

П. И. БАРАН

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОПРАВКИ ЗА НАКЛОН ЛИНИЙ И ПРЕВЫШЕНИЙ, ИЗМЕРЕННЫХ ДАЛЬНОМЕРОМ ДД-3

Дифференциальный дальномер ДД-3 относится к типу нередуцирующих дальномеров и поэтому, чтобы получить горизонтальное положение s_0 измеренной им наклонной линии, необходимо в отсчет по вертикальной рейке s ввести известную поправку Δs_α за угол наклона α_0 биссектрисы параллактического угла

$$\Delta s_\alpha = (s+c) \sin^2 \alpha_0, \quad (1)$$

где c — постоянная дальномера.

Величина Δs_α находится в специальной таблице по аргументам $(s+c)$ и α_0 . А так как угол α_0 непосредственно измерить нельзя, то его получают косвенным путем, изменяя угол наклона α_1 верхнего (нормального) или α_3 нижнего (клинового) визирного луча (рис. 1). Тогда

$$\alpha_0 = \alpha_1 - \frac{\gamma}{2} = \alpha_3 + \frac{\gamma}{2}, \quad (2)$$

где γ — параллактический угол дальномера, равный $34'22'',6$ (при коэффициенте дальномера $K=100$)*.

Для того, чтобы в дальномере не возникала ошибка из-за несоответствия масштабов изображения верньера и рейки, визирную ось трубы при измерении угла наклона наводят не на нулевой штрих верньера, а на тот его штрих, который совмещался с делением рейки при измерении расстояния [2]. Конструкция же двусторонней рейки для ДД-3 такова, что при измерении расстояния с делением рейки совмещаются разные штрихи верньеров (разность между ними колеблется в пределах от 4 до 6), это требует измерения двух углов наклона для одного направления и, конечно, нерационально. Это же относится и к превышениям, так как точность определения их больше зависит от точности измерения линий, чем от точности измерения углов наклона.

С целью установления рациональной технологии измерений дальномером ДД-3 автор настоящей статьи рекомендует пользоваться, в зависимости от необходимой точности измерений, тремя способами определения поправок за наклон линий и превышений**.

* Если K не приведен к 100, то величину γ при необходимости уточняют по формуле $\gamma'' = \frac{100}{K} \cdot 2062'',6$.

** Первый и второй способ разработаны автором, третий — существующий.

1-й способ

После отсчета по рейке расстояний d_1 и d_2 необходимо:

1. Среднюю нить сетки навести на нулевой штрих верхнего (нормального) изображения верньера (рис. 1, точка А) и отсчитать угол наклона α при КП и КЛ; при этом, чтобы избежать ошибочного наведения трубы на нулевой штрих нижнего (клинового) изображения нониуса (точку A_1), шторку насадки лучше держать закрытой.

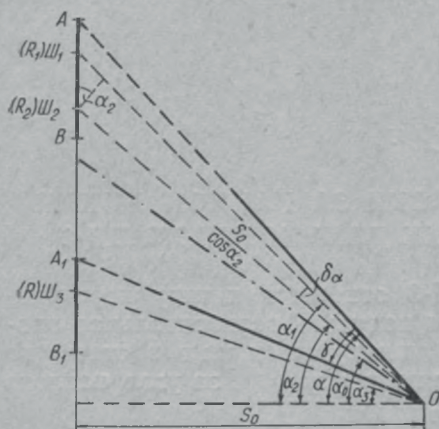


Рис. 1. График определения поправок за наклон линий.

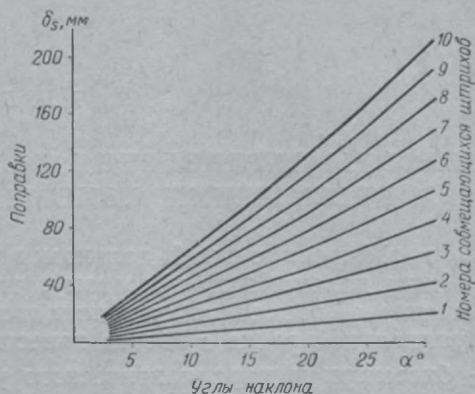


Рис. 2. Номограмма поправок δ_s в отсчитанные расстояния, измеренные ДД-3 по вертикальной рейке с делениями через 2 см.

