

## **Тема: «Измерение длин линий»**

1. Виды измерений линий
2. Приборы непосредственного измерения линий
3. Компарирование мерных лент и рулеток
4. Порядок измерения линий штриховой лентой
5. Косвенные измерения длин линий

## Допуски в измерениях линий

Линию измеряют в прямом и обратном направлениях. Разность в результатах измерений в относительной форме не должна превышать установленного инструкциями допуска:

$$\delta_s = \frac{|S_{пр} - S_{обп}|}{S_{ср}} = \frac{\Delta S}{S_{ср}} = \frac{1}{N} \leq \left( \frac{1}{N} \right)_{доп}$$

где  $S_{пр}$  и  $S_{обп}$  – результаты измерений в прямом и обратном направлениях;

$S_{ср}$  – среднее значение измеренного расстояния;  $N$  – знаменатель относительной погрешности. Если условие выполняется, то среднее значение принимают за результат измерения.

# Виды измерений линий

## Линейные измерения



### Непосредственные:

- 20-и метровая стальная геодезическая лента;
- Геодезические рулетки (стальные, тесмяные и пластиковые) с номинальной длиной 5, 10, 20, 30, 50 и 100 м;
- Трос, длиной 100 м;
- 24-х метровые геодезические инварные проволоки.

### Косвенные:

- Оптические дальномеры;
- Светодальномеры;
- Лазерные дальномеры.

# Приборы непосредственного измерения линий

- Для **непосредственного измерения линий** на местности используют землемерные ленты со шпильками. В соответствии с ГОСТ 7502-80 такие ленты изготавливают длиной 20, 24, 50м и называют ЛЗ-20, ЛЗ-24 и ЛЗ-50.
- Для измерения длин линий посредством откладывания мерного прибора используют стальные мерные ленты, которые обычно изготавливают из ленточной углеродистой стали.
- В геодезической практике чаще всего применяются штриховые и шкаловые ленты.

**Порядок измерения линий мерной лентой.** После вешения створ линии необходимо расчистить и подготовить для измерений: удалить с него камни и кочки, раздвинуть высокую траву и мешающие измерениям ветки кустарника и т. д. Измерение длин мерной лентой состоит в последовательном откладывании по створу измеряемой линии ленты, концы которой фиксируются с помощью шпилек. Измерения выполняются двумя мерщиками в следующей последовательности.

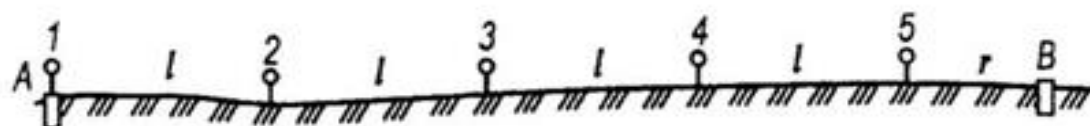
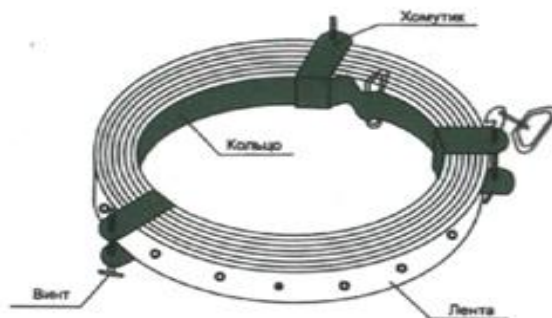


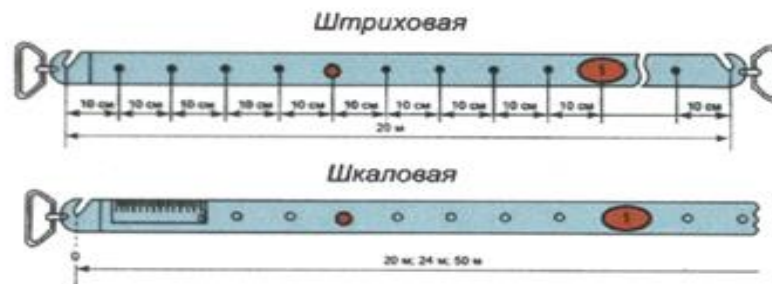
Рис. 69. Порядок измерения линий мерной лентой

