

Ю. Д. МИРОШНИК

## О МЕТОДИКЕ НИВЕЛИРОВАНИЯ I КЛ. В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЯХ

Согласно «Программе развития сети государственного нивелирования I и II классов в предстоящие 10—15 лет», утвержденной Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР 19 июля 1968 г., в значительном объеме проводятся работы по развитию нивелирных сетей I кл.

В соответствии с инструкцией [1] линии нивелирования I кл. прокладывают преимущественно по шоссейным и железным дорогам, вдоль берегов крупных рек. Нивелирование должно выполняться с наибольшей точностью, которая достигается применением самых совершенных нивелиров и методов измерения, предусматривающих наиболее полное исключение систематических погрешностей.

При выполнении работ по прецизионному нивелированию в равнинной местности особых трудностей не возникает, однако в местности со значительным перепадом высот, например в горно-лесистой, производство их существенно осложняется.

Строительство железных дорог в горных районах связано с возведением многочисленных искусственных сооружений: тоннелей, подпорных стен и значительных по протяженности мостов.

В 1961—1967 гг. кафедрой прикладной геодезии Львовского ордена Ленина политехнического института в предгорном и горном районах выполнено нивелирование I кл. объемом 569,2 км двойного хода. Общая характеристика трассы и отдельных ее четырех участков приведены в работе [2]. На втором и четвертом участках нивелирование осуществлялось по железной дороге. Участки расположены на южном и северном склонах горных хребтов. Разность высот на северном склоне второго участка составляет около 450 м, а на южном — около 630 м; на четвертом участке разность высот на южном склоне — примерно 620 м, на северном — 225 м.

На обоих участках построено несколько тоннелей протяженностью от 300 до 1800 м каждый. Ниже описана методика нивелирования I кл., применявшаяся при работе в первом тоннеле длиной 1800 м и во втором тоннеле длиной 1100 м.

До начала нивелирных работ проведена разбивка трассы, заключающаяся в определении мест закрепления переходных точек костылями и установке нивелира. В самом тоннеле их выбирали вблизи ниш безопасности, в которых могли бы укрыться люди при приближении поезда. Расстояние от нивелира до реек составляло 40...50 м; на стенках тоннеля маркировали места установки инструмента и забивки костылей.

После детальной разбивки трассы было закреплено костылями десять станций. Применяли цельные металлические костыли длиной 25 см со сферической головкой. Поскольку ширина бровок в тоннеле не превышала 30...35 см, то костыли правой и левой нивелировок располагались по обе стороны от оси железной дороги.

Особое внимание обращали на интенсивное и равномерное освещение рабочих частей шкал реек, для чего применяли электрические фонари с рефлекторами диаметром 10 см. Круглые уровни на рейках и цилиндрический уровень нивелира освещали карманными фонариками. У инструмента находились наблюдатель и помощник, возле каждой рейки — двое рабочих, один из них держал ее и освещал круглый уровень, другой — рабочую часть шкалы рейки. Два рабочих-сигналиста, имевшие сигнальные рожки, располагались по обе стороны от инструмента на расстоянии 200...250 м от него. Нивелир устанавливали на две шпалы или балласт. Были использованы прецизионный нивелир НА-I и трехметровые штриховые рейки с инварной полоской, прокомпарированные на стационарном компараторе МИИГАиК. Превышения на станции определяли способом «совмещения» с учетом требований Инструкции [1]. Температуру воздуха измеряли примерно на высоте инструмента с точностью 0,5...1°, а скорость ветра и движения воздуха в тоннеле — с помощью ручного чашечного анемометра с точностью 0,5...1 м/с.

Поскольку температура воздуха в длинных тоннелях колеблется в пределах 10...13°, то превышения на станциях при входе в порталы тоннелей и на выходе из них определяли примерно при такой же температуре. Так, при входе в первый тоннель температура воздуха составляла 14°, на выходе — 12°, при входе во второй тоннель — 16°, на выходе — 15°С.