2. После проверки правильности измерения угла α по МО в отсчитанные по рейке расстояния d_1 и d_2 ввести поправки

$$\delta_s = 18Rt \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (3)$$

где R — номер совмещаемого штриха нониуса,
 t — точность верньера.

Величины поправок δ_s выбираются из номограммы (рис. 2) по аргументам R и α . Знак поправки соответствует знаку угла наклона. Номограмма (рис. 2) построена для $t = 2$ мм, однако ее легко построить и для других значений t , например, 1 или 5 мм.

3. Определить алгебраические суммы $d_1 + \delta_{s_1} = s_1$ и $d_2 + \delta_{s_2} = s_2$, проконтролировав их по формуле $s_1 = s_2 + Q$, где Q — постоянная сложения дальномера, равная 11, 111 м.

4. Вычислить величины:

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2}(s_1 + s_2 + Q) + c; \\ \Delta s_\alpha &= s \sin^2 \left(\alpha - \frac{\gamma}{2} \right); \\ s_0 &= s - \Delta s_\alpha; \\ h &= s_0 \operatorname{tg} \alpha + i - v, \end{aligned} \quad (4)$$

где s — среднее расстояние, найденное по двум сторонам рейки;

Δs_α — поправка за наклон;

h — превышение;

i — высота инструмента;

v — высота рейки от пятки до нулевого штриха нониуса, равная 2,09 м без 0,5-метровой подставки и 2,55 м с подставкой.

Пример 1. По первой (белой) и второй (желтой) шкалам рейки, имеющей двухсантиметровые деления, получены соответственно отсчеты: $45,305 + 45,311 = 90,616$ м и $39,759 + 39,765 = 79,524$ м.

Определить s и h при $c = +15$ мм, $\alpha = -6^\circ 43'$, $i = 1,35$ м, $v = 2,55$ м. Так как $R_1 = 3$ и $R_2 = 7$, то $\delta_{s_1} = -12$ и $\delta_{s_2} = -28$ мм. Тогда

$$s_1 = 90,616 - 0,012 = 90,604 \text{ м},$$

$$s_2 = 79,524 - 0,028 = 79,496 \text{ м}.$$

Контроль $s_1 - s_2 = 11,108$ м (теоретически 11,111 м) $s = \frac{1}{2}(90,604 + 79,496 + 11,111) + 0,015 = 90,621$ м;

$$\Delta s_\alpha = 1,346 \text{ м (из таблиц);}$$

$$s_0 = 90,621 - 1,346 = 89,275 \text{ м};$$

$$h = -10,51 + 1,35 - 2,55 = -11,71 \text{ м}.$$

2 - й способ

После отсчета расстояний d_1 и d_2 необходимо:

1. Среднюю нить сетки навести на тот штрих первого нониуса, который совмещался с делением рейки (в приведенном выше примере — это третий штрих) и при двух положениях вертикального круга измерить угол наклона α_1 верхнего (нормального) визирного луча; при этом штормка также должна быть закрытой.

2. Проконтролировав расстояния по приближенной формуле

$$d_1 \approx d_2 + Q \quad (5)$$

и угол наклона α_1 по величине МО, найти среднее расстояние

$$s = \frac{1}{2}(d_1 + d_2 + Q) + c.$$

3. Определить поправку за наклон

$$\Delta s_\alpha = \Delta s_{\alpha_1} + q_\alpha^s, \quad (6)$$

где Δs_{α_1} — поправка за наклон для расстояния, отсчитанного по основной стороне рейки;

q_α^s — поправочный член этой поправки, учитывающий образуемую в дальномере разность углов наклона при наведении визирной оси на разные штрихи нониусов (основной и контрольной шкал рейки), которые совмещались с делениями шкалы.

