

СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДИКА ВЫСОКОТОЧНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Адольф Георгиевич Малков

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры космической и физической геодезии, тел. (923)231-03-85

Роман Михайлович Брыскин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистр кафедры космической и физической геодезии, тел. (983)307-86-78, e-mail: romabryskin@gmail.com

В статье описана методика создания высотной основы для решения различных инженерных задач методом геометрического нивелирования. Приведены описание, недостатки и преимущества существующих способов геометрического нивелирования. Представлены требования к точности измерений при геометрическом нивелировании. Предложен авторский способ контроля измерения превышений на станции нивелирования с использованием костыля с двумя головками, смещенными относительно друг друга на фиксированную величину. Представлена практическая пошаговая реализация данного способа геометрического нивелирования. Описаны основные формулы, используемые для получения результатов измерений.

Ключевые слова: геодезия, геометрическое нивелирование, высотная основа, измерения превышений, костыль с двумя головками, формулы геометрического нивелирования, превышение на станции нивелирования.

MODERN TECHNIQUE OF HIGH-PRECISION GEOMETRIC LEVELING

Adolf G. Malkov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (923)231-03-85

Roman M. Bryskin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Graduate, Department of Space and Physical Geodesy, phone: (983)307-86-78, e-mail: romabryskin@gmail.com

This article describes the method of creating a high-rise basis for solving various engineering problems by geometric leveling. The description, disadvantages and advantages of the existing methods of geometric leveling are given. The requirements for measurement accuracy in geometric leveling are presented. The authors propose a method of controlling the measurement of excess at the leveling station using a crutch with two heads offset relative to each other by a fixed value. The practical step-by-step implementation of this method of geometric leveling is presented. The basic formulas used to obtain the measurement results are described.

Key words: geodesy, geometric leveling, the altitude-based measure of excess, a spike with two heads, formulas geometric leveling, in excess of station leveling.

Введение

Создание высокоточной высотной основы для решения различных инженерных задач, обычно выполняется методом геометрического нивелирования, путем последовательного измерения превышений между исходным и определяемым репером высотной сети. Превышения между точками нивелирного хода вычисляются по разностям отсчетов задней и передней реек, фиксируемых горизонтальным лучом нивелира. Установка линии визирования нивелира в горизонтальное положение зависит от конструкции нивелира.

Для отечественных высокоточных уровенных нивелиров типа Н-05 используется цилиндрический уровень с ценой деления менее 10" жестко скрепленный со зрительной трубой, для высокоточных нивелиров с компенсатором углов наклона типа Ni-002 и цифровых нивелиров типа Divi-03 применяется высокочувствительный компенсатор с погрешностью компенсации 0.05".

Следует отметить, что все существующие типы нивелиров можно классифицировать по функциональным возможностям и точностным характеристикам. На современном этапе производства нивелирных работ выбор того или иного типа нивелира зависит от точности определения отметок интересующих нас объектов, условий выполнения данных работ и экологической целесообразности.

Точность геометрического нивелирования измеряется средней квадратической ошибкой на станции нивелирования. Согласно ГОСТ 10528 ее величина для I класса нивелирования равна 0,15 мм для длины плеча менее 30 м. Для достижения данной погрешности измерения необходимо в полевых условиях выбирать время измерений, строго соблюдать методику и все требования инструкции по нивелированию I, II, III, IV классов [1].

При использовании уровенного нивелира Н-05 погрешность измеренного превышения достигается средним значением отсчетов по основной и дополнительным шкалам инварной рейки РН-05 с углом изложенных выше требований. В нивелирах с компенсатором углов наклона аналогично используются рейки с основной и дополнительными шкалами для контроля измерения превышения на станции нивелирования. Однако следует отметить, что автоматическая установка линии визирования позволяет повысить точность измерений за счет малой погрешности компенсации угла наклона визирной оси нивелира.

Как известно, погрешность наведения на рейку и взятия отсчета зависит от разрешающей способности выбранного способа визирования «Р» и увеличения зрительной трубы «Г»:

$$m_{\text{виз}} = \frac{P''}{\Gamma^x} \quad (1)$$

Чем больше увеличение зрительной трубы, тем меньше погрешность при одноименном способе фиксации отсчета по рейке.

