



Тема лекции 4. ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Вопросы:

- 4.1. Приборы для измерения линий на местности.
- 4.2. Измерение линий мерной лентой.
- 4.3. Определение расстояний нитяным дальномером.
- 4.4. Определение дальномерного расстояния при наклонном луче визирования.
- 4.5. Вычисление горизонтальных проложений и неприступных расстояний

Вопрос 4.1. Приборы для измерения линий на местности

Линейные измерения на местности производят *непосредственным* или *косвенным* методами. Для непосредственного измерения расстояний используют *мерные ленты, измерительные рулетки или инварные проволоки*.

При косвенном методе измерений используют *оптические или электронные дальномеры*, позволяющие получать расстояния по измеренным углам, базисам, времени и другим параметрам.

Инварные проволоки позволяют измерять расстояние с наибольшей точностью; относительная ошибка измерения может достигать одной миллионной; это означает, что расстояние в 1 км измерено с ошибкой всего 1 мм. Инвар - это сплав, содержащий 64% железа и 36% никеля.

Мерные ленты обеспечивают точность измерений около $1 / 2\ 000$, т.е. для расстояния в 1 км ошибка может достигать 50 см. Мерная лента - это стальная лента шириной от 10 до 20 мм и толщиной 0.4 - 0.5 мм (рис.4.1). Мерные ленты имеют длину 20, 24 и 50 м. Целые метры отмечены пластинами с выбитыми на них номерами метров, полуметры отмечены круглыми заклепками, дециметры - круглыми отверстиями диаметром 2 мм. В комплект кроме самой ленты входят 6 или 11 шпилек и 2 проволочных кольца, на которые надевают шпильки.

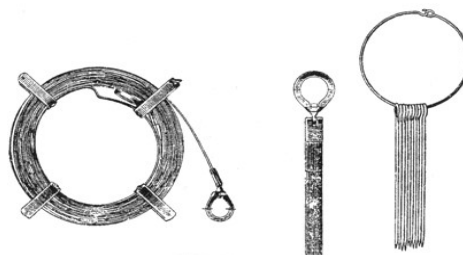


Рис. 4.1. Мерная лента со шпильками

Фактическая длина ленты или проволоки обычно отличается от ее номинальной длины. *Номинальной* называют длину мерного прибора, заданную при изготовлении на заводе. Фактическую длину ленты определяют, сравнивая ее с номинальной длиной. Процесс сравнения длины мерного прибора с номиналом называется *компарированием*, а установка, на которой производится компарирование, - *компаратором*. Разность между фактической и номинальной длиной ленты называют *поправкой за компарирование* Δl . Она определяется по формуле:

$$\Delta l = l - l_0 \quad (4.1)$$

где l – фактическая длина ленты;

l_0 – номинальная длина.

Например, номинальная длина двадцатиметровой ленты равна 20 м, а фактическая 20,016 м. Тогда

$$\Delta l = 20,016 - 20 = +0,016 \text{ м}$$

Согласно ГОСТ 7502 - 80 допускается отклонение фактической длины новой ленты 2 мм для 20- и 30-метровых лент и 3 мм для 50-метровых. Вследствие износа фактическая длина ленты изменяется, поэтому компарирование производится каждый раз перед началом полевых работ.

Длина стальных рулеток бывает 20, 30, 50, 75 и 100 м. Точность измерения расстояния стальными рулетками и лентами зависит от методики измерений и колеблется от 1/1 000 до 1/5 000.

Точность измерения расстояний нитяным дальномером обычно оценивается относительной ошибкой от 1/100 до 1/300.

Вопрос 4.2. Измерение линий мерной лентой

Измеряют линии, последовательно укладывая мерную ленту в створе линии. Прежде чем измерять линию, ее нужно подготовить, а именно: закрепить на местности ее конечные точки и обозначить створ. *Створом* линии называют отвесную плоскость, проходящую через конечные точки. Для обозначения створа линию провешивают, т.е. устанавливают вехи через 100-200 м в зависимости от рельефа.

Для вешения линии на концах ее устанавливают вехи. Различают *вешение на себя* и *от себя*.