Величина

$$\Delta s_{\alpha_1} = s \sin^2 \left(\alpha_1 - \frac{\gamma}{2} \right), \quad (7)$$

а

$$q_\alpha^s = \frac{a}{2v} (R_1 - R_2) \sin 2 \left(\alpha_1 - \frac{\gamma}{2} \right), \quad (8)$$

где a — цена деления рейки;

v — телескопическое увеличение дальномера ($v = \frac{90}{89}$).

Примечание. Поправочный член q_α^s введен для того, чтобы избежать наблюдения угла наклона α_2 по другой стороне рейки и вычисления по нему поправки за наклон

$$\Delta s_{\alpha_2} = s \sin^2 \left(\alpha_2 - \frac{\gamma}{2} \right). \quad (9)$$

После замены α_2 через $(\alpha_1 - \delta\alpha)$, где $\delta\alpha$ — разность в углах наклона, и разложения выражения (9) по малости $\delta\alpha$ в ряд Тейлора, получена формула

$$\Delta s_{\alpha_2} = \Delta s_{\alpha_1} + s \delta\alpha \sin 2 \left(\alpha_1 - \frac{\gamma}{2} \right).$$

Согласно рис. 1 и теории дальномера ДД-3,

$$\sin \delta\alpha \approx \frac{\frac{III_1 III_2 \cos \alpha_2}{s_0}}{\cos \alpha_2} \approx \frac{III_1 III_2}{s_0} \cos^2 \alpha_2;$$

$$s_0 \approx s \cos^2 \alpha_2;$$

$$III_1 III_2 = \frac{a}{v} (R_1 - R_2),$$

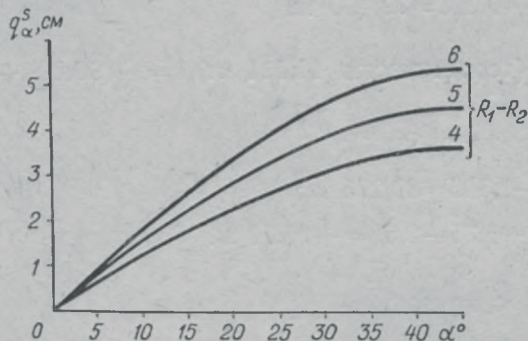


Рис. 3. График величин q_α^s .

где $III_1 III_2$ — расстояние между совмещаемыми штрихами рейки;

s — отсчет по рейке;

a, v — постоянные.

Поэтому

$$\Delta s_\alpha = \frac{\Delta s_{\alpha_1} + \Delta s_{\alpha_2}}{2}$$

или

$$\Delta s_\alpha = \Delta s_{\alpha_1} + \frac{a}{2v} (R_1 - R_2) \sin 2 \left(\alpha_1 - \frac{\gamma}{2} \right),$$

что подтверждает формулы (6) и (8).

Величина Δs_{α_1} берется из таблиц по аргументам s и $\left(\alpha_1 - \frac{\gamma}{2} \right)$, а q_α^s — из номограммы (рис. 3) по аргументам $(R_1 - R_2)$ и α_1 . Знак q_α^s соответствует знаку разности $(R_1 - R_2)$.

4. Превышения определяются по формуле

$$h = s_0 \operatorname{tg} \alpha_1 + i - v + r,$$

где r — расстояние от нулевого до совмещаемого штриха нониуса (см. ниже).