Порядок наблюдений в прямом ходе на нечетных станциях принят следующий:

- отсчет по основной шкале задней рейки;
- отсчет по основной шкале передней рейки;
- отсчет по дополнительной шкале передней рейки;
- отсчет по дополнительной шкале задней рейки.

На четных станциях прямого хода наблюдения начинали с передней рейки как на правой, так и на левой нивелировке. В обратном ходе на нечетных станциях наблюдения начинали с передней рейки, а на четных — с задней.

По первому тоннелю как в прямом, так и в обратном ходе по правым и левым нивелировкам разности превышений  $\Delta h$ , полученные по основным и дополнительным шкалам, колебались от -0,35 до +0,40 мм, при допустимом значении  $\pm 0,5$  мм.

Разности превышений правых костылей над левыми, полученные на двух смежных станциях  $\Delta$ , были в пределах от -0,45 до +0,50 мм при допустимом значении  $\pm 0,7$  мм.

По второму тоннелю в прямом и обратном ходе в правой и левой нивелировках величина  $\Delta h$  колебалась в пределах от -0,25 до +0,30 мм, а величина  $\Delta$  — от -0,60 до +0,40 мм.

В таблице приведены результаты нивелирования по секциям, большая часть которых приходится на тоннели.

**Результаты нивелирования**

Длина, м		Количество станций		Разности $d_i$ , мм					
секции	тоннеля	в секции	в тоннеле	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$
1851	1800	22	21	+2,6	+4,9	+6,8	-0,6	+3,1	+0,6
2168	1100	23	13	+0,5	+1,6	+1,2	-1,0	-0,6	+0,1

Разности  $d_i$  вычислены по формулам, приведенным в работе [3]:

$$d_1 = (h_{\text{прав}} - h_{\text{лев}})_{\text{прям}}; \quad d_2 = (h_{\text{прав}} - h_{\text{лев}})_{\text{обр}};$$

$$d_3 = (h_{\text{прям}} - h_{\text{обр}})_{\text{прав}}; \quad d_4 = (h_{\text{прям}} - h_{\text{обр}})_{\text{лев}};$$

$$d_5 = \frac{1}{2} (h_{\text{прям}} + h_{\text{обр}})_{\text{прав}} - \frac{1}{2} (h_{\text{прям}} + h_{\text{обр}})_{\text{лев}};$$

$$d_6 = \frac{1}{2} (h_{\text{прав}} + h_{\text{лев}})_{\text{прям}} - \frac{1}{2} (h_{\text{прав}} + h_{\text{лев}})_{\text{обр}}.$$

Как видно из таблицы, при выполнении работ во втором тоннеле (длиной 1100 м) систематические ошибки нивелирова-

ния исключались достаточно полно, все значения разностей  $d_i$  меньше величины  $f_h$ , определяемой по формуле  $f_h = \pm 2 \text{ мм} \sqrt{L}$ , где  $L$  — длина хода км.

При длине секции, равной 2168 м, величина  $f_h$  составляет  $\pm 3,0$  мм.

В первом же тоннеле наблюдалось накопление разностей  $d_1, d_2, d_3$ , что обусловлено главным образом оседанием нивелира и костылей из-за малой плотности и переувлажнения грунта на бровке железной дороги.

Однако разности  $d_4, d_5, d_6$  находятся в пределах допуска  $f_h = \pm 3 \text{ мм} \sqrt{L} = \pm 4$  мм.

Как видим, систематические ошибки в прямом и обратном ходе, обусловленные оседанием нивелира и реек, в значительной мере компенсировались и не оказывали существенного влияния на разность и среднее значение превышения по секции из прямого и обратного хода.

**Список литературы:** 1. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. — М.: Недра, 1966; 1974. 2. *Мирошник Ю. Д.* Опыт построения нивелирной сети I класса в горном районе. — В кн.: 50 лет Ленинского декрета об учреждении Высшего Геодезического Управления. — Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1970. 3. *Энтин И. И.* Высокоточное нивелирование. — Тр. ЦНИИГАиК, 1956, вып. 111.