Вешение на себя для этого один мерщик встает перед вехой A и смотрит на веху B , а второй по его указанию ставит веху 1 так, чтобы она закрывала собой веху в точке B . после этого второй мерщик идет в направлении точки A и ставит веху 2 , чтобы она закрывала вехи B и 1 (рис. 4.2).

Практика показывает, что вешение необходимо выполнять для линий длиннее 200 м.



Рис. 4.2. Вешение линий на себя

Измерение линии выполняют два человека. Для этого они протягивают ленту вдоль измеряемого направления, встряхивают, натягивают и закрепляют на земле металлическими шпильками. При этом задний мерщик направляет шпильку переднего мерщика в створе с вехой, установленной в конце направления. Все шпильки вначале находятся у переднего мерщика, а собирает их задний. Шпильки следует втыкать в землю вертикально. По количеству шпилек, собранных задним мерщиком во время измерения расстояния, судят о числе отложенных лент. Остаток расстояния от последней шпильки до конечной точки измеряют с точностью до 1 см.

Длину линии определяют по формуле:

$$D = nl_0 + r + n\Delta l \quad (4.2)$$

где n – число уложений ленты;

l_0 - номинальная длина ленты;

r - остаток;

Δl - поправка за компарирование.

Длину линии обычно измеряют два раза - в прямом и обратном направлениях.

По результатам измерений находят разность:

$$\Delta D = D_{пр} - D_{обр} \quad (4.3)$$

Затем вычисляют относительную ошибку:

$$\frac{1}{N} = \frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{D \div \Delta D} \quad (4.4)$$

Она не должна превышать

1/3000 при благоприятных условиях;

1/2000 при средних;

1/1000 при неблагоприятных условиях съемки.

Если относительная ошибка допустима, то из двух полученных значений длины линии выводят среднее арифметическое. В случае недопустимой относительной ошибки линию измеряют заново.

Например, при $1/N = 1/2000$ и длине линии 500 м расхождение между прямым и обратным измерениями не должно превышать 0.5 м.

На точность измерения линий влияют следующие погрешности и условия измерений:

1. Укладка ленты не в створе измеряемой линии вызывает одностороннюю систематическую погрешность, которая может быть уменьшена установкой вешек через каждые 80 - 120 м;

2. Прогиб ленты, для устранения которого ленту встряхивают и натягивают с силой;

3. Погрешности в длине самой ленты, определяемые при компарировании (сравнении с эталоном) и учитываемые при измерении;

4. Углы наклона линии к горизонту превышающие 2° , которые учитываются при вычислении горизонтального проложения ($d = D \cos v$) и должны быть измерены эклиметром;

5. Разность температур при измерении t и компарировании t_k превышает 8° , и поэтому в длину линии D вводят поправку за температуру $\Delta D_t = \alpha(t - t_k)D$,

где α - коэффициент линейного расширения материала мерного прибора (для стали $\alpha = 12.5 \cdot 10^{-6}$);

Кроме перечисленных систематических, на точность линейных измерений влияют и случайные погрешности, связанные с отсчитыванием по шкале ленты, фиксацией концов ленты, ее сдвижка при натяжении, неровностями поверхности вдоль измеряемой линии и другие факторы.

Вопрос 4.3. Определение расстояний нитяным дальномером

При *косвенном методе* измерений используют оптические или электронные дальномеры, позволяющие получать расстояния по измеренным углам, базисам, времени и другим параметрам.

Принцип работы оптических дальномеров основан на решении прямоугольного треугольника (рис.4.3), в котором по малому (*параллактическому*) углу φ и противолежащему катету l (*базису*) вычисляют длину другого катета $D = l/2 \cdot \operatorname{ctg}(\varphi/2)$. Для удобства измерений одну из величин (l или φ) принимают постоянной, а другую измеряют.