$R, \text{ дел}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$r, \text{ мм}$	0	18	36	53	71	89	107	125	142	160

Пример 2. Смотри исходные данные примера 1, за исключением угла наклона $\alpha_1 = -6^\circ 45'$. Здесь $s = 90,641 \text{ м}$, $\Delta s_{\alpha_1} = 1,358 \text{ м}$, $q_\alpha^s = +8 \text{ мм}$ (из номограммы). Тогда:

$$s_0 = 90,641 - (1,358 + 0,008) = 89,275 \text{ м},$$

$$h = -10,56 + 1,35 - 2,55 + 0,05 = -10,71 \text{ м}.$$

1. Расстояние d отсчитывается преимущественно по одной (белой) стороне рейки, а вторая используется только для приближенного контроля по формуле (5).

2. К расстоянию d алгебраически прибавляется постоянная дальномера c , если она не равна нулю, т. е. определяется расстояние

$$s = d + c.$$

3. Для определения поправки за наклон среднюю нить сетки наводят на совмещенный штрих нижнего (клинового) изображения нониуса, видимого в поле зрения трубы только при открытой шторке, и отсчитывают угол наклона α_3 .

4. Вычисления величин Δs_α и h производят по формулам:

$$\begin{aligned} \Delta s_\alpha &= s \sin^2 \left(\alpha_3 + \frac{\gamma}{2} \right), \\ h &= s_0 \operatorname{tg} (\alpha_3 + \gamma) + i - v + r. \end{aligned} \quad (11)$$

Пример 3. По первой (белой) стороне рейки отсчитано расстояние $42,38 + 42,36 = 84,74$ м с углом наклона $\alpha_3 = -10^\circ 12' (R=3)$. Определить s_0 и h , если $c = 13$ см, $i = 1,38$ м, $v = 2,09$ м.

По величине $s = 84,87$ м и $\left(\alpha_3 + \frac{\gamma}{2} \right) = -9^\circ 55'$ в таблице находим $\Delta s_\alpha = -2,51$ м, а по величине $s_0 = 84,87 - 2,51 = 82,36$ м и $(\alpha_3 + \gamma) = 9^\circ 38'$ — значение $s_0 \cdot \operatorname{tg} (\alpha_3 + \gamma) = -14,00$ м. Тогда:

$$h = -14,00 + 1,38 - 2,09 + 0,05 = -14,66 \text{ м.}$$

ВЫВОДЫ

1. Существующий способ (в данном случае третий) не обеспечивает надлежащего контроля измерения вертикального угла (его можно измерить только при одном положении круга) и поэтому может быть рекомендован только для тахеометрической и мензульной съемки.

2. С целью контроля результатов измерений и повышения эффективности применения дальномера ДД-3, особенно в высотнотеодолитных ходах, целесообразно пользоваться первым и вторым способами, а именно:

а) при углах наклона до 5° — вторым способом, когда величина q_α^s достаточно мала и, следовательно, отпадает необходимость ее учитывать;

б) при углах наклона больше 5° — первым способом, который позволяет измерять угол наклона при постоянном наведении сетки нитей на нулевой штрих верньера, требует (во многих случаях) не полной, а только частичной обработки результатов измерений на станции до получения контрольной разности $Q = 11,111$ м и не дает смещения визирной оси при измерении угла наклона, которое надо было бы учитывать при определении превышения.

3. Чтобы обеспечить в дальномере возможность измерения угла наклона, пригодного для непосредственного определения поправки за наклон для обеих сторон рейки, шкалу верньера контрольной (желтой) стороны рейки необходимо сместить (относительно верньера основной шкалы) вверх на величину 89 мм. Тогда угол наклона α_2 (см. второй способ) при наведении трубы на совмещенный штрих будет совпадать с α_1 , т. е. $\alpha_2 = \alpha_1$, а при обработке измерений будет учитываться только величина смещения r , разная для обеих сторон рейки.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. И. Баран. О рациональной методике измерений дальномером ДД-3. Автодорожник Украины, вып. 1, Киев, 1963.
 2. Г. Г. Никифоров. К вопросу о точности верньера рейки к дальномеру ДД-3. Геодезия и картография, № 12, 1961.
 3. А. И. Пазенков. О точности верньера рейки к дальномеру ДД-3. Геодезия и картография, № 4, 1961.
-