Для отечественного уровенного нивелира Н-05 она равна 40[×], а для высокоточных нивелиров с компенсатором она может быть порядка 32[×]. Однако при

взятии отсчета по рейке уровнем нивелиром Н-05, пузырек уровня при зрительной трубе нивелира может сместиться с нуляпункта, что приведет к погрешности измерения превышения, так как ось цилиндрического уровня параллельна визирной оси нивелира, тогда как в нивелире с компенсатором углов наклона положение визирной оси остается неизменным во время взятия отсчета по рейке [4].

Данный фактор способствует эффективности измерений и повышает производительность труда.

Для измерений превышений цифровыми нивелирами в качестве рабочей меры используются односторонние рейки с нанесенными кодовыми штрихами. В этом случае кодовая маска нивелира сравнивается со штрихами кодовой рейки, что позволяет выполнять автоматическую фиксацию отсчета и после их преобразования выдать на табло нивелира значение измеренного превышения в линейной мере [3].

Чем выше точность нанесения кодовых штрихов и соответствующей кодовой маски нивелира, тем выше точность измерения превышения на станции нивелирования.

Однако следует отметить бесконтрольность взятия отсчета по одной стороне рейки, что может привести к разности измерений, так как в полевых условиях на их результаты могут влиять множество факторов, снижающих точность измерений. В этом случае их контроль может быть выполнен только по разностям прямого и обратного ходов или замкнутом полигоне.

В связи с этим для контроля измерения превышения на станции нивелирования предлагается производить повторные измерения после изменения высоты нивелира [2].

Методы и материалы

По-нашему мнению, для контроля измерения превышения на станции нивелирования целесообразно использовать костыль с двумя головками, смещенными относительно друг друга на фиксированную величину. Данный вид костыля предоставлен нами на рис. 1.

Смещение головок равно 25 мм. Для забивки костыля надевается предохранительная втулка.

При использовании данного костыля можно предложить следующую методику измерения превышения на станции нивелирования:

– нечетная станция:

$$3 П'П''3; \quad (2)$$

– четная станция:

$$П 3'3''П, \quad (3)$$

где $П'$, $П''$, $3'$, $3''$ – отсчеты по передней и задней рейке при ее установке на первую и вторую головку костыля.

– четная станция:

$$3_0\Pi'_03'_D\Pi_D; \quad \Pi_03''_03''_D\Pi_D. \quad (6)$$

Искомое превышение находится по разностям отсчетов основной и дополнительных шкал задней и передней реек. При установке рейки на первую головку:

$$h'_0 = 3_0 - \Pi'_0; \quad h'_D = 3_D - \Pi'_D; \quad h'_{\text{ср}} = \frac{h'_0 + h'_D}{2}. \quad (7)$$

При установке передней рейки на вторую головку:

$$h''_0 = 3_0 - \Pi''_0; \quad h''_D = 3_D - \Pi''_D; \quad h''_{\text{ср}} = \frac{h''_0 + h''_D}{2}. \quad (8)$$

Среднее значение превышения на станции нивелирования вычисляется по следующей формуле:

$$h_{\text{изм}} = \frac{h'_{\text{ср}} + h''_{\text{ср}} - 25\text{мм}}{2}; \quad (9)$$

$$m_h = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (10)$$

где Δ – истинная ошибка превышения, которая равна:

$$\Delta = \Delta h_{\text{нач}} - \Delta h_{\text{ист}} (25\text{мм}). \quad (11)$$

Контроль измеренного превышения на станции нивелирования производится по разностям средних превышений, взятых на разных головках и сравнения допустимого значения с фиксированной разностью высот головок костыля. По-нашему мнению величина отклонения для нивелиров не должна превышать 0.3мм, что согласно ГОСТа 10528 на нивелиры соответствует удвоенной величине точности измеренного превышения на станции нивелирования. В случае недопустимого отклонения следует выполнить повторные измерения при другой высоте нивелира [2].

Результаты

В качестве проверки предлагаемой нами технологии выполнения высокоточного геометрического нивелирования, нами был проведен практический эксперимент.

Для выполнения измерений нами был выбран нивелир с компенсатором Pentax AP-220, заводской номер которого № 173882. В качестве костыля использовалась металлическая тумба с ввинченным в нее винтом высотой 12 мм. Отсчеты брались по миллиметровой шкале логарифмической линейки, точность нанесения штрихов которой составляет 0,05–0,1 мм.

Схема нивелирного хода для проведения экспериментальных исследований представлены на рис. 2. Расстояния между тумбами показаны на схеме.