## Мерные приборы

Землемерная лента на кольце



Землемерная ленты



Рулетка стальная  
на крестовине



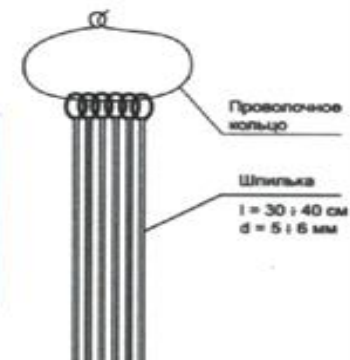
Рулетка тесьмаяная  
на крестовине



Рулетка в футляре



Комплект шпилек  
(6 или 11 шт.)



**Штриховые ленты**, а) имеют длину 20 и 24 м, ширину 15 – 20 мм и толщину 0,3 – 0,4 мм.

- На ленте нанесены метровые деления, обозначенные прикрепленными бляшками, и дециметровые деления, обозначенные отверстиями. Метровые деления на обеих сторонах оцифрованы. Счет оцифровки делений ведется на одной стороне от одного конца ленты, а на другом – от другого конца. За длину ленты принимают расстояние между штрихами, нанесенными на крюках у концов ленты. К крюкам приделаны ручки. К ленте прилагается 6 или 11 шпилек на кольцо. Шпильки сделаны из стальной проволоки диаметром 5 – 6 мм и длиной 30 – 40 см в нерабочем положении ленту наматывают на кольцо.

**Шкаловая лента** выпускается длиной 20 – 24 м, шириной 6 – 10 мм и толщиной 0,15 – 0,20 мм. На обоих концах ленты, в пределах второго дециметра, имеются миллиметровые шкалы длиной по 100 мм каждая.

- Для измерения небольших расстояний применяют стальные и тесьмяные рулетки длиной 5, 10, 20, 50 м. Деления на рулетках нанесены на одной стороне через 1 см и редко через 1 мм. Свернутая рулетка помещается в металлический или пластмассовый корпус.

## Компарирование мерных лент и рулеток

- Мерные ленты и рулетки перед измерением ими линий должны быть проверены.
- **Данная проверка называется компарированием** и состоит в установлении действительной длины мерного прибора путем его сравнения с образцовым прибором, длина которого точно известна.



Для непосредственного измерения линий на местности используют землемерные ленты со шпильками, рулетки, проволоки.

Перед применением каждый мерный прибор сравнивают с образцовой мерой.

Сравнение длин мерных приборов называют *компарированием*.

$$l = l_0 + \Delta l_k$$

где  $l_0$  - длина образцовой меры,  $\Delta l_k$  - поправка за компарирование.

Поправку принимают со знаком плюс, если рабочая длина ленты больше эталонной, и со знаком минус, если рабочая длина меньше эталонной.

- Для компарирования штриховых лент за образцовый мерный прибор принимают одну из лент, имеющих на производстве, длину которой выверяют в лаборатории Государственного надзора за стандартами и измерительной техникой Государственного комитета стандартов РФ и пользуются ею при сравнении с рабочими лентами.
- Компарирование шкаловых лент производят на специальных приборах, называемых стационарными компараторами.
- Простейший способ компарирования штриховых лент состоит в следующем. На горизонтальной поверхности, например, на полу, укладывают образцовую ленту. Рядом с ней кладут проверяемую ленту так, чтобы их края касались друг друга, а нулевые штрихи совмещались. Жестко закрепив концы с нулевыми штрихами, ленты натягивают с одинаковой силой и измеряют миллиметровой линейкой величину несовпадения конечных штрихов на других концах лент. Данная величина показывает на сколько миллиметров рабочая лента короче или длиннее образцовой и называется поправкой за компарирование  $\Delta l$ .

