя приводит к значительному изменению положения штатива при выполнении нивелирования с применением не только цифровых нивелиров, но и нивелиров с оптическим микрометром.

При выполнении высокоточного нивелирования могут использоваться различные программы наблюдения на станции, которые отличаются друг от друга разной последовательностью взятия отсчетов, как по правой и левой линиям нивелирования, так и по задней и передней рейкам. Поэтому наблюдатель в процессе взятия отсчетов совершает несколько перемещений вокруг штатива, в зависимости от выбранной программы наблюдений. Следует полагать, что чем меньше перемещений вокруг штатива будет произведено наблюдателем, тем больше вероятность получения правильных результатов нивелирования. В связи с этим возникает задача исследования некоторых программ наблюдения на станции, с целью определения программы наблюдения, содержащей наименьшее количество перемещений наблюдателя вокруг штатива. Рассмотрим некоторые программы наблюдения, которые могут применяться при высокоточном нивелировании с использованием цифровых нивелиров.

Программа наблюдений I.

Порядок взятия отсчетов по этой программе в прямом ходе на нечетной станции следующий: по ходу часовой стрелки $З^л$ $З^п$ $П^л$ $П^п$, затем против хода часовой стрелки $П^п$ $П^л$ $З^п$ $З^л$; на четной станции – против хода часовой стрелки $П^л$ $П^п$ $З^л$ $З^п$, по ходу часовой стрелки $З^п$ $З^л$ $П^л$ $П^п$ (рис. 1).



Рис. 1. Порядок взятия отсчетов на станции по программе наблюдения I: X – положение наблюдателя и количество перемещений наблюдателя вокруг штатива

Рассмотрим, сколько перемещений вокруг штатива придется сделать наблюдателю при взятии отсчетов по данной программе наблюдений.

Сначала наблюдатель наводится на заднюю рейку правой линии нивелирования и производит отсчет по рейке $З^п$. Затем наблюдатель, оставаясь на месте, производит отсчет по задней рейке левой линии нивелирования $З^л$. Далее наблюдатель перемещается на противоположную сторону штатива и снимает отсчет по передней рейке левой линии нивелирования $П^л$, а затем по передней рейке правой линии нивелирования $П^п$. Далее, не сходя с места, производится повторный отсчет по передней рейке правой линии нивелирования $П^п$, затем по передней рейке левой линии нивелирования $П^л$. После этого наблюдатель переходит на другую сторону штатива и снимает отсчет по задней рейке левой линии нивелирования $З^л$, затем по задней рейке правой линии нивелирования $З^п$. В итоге, применяя данную программу наблюдений, наблюдатель произведет три перехода вокруг штатива на нечетной станции. Аналогичная ситуация имеет место при взятии отсчетов по рейкам на четной станции (рис. 1).

Программа наблюдений II.

Данную программу наблюдений целесообразно применять при выполнении нивелирования на промышленных площадках, где имеются небольшие расстояния.

Порядок взятия отсчетов по этой программе в прямом ходе на нечетной станции следующий: $З^п$, $З^л$, $П^п$, $П^л$; $П^л$, $П^п$, $З^л$, $З^п$. На четной станции отсчеты производятся в следующем порядке: $П^л$, $П^п$, $З^п$, $З^л$; $З^л$, $З^п$, $П^л$, $П^п$ (рис. 2).

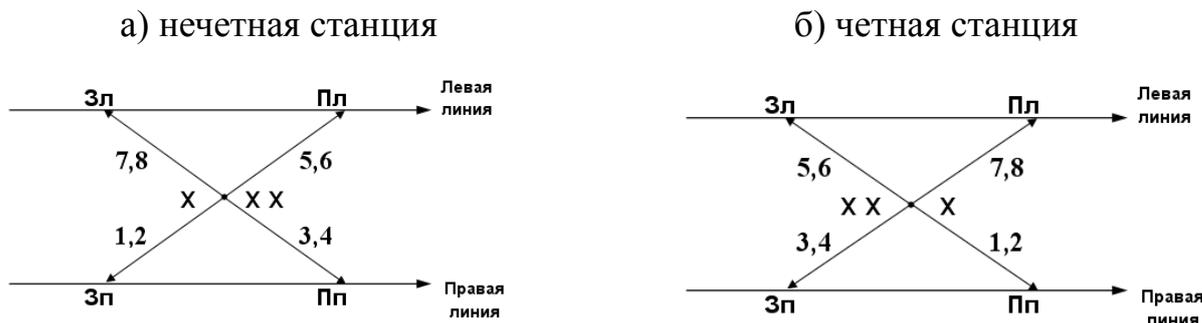


Рис. 2. Порядок взятия отсчетов на станции по программе наблюдения II

Также рассмотрим, сколько перемещений вокруг штатива придется сделать наблюдателю при взятии отсчетов по программе наблюдения II.