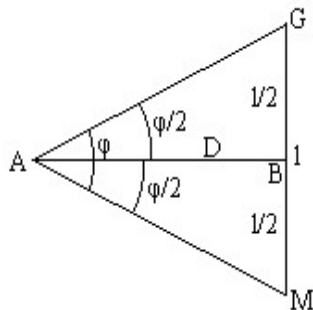


Рис. 4.3. Принцип работы оптических дальномеров

$$S = (C * 1 + c) * \cos^2 v \quad \text{или} \quad S = D * \cos^2 v. \quad (4.9)$$

обычно, величину $(C*1 + c)$ называют дальномерным расстоянием. Обозначим разность $(D - S)$ через ΔD и назовем ее поправкой за приведение к горизонту, тогда

$$S = D - \Delta D, \quad (4.10)$$

где $\Delta D = D * \sin^2 v$

Угол v измеряют вертикальным кругом теодолита; причем при $v \leq 2^\circ$ поправка ΔD не учитывается. Точность измерения расстояний нитяным дальномером обычно оценивается относительной ошибкой от 1/100 до 1/300. Причиной малой точности определения расстояний по нитяному дальномеру является главным образом малая точность отсчитывания оп рейке.

Кроме обычного нитяного дальмера существуют оптические дальмеры двойного изображения.

Электронные дальмеры, к которым относят светодальмеры, лазерные рулетки, электронные дальномерные насадки, измеряют расстояния с использованием электромагнитных волн. Погрешность измерения составляет от 3 мм до $(10 \text{ мм} + 5 \text{ мм/км})$.

Вопрос 4.5. Вычисление горизонтальных проложений и неприступных расстояний

Для составления плана нужны *горизонтальные проложения* линий. Горизонтальные проложения линий определяют по формуле:

$$S = D * \cos v \quad (4.11)$$

где S – горизонтальное проложение линии;

D – длина линии, измеренная на местности;

v - угол наклона линии местности к горизонту.

Вместо вычисления S по формуле можно в результате измерения линии D ввести поправку за наклон линии к горизонту, которая показывает насколько катет S меньше гипотенузы D

$$S = D - \Delta D,$$

Отсюда следует, что

$$\Delta D = D - S$$

Подставим в это равенство значение S и получим:

$$\Delta D = D - D \cos v = D(1 - \cos v) = 2D \sin^2 \frac{v}{2} \quad (4.12)$$

Вычислив ΔD , определяют горизонтальное проложение линии S .

При углах наклона линии местности к горизонту меньших 2° , поправка за наклон к горизонту не вводится, горизонтальное проложение принимается равным длине линии.

В практике встречаются случаи, когда для измерения линий, горизонтальное проложение которой надо определить, невозможно использовать ленту из-за препятствий, пересекаемых линией: река, болото, овраг и пр. На рис.3.25 приведен наиболее часто встречающийся случай. Здесь определяемое расстояние x вычисляют по базису (горизонтальному проложению) b , измеренному лентой, и двум углам α, β , измеренным теодолитом. Для контроля измерения углов полезно измерить и третий угол γ .

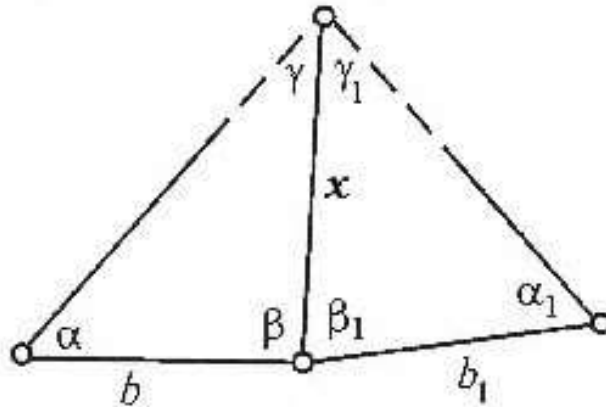


Рис. 4.6

Тогда согласно теореме синусов (отношение сторон треугольника равно отношению синусов противолежащих углов) будем иметь:

$$x_1 = b \frac{\sin \alpha}{\sin(180^\circ - \alpha - \beta)} = b \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$$

Для полного контроля измерений на местности измеряют базис b_1 и углы α_1, β_1 , тогда

$$x_2 = b_1 \frac{\sin \alpha_1}{\sin(180^\circ - \alpha_1 - \beta_1)} = b_1 \frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1}$$

Треугольник для определения расстояния x выбирают таким, чтобы углы против базиса и определяемой стороны были не менее 30 и не более 120. Относительное расхождение двух вычисленных расстояний x допускают не более 1/2000.

$$\frac{|x_1 - x_2|}{x_{cp}} \leq \frac{1}{2000}$$

Если расхождение допустимо, то из двух значений x выводят среднее арифметическое и принимают его за окончательное значение.