- Длина проверяемой 20-метровой ленты не должна отличаться от длины образцовой ленты более чем на  $\pm 2$  мм. В противном случае в результаты измерения линий вводят поправки. При этом, выполняя измерения линий рабочей лентой, полагают, что её длина равняется 20 м. Поправки определяют по формуле
- где  $D$  — длина измеренной линии.
- Поправку вычитают из результатов измерения, когда рабочая лента короче образцовой, и прибавляют, когда она длиннее.

## Вешение линий

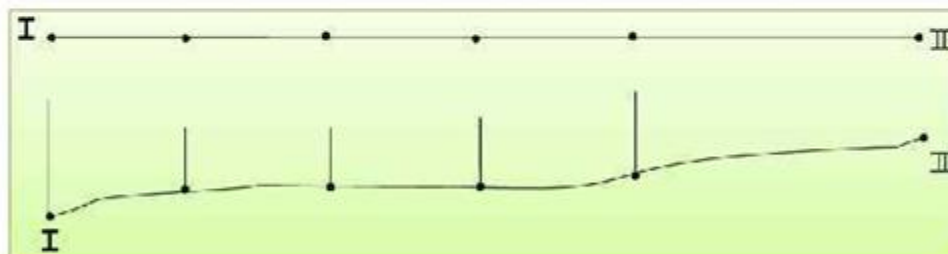
- **Вешение линии** — обозначение ее на местности рядом отвесно поставленных вешек, находящихся в одной вертикальной плоскости...
- Прямую линию на местности обычно обозначают двумя вехами, установленными на её концах. Если длина линии превышает 100 м или на каких-то её участках не видны установленные вехи, то с целью удобства и повышения точности измерения её длины используют дополнительные вехи.
- Их устанавливают в воображаемой отвесной плоскости, проходящей через данную линию. Эту плоскость называют створом линии. Установка вех в створ данной линии называется вешением.

- Вешение линий может производиться на глаз, с помощью полевого бинокля или зрительной трубы прибора.
- Вешения обычно ведут «на себя». Наблюдатель становится на провешиваемой линии у вехи А, а рабочий по его указанию ставит веху в точку С так, чтобы она закрывала собой веху В. Таким же образом последовательно устанавливают вехи в точках D и E. Установка вех в обратном направлении (от себя), является менее точной, так как ранее выставленные вехи закрывают видимость на последующие.
- Более точно вехи в створ выставляют по теодолиту, установленному в точке А и сориентированному на веху В.

## Вешение линий

**Створ** измеряемой линии - вертикальная плоскость, проходящая через конечные точки линии.

Установка вех в створе линий называется **вешением**.



1. Вешение «на себя» (от II к I)
2. Вешение «от себя» (от I к II)

## Порядок измерения линий штриховой лентой

Измерение линий на местности штриховыми лентами производят двое рабочих. По направлению измерения один из них считается задним, второй – передним. Ленту аккуратно разматывают с кольца. Её оцифровка должна возрастать по ходу измерения. Для закрепления мерной ленты в створе линии используется 6 шпилек. Перед началом измерения 5 шпилек берет передний мерщик и одну – задний. Задний мерщик совмещает с началом линии нулевой штрих ленты. Используя прорезь в ленте, закрепляет шпилькой её конец рядом с колышком, обозначающим начальную точку линии (рис. 49, а).

- Передний мерщик, имея в руке 5 шпилек, по указанию заднего мерщика, встряхнув ленту, натягивает её в створе линии и фиксирует первой шпилькой передний конец ленты. Затем задний мерщик вынимает свою шпильку из земли, вешает её на кольцо, и оба мерщика переносят ленту вперед вдоль линии. Дойдя до воткнутой в землю передним мерщиком шпильки, задний мерщик закрепляет на ней свой конец ленты, а передний, натянув ленту, закрепляет её передний конец следующей шпилькой. В таком порядке мерщики укладывают ленту в створе линии 5 раз.
- После того как передний мерщик зафиксирует пятой шпилькой свой конец ленты, задний мерщик передает ему кольцо с пятью шпильками, которые он собрал в процессе измерения. Число таких передач (т.е. отрезков по 100 м при длине ленты в 20 м) записывают в журнале измерений. Последний измеряемый остаток линии обычно меньше полной длины ленты. При определении его длины метры и дециметры отсчитывают по ленте, а сантиметры оценивают на глаз.