Сначала наблюдатель наводится на заднюю рейку правой линии нивелирования и производит отсчет Z^p , затем снимает повторный отсчет $Z^{p'}$. После этого наблюдатель перемещается на другую сторону штатива и производит отсчеты по передней рейке правой линии нивелирования: P^p и $P^{p'}$. Далее, оставаясь на месте, производятся отсчеты по передней рейке левой линии нивелирования: P^l и $P^{l'}$, затем наблюдатель переходит на противоположную сторону штатива и производит отсчеты по задней рейке левой линии нивелирования: Z^l и $Z^{l'}$. В итоге, применяя данную программу наблюдений, наблюдатель произведет также три перехода вокруг штатива на нечетной станции. Аналогичная ситуация имеет место при взятии отсчетов по рейкам на четной станции (рис. 2).

Ниже рассмотрим программы наблюдения, предложенные в работе [3] для выполнения высокоточного нивелирования I класса с применением цифровых нивелиров.

При использовании данной программы отсчеты по рейкам в прямом ходе на нечетной станции производятся против хода часовой стрелки, затем по ходу часовой стрелки; на четной станции – по ходу часовой стрелки, затем против хода часовой стрелки (рис. 3).

По аналогии с предыдущими программами рассмотрим количество перемещений вокруг штатива наблюдателя при взятии отсчетов по программе наблюдений D.

Программа D

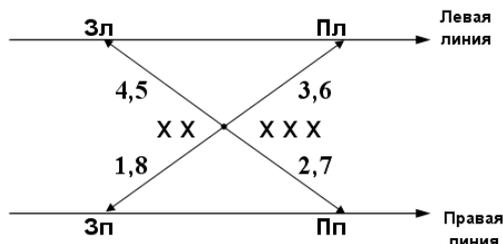
Порядок взятия отсчетов по данной программе приведен в табл. 1.

Таблица 1

Программа наблюдений	Станция	Последовательность наблюдения реек на станции			
		Прямой ход		Обратный ход	
		Правая линия	Левая линия	Правая линия	Левая линия

D	Нечетная	$(З_К, П_К)_1,$	$(П_К, З_К)_2,$	$(П_К, З_К)_1,$	$(З_К, П_К)_2,$
		$(П_К, З_К)_4$	$(З_К, П_К)_3$	$(З_К, П_К)_4$	$(П_К, З_К)_3$
	Четная	$(П_К, З_К)_1,$	$(З_К, П_К)_2,$	$(З_К, П_К)_1,$	$(П_К, З_К)_2,$
		$(З_К, П_К)_4$	$(П_К, З_К)_3$	$(П_К, З_К)_4$	$(З_К, П_К)_3$

а) нечетная станция



б) четная станция

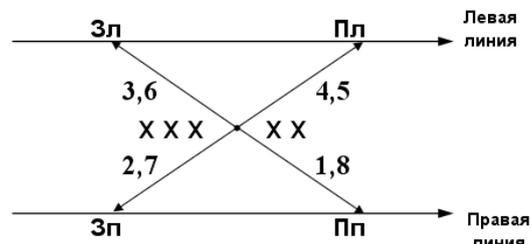


Рис. 3. Порядок взятия отсчетов на станции по программе наблюдений D

Сначала наблюдатель наводится на заднюю рейку правой линии нивелирования и производит отсчет по рейке $З_К''$. Затем наблюдатель перемещается на противоположную сторону штатива и снимает отсчет по передней рейке правой линии нивелирования $П_К''$ и по передней рейке левой линии нивелирования $П_К'$. После этого наблюдатель переходит на другую сторону штатива и снимает отсчет по задней рейке левой линии нивелирования $З_К'$, затем снимает повторный отсчет по той же рейке $З_К''$ и, перейдя на противоположную сторону штатива, производит отсчет по передней рейке левой линии нивелирования $П_К'$. Затем наблюдатель, оставаясь на месте, производит отсчет по передней рейке правой линии нивелирования $П_К''$. Далее наблюдатель перемещается на противоположную сторону штатива и снимает отсчет по задней рейке правой линии нивелирования $З_К''$. В итоге, применяя данную программу наблюдений, наблюдатель произведет пять переходов вокруг штатива на нечетной станции. Аналогичная ситуация имеет место при взятии отсчетов по рейкам на четной станции (рис. 3).