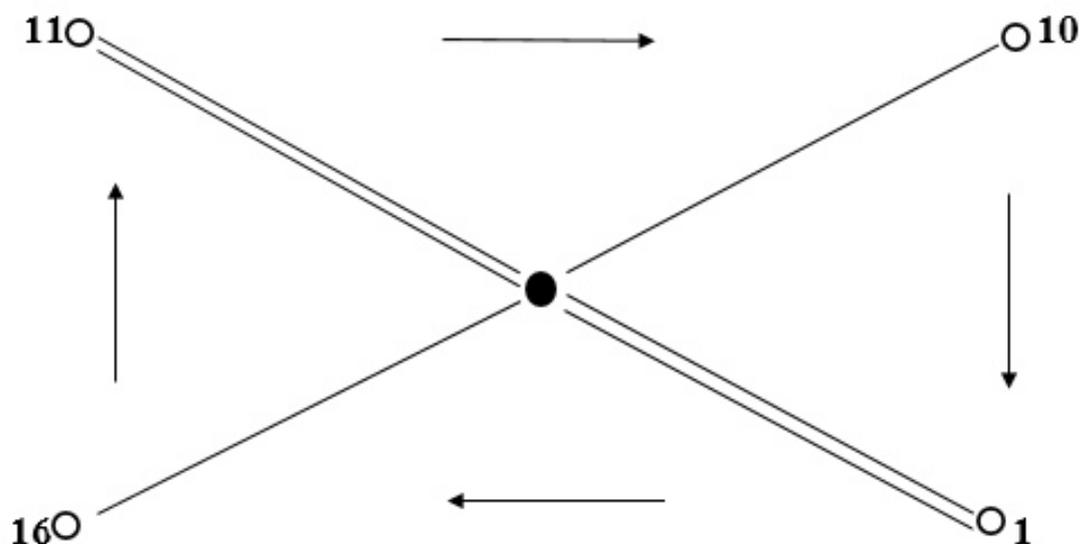


Рис. 2. Схема нивелирного хода

В ходе выполнения измерений, в целях контроля на тумбах № 1 и № 11 брались повторные отсчеты по линейки, установленной на винт. Всего было выполнено 4 приема. По завершению каждого приема, высота прибора изменялась, и нивелирный ход повторялся заново. Числовые значения, полученные во всех приемах показаны в таблице.

Сумма превышений по каждому ходу была равна нулю. Значения превышений между тумбами с использованием головки винта отличались на 120 мм, что соответствовало размеру винта ввинченного в тумбу. Так как измерения выполнялись в лабораторных условиях, то величина отклонений от размера винта не превышало точности нанесения штрихов на шкале.

При выполнении же измерений в полевых условиях величина полученных отклонений может характеризовать точность измерений на станции нивелирования и в самом ходе нивелирования.

Журнал измерений

№ п/п	$i_{пр}$, см	Номер тумбы	$h1$	$h2$	hi , мм	$\sum hi$ по ходу
1	150	11	1610	1490	60	0
		10	1580	1460	30	
		16	1880	1760	270	
		1	1520	1400	-360	
2	157	11	1990	1870	90	0
		10	1970	1850	20	
		16	2230	2110	240	
		1	1880	1760	-350	
3	154	11	1950	1830	-20	0
		10	1900	1780	50	
		16	2270	2150	320	
		1	1920	1800	-350	
4	160	11	2010	1890	100	0
		10	2050	1930	-40	
		16	2300	2180	290	
		1	1950	1830	-350	

По-нашему мнению данная методика значительно упростит процесс измерения превышения на станции нивелирования, позволяет проконтролировать результаты измерений и повышает их эффективность и экономическую целесообразность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 10528-90. Нивелиры. Общие технические условия». – М., 2013.
2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов / ЦНИИГАиК. – М., 2004.
3. Малков А. Г. Об оценке точности измерения превышений на станции геометрического нивелирования // ГЕО-Сибирь-2009. V Междунар. науч. конгр. : сб. материалов в 6 т. (Новосибирск, 20–24 апреля 2009 г.). – Новосибирск : СГГА, 2009. Т. 1, ч. 1. – С. 82–84.
4. Яковлев Н. В. Высшая геодезия : учебник для вузов. – М. : Недра, 1989. – 454 с.

© А. Г. Малков, Р. М. Брыскин, 2019