Измеренная длина линии D вычисляется по формуле :

$$D = 100 \cdot a + 20 \cdot b + c,$$

где a – число передач шпилек;

b – число шпилек у заднего мерщика на кольце;

c – остаток.

Для контроля линию измеряют вторично 24-метровой или той же 20-метровой в обратном направлении. За окончательный результат принимают среднее арифметическое из двух измерений, если их расхождение не превышает:

- 1/3000 части от длины линии при благоприятных условиях измерений;
- 1/2000 – средних условиях измерений;
- 1/1000 – неблагоприятных условиях измерений.

Т.е. допускаются абсолютные ошибки на 100 м длины линии 3 см, 5 см и 10 см.

# Вычисление горизонтальной проекции наклонной линии местности

- При создании планов местности вычисляют горизонтальную проекцию каждой линии, т.е. её горизонтальное проложение  $S$ .
- Если линия АВ наклонена к горизонту под углом  $v$ , то определить горизонтальное проложение можно, воспользовавшись формулой

$$S = D \cdot \cos v$$

- где  $D$  – длина измеренной наклонной линии АВ;  $v$  – угол наклона.
- Иногда для определения горизонтального проложения используют поправку за наклон

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

- тогда

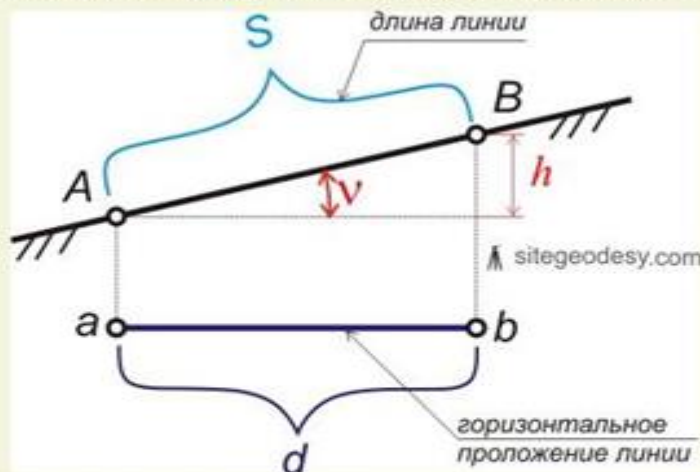
$$S = D - \Delta v$$

- Поправку за наклон вводят при углах наклона более  $1^\circ$ . Углы наклона измеряют теодолитом.

## Горизонтальное проложение линии

**Горизонтальное проложение линии** это проекция линии местности на горизонтальную плоскость. Горизонтальные проложения линий используются на топографических картах и планах.

На рисунке изображена длина линии на местности и ее горизонтальное проложение.



Как видно из рисунка, для того чтобы вычислить **горизонтальное проложение линии** (d) необходимо знать ее длину на местности (S) и угол наклона линии к горизонту (v) или превышение (h).

Длина линии S измеряется рулеткой или дальномером, а угол наклона линии к горизонту v с помощью вертикального круга **теодолита** или тахеометра. Превышение h определяется нивелированием.

Горизонтальное проложение линии вычисляют по формулам:

$$d = S \cos v \text{ - через угол наклона;}$$
$$d = S - (h^2/2S + h^4/8S^3) \text{ - через превышение.}$$

Во как!

# Косвенные измерения длин линий

## Виды и методы измерений

**Косвенные** - это измерения, при которых значение величины определяют на основании известной зависимости между искомой величиной и величинами, значения которых находят прямыми измерениями.