Программа С

Порядок взятия отсчетов по программе С приведен в табл. 2

Таблица 2

Программа наблюдений	Станция	Последовательность наблюдения реек на станции			
		Прямой ход		Обратный ход	
		Правая линия	Левая линия	Правая линия	Левая линия
С	Нечетная	З, П, П', З'	З, П, П', З'	П, З, З', П'	П, З, З', П'
	Четная	П, З, З', П'	П, З, З', П'	З, П, П', З'	З, П, П', З'

При использовании данной программы, наблюдения на станции выполняются отдельно для правой и левой линий нивелирования при двух горизонтах прибора, причем изменение горизонта необходимо производить

подъемными винтами нивелира для того, чтобы избежать повторного перемещения штатива. Порядок работы на нечетной станции следующий: $З^П$, $П^П$, смена горизонта, $П^П$ $З^П$; $З^Л$ $П^Л$, смена горизонта, $П^Л$ $З^Л$; на четной станции – $П^П$ $З^П$, смена горизонта, $П^П$ $З^П$; $П^Л$ $З^Л$, смена горизонта, $З^Л$ $П^Л$ (рис. 4).

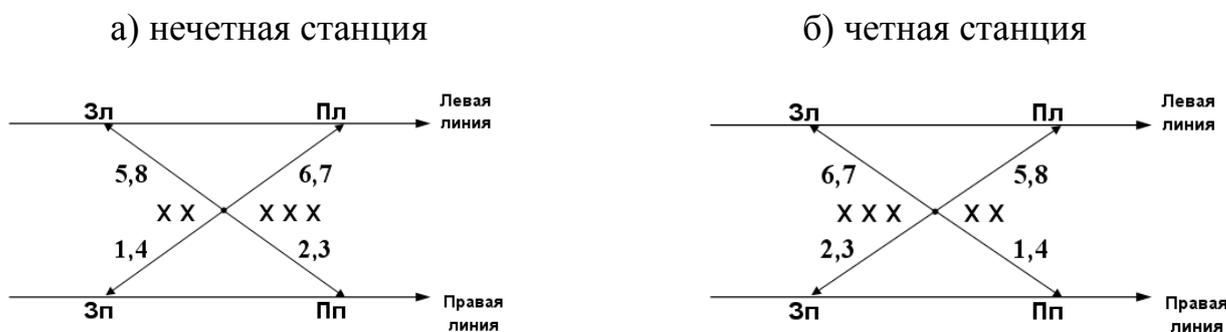


Рис. 4. Порядок взятия отсчетов на станции по программе наблюдений С

Сначала наблюдатель наводится на заднюю рейку правой линии нивелирования и производит отсчет по рейке $З^П$. Затем наблюдатель перемещается на другую сторону штатива и производит отсчет по передней рейке правой линии нивелирования $П^П$. После этого, сбив и повторно установив пузырек уровня, наблюдатель снимает повторный отсчет по этой же рейке $П^П$. Затем наблюдатель переходит на другую сторону штатива и производит отсчет по задней рейке правой линии нивелирования $З^П$. Далее, оставаясь на месте, наблюдатель производит отсчет по задней рейке левой линии нивелирования $З^Л$. Затем снова переходит на другую сторону штатива и производит отсчет по передней рейке левой линии нивелирования $П^Л$. После этого, сбив и повторно установив пузырек уровня, наблюдатель снимает повторный отсчет по этой же рейке $П^Л$. Затем наблюдатель переходит на другую сторону штатива и производит отсчет по задней рейке левой линии нивелирования $З^Л$. В итоге, применяя данную программу наблюдений, наблюдатель произведет также пять переходов вокруг штатива на нечетной станции. Аналогичная ситуация имеет место при взятии отсчетов по рейкам на четной станции (рис. 4).

В результате исследований можно сделать вывод о том, что программы наблюдений I и II содержат наименьшее количество перемещений наблюдателя вокруг штатива при выполнении высокоточного нивелирования и, следовательно, при их применении следует ожидать меньшего накопления ошибок за влияние перемещений штатива.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Энтин И.И. Высокоточное нивелирование // Труды ЦНИИГАиК. – 1956. – Вып. 111.

2. Шалыгина Е.Л. Влияние перемещения штатива и изменения угла i на результаты высокоточного нивелирования цифровыми нивелирами / Е.Л. Шалыгина / Геодезия и картография. – 2005. – № 5. – С. 15 – 17.

3. Уставич Г.А. Разработка и совершенствование технологии государственного нивелирования I, II, III и IV классов / Г.А. Уставич, В.Ф. Шаульский, О.И. Винокурова / Геодезия и картография. – 2003. – № 7. – С. 10 – 15; № 8. – С. 5 – 11.

© Е.Л. Соболева, А.Н. Теплых, Т.А. Хоменко, 2006