

Лекция 16. «Определение расстояний».

1. Приборы для измерения линий 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 1/1 000 000; 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.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 (рис. 1), на которые надевают



шпилеки.

Рис.1

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:

$$\Delta l = l - l_0$$

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.

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.2).

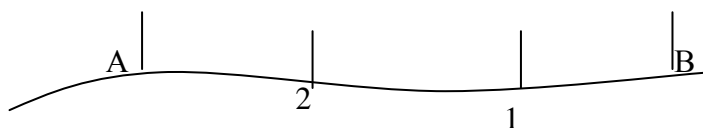


Рис.2

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

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:

$$D = nl_0 + r + n\Delta l$$

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:

$$\Delta D = D_{пр} - D_{обр}.$$

Затем вычисляют относительную ошибку:

$$\frac{1}{N} = \frac{\Delta D}{D} = \frac{1}{D \div \Delta D}.$$

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.

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.3), в котором по малому (*параллактическому*) углу φ и противолежащему катету l (*базису*) вычисляют длину другого катета $D = l/2 \cdot \text{ctg}(\varphi/2)$. Для удобства измерений одну из величин (l или φ) принимают постоянной, а другую измеряют.

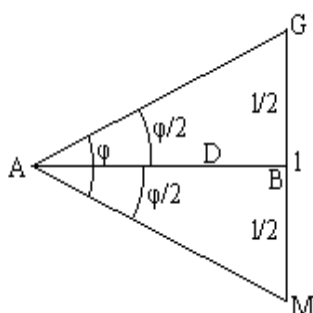


Рис.3

В зависимости от того, какая величина - φ или l , - принята постоянной, различают *дальномеры с постоянным углом* (например, нитяной дальномер) и *дальномеры с постоянным базисом*.

В дальномере с постоянным углом измеряют отрезок l , а угол φ - постоянный; он называется *диастимометрическим углом*.

В дальномерах с постоянным базисом измеряют угол φ , который называется *параллактическим углом*; отрезок l имеет постоянную известную длину и называется *базисом*.

Нитяной дальномер с постоянным углом. В сетке нитей зрительных труб имеются две дополнительные горизонтальные нити, расположенные по обе стороны от центра сетки нитей на равных расстояниях от него; это - *дальномерные нити* (рис.4).

Нарисуем ход лучей, проходящих через дальномерные нити в трубе Кеплера с внешней фокусировкой. Прибор установлен над точкой А; в точке В находится рейка, установленная перпендикулярно визирной линии трубы. Требуется найти расстояние между точками А и В.

Построим ход лучей из точек m и g дальномерных нитей. Лучи из точек m и g , идущие параллельно оптической оси, после преломления на линзе объектива пересекут эту ось в точке переднего фокуса F и попадут в точки M и G рейки. Расстояние от точки А до точки В будет равно:

$$D = l/2 * \text{Ctg}(\varphi/2) + f_{об} + \sigma, (1)$$

где σ - расстояние от центра объектива до оси вращения теодолита;
 $f_{об}$ - фокусное расстояние объектива;
 l - длина отрезка MG на рейке.

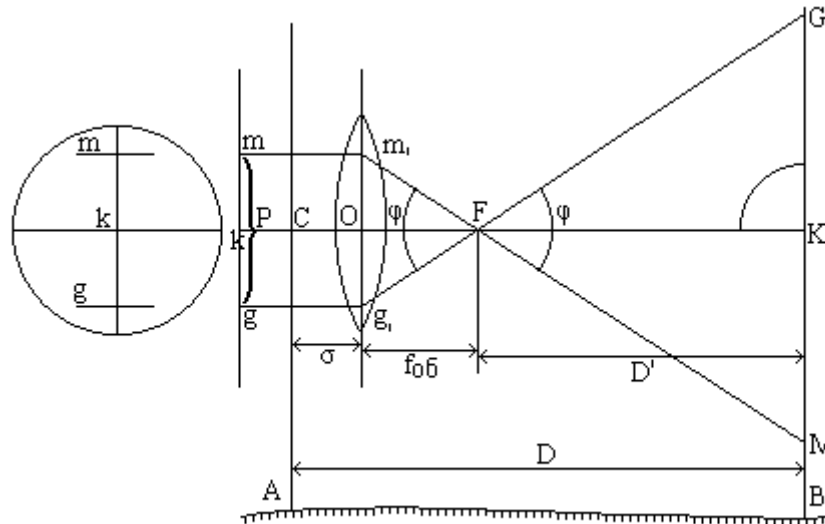


Рис.4

Обозначим $(f_{об} + \sigma)$ через s , а величину $1/2 * Ctg \varphi/2$ - через C , тогда

$$D = C * l + s. (2)$$

Постоянная C называется *коэффициентом дальномера*. Из треугольника $m'OF$ имеем:

$$Ctg \varphi/2 = OF/m'O; \quad m'O = p/2; \quad Ctg \varphi/2 = (f_{об} * 2)/p,$$

где p - расстояние между дальномерными нитями. Далее пишем:

$$C = f_{об}/p. (3)$$

Коэффициент дальномера равен отношению фокусного расстояния объектива к расстоянию между дальномерными нитями. Обычно коэффициент C принимают равным 100, тогда $Ctg \varphi/2 = 200$ и $\varphi = 34.38'$. При $C = 100$ и $f_{об} = 200$ мм расстояние между нитями равно 2 мм.

В трубах с внешней фокусировкой s бывает от 0,3м до 0,6м.