

УДК 528.48

Э. А. БОРИСОВ, Л. И. БОРИСОВА, В. В. ДМИТРИУК

О ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ МЕРНЫМИ ЛЕНТАМИ НА СТРОЙПЛОЩАДКАХ

Измерение линий на строительных площадках мерными лентами зачастую производится в неблагоприятных условиях, что сказывается на точности работ. Основные источники ошибок: компарирование ленты (средняя квадратическая ошибка компарирования m_1), вешение линии m_2 , наклон местности m_3 , натяжение ленты m_4 , измерение температуры ленты m_5 , влияние ветра m_6 , фиксация концов ленты m_7 . Среднюю квадратическую ошибку измерения линии при n уложениях ленты определяют по формуле [6] (с разделением ошибок на систематические и случайные)

$$m_n^2 = (m_1 + m_2 + m_3 + m_6)^2 n^2 + (m_4^2 + m_5^2 + m_7^2) n. \quad (1)$$

Примем для систематических ошибок значения $m_1 = 1$ мм, $m_2 = m_3 = 0,2$ мм, $m_6 = 0,4$ мм, тогда их сумма равна 1,8 мм, а квадрат суммы — 3,24.

Обратимся к случайным ошибкам. Ошибка измерения температуры воздуха, с которой отождествляется температура прибора, при использовании бытовых термометров может достичь 5° , что дает для m_5 значение, равное 1,2 мм.

Ошибка m_4 при натяжении ленты от руки и измерении на весу при $\Delta F = 30$ Н (ΔF — отклонение силы натяжения от требуемой в 100 Н) достигает 3...18 мм [2]. Для ленты с поперечным сечением 20 мм \times 0,4 мм значение $m_4 = 8,8$ мм.

Ошибка фиксации концов ленты m_7 шпильками, входящими в комплект прибора, на поверхности земли зависит от условий рельефа на строительной площадке, формируемого как естественной поверхностью земли, так и наличием на площадке насыпного грунта, строительных материалов и оборудования. При значительной неровности рельефа строительной площадки измерения лентой проводятся на весу и концы ленты фиксируются без опускания на землю. Тем самым измеряется воздушная линия. При таких условиях точность измерений зависит от исполнителей. Проведенные нами исследования показали, что m_7 зависит от характера рельефа и высоты концов ленты над ним. Например, при расположении ленты на высоте 1 м и наклоне участка местности под концом ленты в 30° значения m_7 достигают 26 мм (для ровного участка $m_7 = 12$ мм). При фиксировании по двум концам ленты $m_7 = 12 \text{ мм} \sqrt{2} = 17$ мм.

Сумма квадратов случайных ошибок в (1) для принятых значений m_i ($m_4=8,8$ мм; $m_5=1,2$ мм; $m_7=17$ мм) равна $367,8$ мм². Используя вычисленные данные, найдем ошибки измерения линий:

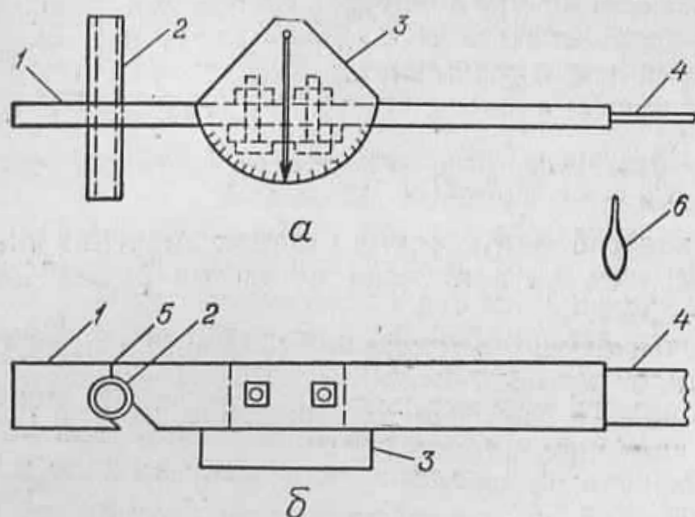
длиной 20 м ($n=1$) $m_{n=1}=19,3$ мм;

длиной 100 м ($n=5$) $m_{n=5}=43,8$ мм.

Относительные ошибки — соответственно 1 : 1000 и 1 : 2300.

Но в строительстве оперируют абсолютными значениями ошибок. С этой точки зрения, полученные результаты свидетельствуют об их пригодности только для 5 и 6 классов точности разбивочных работ, что резко ограничивает область применения мерных лент на стройплощадках [4].

Расширение функциональных возможностей мерных лент в строительстве можно обеспечить уменьшением влияния натяжения и фиксации. Так, использование динамометров на порядок снижает m_4 [6].



Устройство для мерной ленты:
а — вид сбоку, б — вид сверху.

Для уменьшения ошибки фиксации ленту предлагается снабдить устройством, позволяющим свести m_7 к ≈ 2 мм (см. рисунок).

Устройство для мерной ленты состоит из полой трубки 2, закрепляемой вертикально на концевой пластине 1 ленты 4 так, чтобы ее ось проходила через начальный штрих 5, и отвеса 3, выполненного в виде свободно подвешенного стержня с грузом в нижней части (стрелка). Положение стрелки фиксируется шкалой, проградуированной через 1° . 0 шкалы и трубка 2 устанавливаются в исходное положение и закрепляются при натяжении ленты с силой 100 Н [5]. Диаметр трубки должен быть больше диаметра шпильки.