Таким образом, значение измеряемой величины вычисляют по формуле  $Q = F(x_1, x_2 \dots x_N)$ , где  $Q$  - искомое значение измеряемой величины;  $F$  - известная функциональная зависимость,  $x_1, x_2, \dots, x_N$  - значения величин, полученные прямыми измерениями.

**Примеры косвенных измерений:** определение объема тела по прямым измерениям его геометрических размеров, нахождение удельного электрического сопротивления проводника по его сопротивлению, длине и площади поперечного сечения, измерение среднего диаметра резьбы методом трёх проволок и т.д.

Косвенные измерения широко распространены в тех случаях, когда искомую величину невозможно или слишком сложно измерить прямым измерением. Встречаются случаи, когда величину можно измерить только косвенным путём, например размеры астрономического или внутриатомного порядка.

При измерении расстояний лентой или рулеткой встречаются случаи, когда местное препятствие (река, овраг, здание, дорога и т.п.) делает непосредственное измерение невозможным. Тогда применяют косвенные методы определения расстояний.

Различают три случая определения недоступных расстояний.

1. При взаимной видимости точек разбивают базис  $b$  и измеряют горизонтальные углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$ .

Для определения расстояния АВ используют теорему синусов

$$AB = \frac{b \cdot \sin \beta_2}{\sin(\beta_1 + \beta_2)}$$

2. При взаимной невидимости точек выбирают точку С из которой видны точки А и В, измеряют расстояния  $S_1, S_2$  и угол  $\beta$ .

Используя теорему косинусов, находят расстояние АВ

$$AB^2 = S_1^2 + S_2^2 - 2S_1 \cdot S_2 \cos \beta$$

3. Если обе точки измеряемого расстояния недоступны, то разбивают базис  $b$  и из точек С и Д измеряют углы  $\beta; \gamma; \delta; \tau$ .

По теореме синусов дважды для контроля находят с контролем расстояние АВ.

$$S_1 = \frac{b \cdot \sin \tau}{\sin(\gamma + \tau)} \quad S_2 = \frac{b \cdot \sin \tau}{\sin(\gamma - \tau)}$$

$$S_3 = \frac{b \cdot \sin \tau}{\sin(\beta + \tau)} \quad S_4 = \frac{b \cdot \sin \tau}{\sin(\beta - \tau)}$$

$$AB^2 = S_1^2 + S_3^2 - 2S_1S_3 \cos(\gamma - \beta) = S_2^2 + S_4^2 - 2S_2S_4 \cos(\tau - \delta).$$

# Параллактический способ измерения расстояний

Под **параллактическим способом** понимается косвенный **способ определения расстояния** с помощью малого базиса, разбиваемого поперек **измеряемой** полосы, и **параллактических** углов, под которыми базис рассматривается из концов полосы.

Этот способ основан на решение треугольника ABC, в котором для определения расстояния SC высокой точностью измеряют перпендикулярную измеряемой линии малую сторону  $l$ , называемую базисом, и противолежащий ей острый параллактический ей острый параллактический угол  $\beta$ . Расстояние  $S$  вычисляют по

$$S = \frac{l}{2} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}$$

формуле

Измеряя расстояние этим способом, сразу получают горизонтальное проложение, поэтому введение поправок за наклон линии не требуется.



## 2. Определение расстояний методом горизонтального параллакса

- Угол  $p$ , под которым со светила виден радиус Земли, перпендикулярный к лучу зрения, называется **горизонтальным параллаксом**

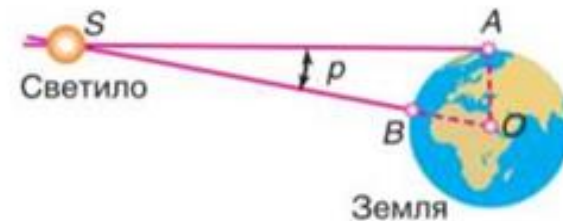


Рис. 43. Горизонтальный параллакс светила