При отсчете по шкале, равном 0° , лента занимает в пространстве такое же горизонтальное положение, как и при закреплении шкалы и трубки, т. е. при требуемом натяжении (с учетом проги-

ба). Полая вертикальная трубка необходима для пропуска нитяного отвеса, грузика *b*, шпильки. Грузик, свободно падая, служит, как и нитяной отвес, для фиксации конца ленты на земле по направлению отвесной линии. Такое устройство позволяет соблюдать постоянное натяжение ленты (вместо динамометра), ее горизонтальность и производить фиксацию концов при измерении воздушной линии, поднятой над землей до 1,5 м. В случае наклонов

Результаты измерений линий

ХОД		d_i , мм	ϵ_i , мм	Вычисления	
прямо X_i	обратно X'_i				
156,875	156,845	+30	+16	$[d] = 87$ мм, $m_{\Delta} = 9,7$	
850	835	+15	+1	$[d] = 71$ мм, $m_{\bar{x}} = 6,9$	
857	865	-8	-22	$k = 5$; $[\epsilon^2] = 760$	
854	835	+19	+5	$\delta_{\text{ср}} = 14$ мм	
860	845	+15	+1	$m_{\Delta} : S_{\text{ср}} = 1 : 16100$	
Среднее	156,859 м	156,845 м	$\Sigma +71$	$\Sigma +1$	$m_{\bar{x}} : S_{\text{ср}} = 1 : 22700$

отдельных уложений углы наклона определяют по шкале отвеса *З* для последующего введения поправок.

Методика измерения лентой с рассмотренным устройством отличается тем, что при неблагоприятных условиях задний конец устанавливается над точкой по нитяному отвесу, а передний фиксируется свинцовым грузиком *b* или нитяным отвесом в зависимости от характера земной поверхности. В процессе работы необходимо следить за вертикальностью трубки *2*. Фиксирование концов ленты производится одновременно. Поправки за наклон местности практически не вводятся, поскольку каждое уложение ленты соответствует ее горизонтальному проложению. При благоприятных рельефных условиях лента с устройством используется по обычной методике.

Рассмотренную методику применяли для измерения линии длиной 150 м, расположенной на строительной площадке. Профиль местности в створе линии неровный с перепадами по высоте до 0,8 м, створ пересекал канавы и насыпной строительный материал, общий уклон местности 2° . Линию измеряли пятью ходами прямо и обратно. Результаты измерений приведены в таблице.

Обработку измерений производили по методике для двойных измерений [1], вычисляя разности $d_i = X_i - X'_i$; среднюю остаточную систематическую ошибку $\delta_{\text{ср}} = [d]/k$; отклонения $\epsilon_i = d_i - \delta_{\text{ср}}$; средние квадратические ошибки одного $m_{\Delta} = ([\epsilon^2]/(2k-2))^{1/2}$ и среднего из двух измерений $m_{\bar{x}} = 0,5([\epsilon^2]/(k-1))^{1/2}$; относительные ошибки $m_{\Delta} : S_{\text{ср}}$; $m_{\bar{x}} : S_{\text{ср}}$.

Эта же линия была измерена обычной лентой, но с фиксированием ее концов сбрасываемым грузиком от начальных штрихов, так как рельеф не позволял закреплять ленту на земле шпильками.

Результаты измерений: $m_{\Delta}=22$ мм; $m_{\bar{x}}=16$ мм; $m_{\Delta}:S_{cp}=1:7100$; $m_{\bar{x}}:S_{cp}=1:9700$.

Анализ данных таблицы показывает, что использование устройства на ленте в два раза повышает точность измерений в неблагоприятных условиях по сравнению со стандартной лентой. Измерения, выполненные на всхолмленной местности с большими уклонами и травяным покровом, подтверждают результаты, приведенные в таблице.

Определим ошибку фиксации конца ленты, исходя из полученных данных. Условия измерений и оценка точности по внутренней сходимости позволяет принять $m_1=m_3=m_5=m_6=0$. Влияние остальных источников ошибок учтем значениями $m_2=0,2$ мм, $m_4=0,9$ мм. Для случая фиксирования обоих концов ленты по формуле (1) имеем

$$m_7^2 = \frac{1}{n} (m_n^2 - m_2^2 n^2 - m_4^2 n). \quad (2)$$

Для нашей линии имеем (см. таблицу) $m_n=m_{\bar{x}}=6,9$ мм; $n=8$. Значение m_7 по (2) равно 2,2 мм. Ошибку фиксации одного конца ленты получим равной 1,6 мм, соответствующей точности фиксации при закреплении точки металлическим штырем [3].

Расчет, проведенный по (1) с учетом $m_4=0,9$ мм и $m_7=1,6$ мм для одного уложения ленты, дает значение $m_{n=1}=2,8$ мм и относительную ошибку 1:7000.

Проведенные исследования и расчеты показывают, что использование устройства на ленте способствует уменьшению ошибок фиксации, контролю натяжения, устранению влияния наклона местности и применению ленты на сложном рельефе строительных площадок при разбивочных работах вплоть до 2 класса точности [4].

1. *Большаков В. Д., Гайдаев П. А.* Теория математической обработки геодезических измерений. — М.: Недра, 1977. — 367 с. 2. *Даниленко Т. С.* Организация и производство геодезических работ при крупном строительстве. — М.: Недра, 1975. — 320 с. 3. *Лукьянов В. Ф.* Расчеты точности инженерно-геодезических работ. — М.: Недра, 1981. — 285 с. 4. Система допусков в строительстве (ЦНИИЭП) учебных зданий. — М.: Стройиздат, 1981. — 63 с. 5. *Спирidonov А. И., Кулагин Ю. Н., Крюков Г. С.* Справочник-каталог геодезических приборов. — М.: Недра, 1984. — 238 с. 6. *Сытник В. С., Ключин А. Б., Борисенко Б. Г.* Геодезическое обеспечение строительного-монтажных работ. — М.: Стройиздат, 1982. — 159 с.