

«Линейные измерения»

В геодезии выполняют в основном линейные, угловые измерения и измерение превышений.

Измерения выполняют при производстве различных геодезических работ: при создании опорных геодезических сетей, при трассировании линейных сооружений, в процессе выполнения разбивочных работ, при монтаже строительных конструкций и т.п.

Способы измерения расстояний:

- при помощи механических мерных приборов (ленты, рулетки);
- при помощи нитяного дальномера;
- способом прямого промера по оси (светодальномер, тахеометр);
- наземно-космический.

Отрезки небольших размеров чаще всего измеряют простейшими мерными приборами: рулеткой, мерной лентой, нитяным дальномером, оптическими дальномерами.

Большие длины измеряют с помощью свето- и радиодальномеров, тахеометром, наземно-космическим.

При измерении расстояния наземно-космическим способом нет необходимости в обеспечении видимости между крайними точками линии.

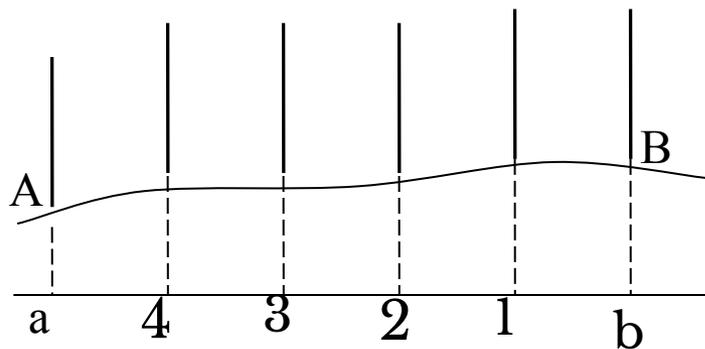
Измерение расстояний механическими мерными приборами

Перед измерением линии выполняют вешение.

Вешением называют процесс установки вех в вертикальной плоскости между крайними точками прямой.

1. Вешение «на глаз»

а)



б)

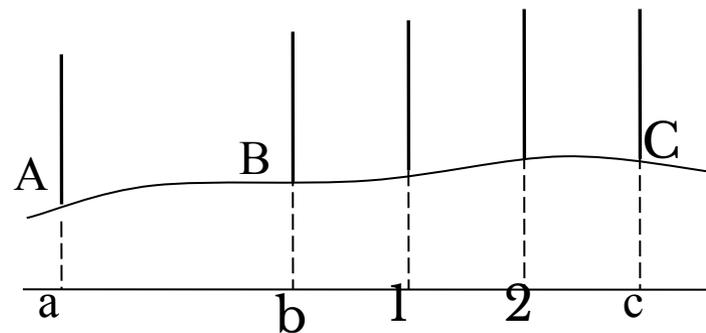


Рис. 1. а – вешение «на себя»; б –
вешение «от себя»;
в – потеря точности установки вех
при вешении способом «от себя»

в)



2. Вешение с помощью теодолита

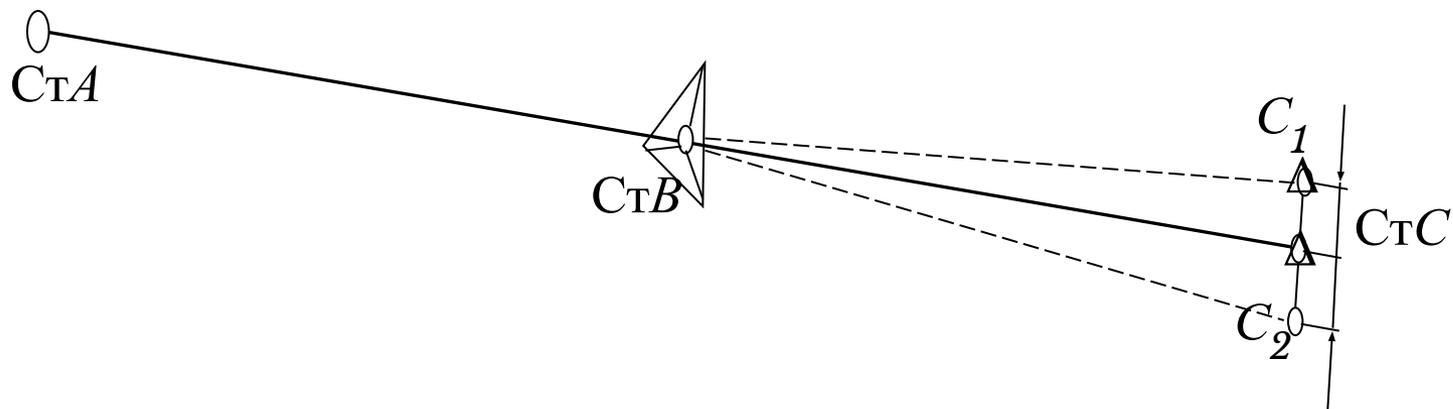


Рис. 2. Схема вешения линии с помощью теодолита

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, Δl_k - поправка за компарирование.

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

При необходимости учета температуры измеряют температуру компарирования t_0 , тогда длина компарированной ленты при температуре производства измерительных работ составит:

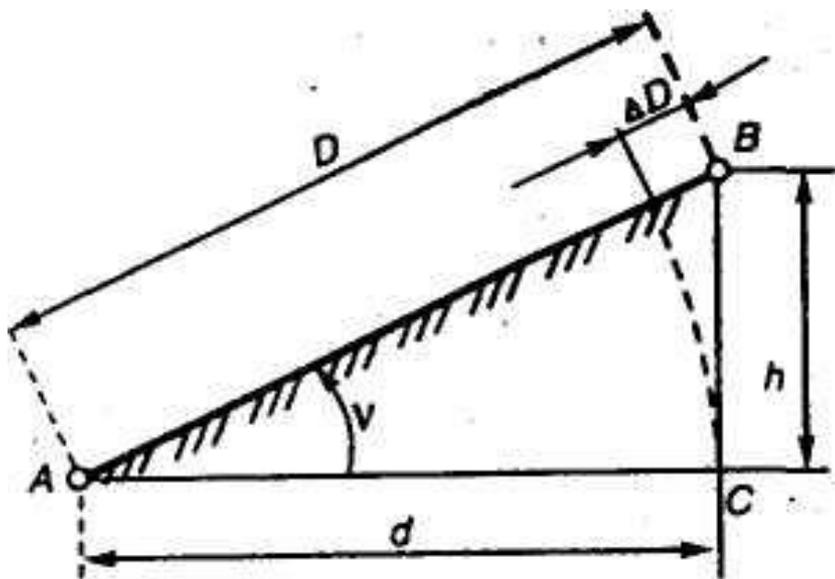
$$l = l_0 + \Delta l_k + \alpha_c (t - t_0) \cdot l_0$$

t – температура эксплуатации

t_0 – +20 °С

α_c – коэффициент линейного расширения стали при изменении температуры на 1°С; $\alpha_c = 12,5 \cdot 10^{-6}$

При составлении топографических планов, продольных и поперечных профилей необходимо находить горизонтальные проекции каждой измеряемой линии.



Горизонтальную проекцию $d = AC$ наклонной линии $D = AB$ можно получить из прямоугольного треугольника ABC по формуле:

$$d = D \cos v$$

Величину

$\Delta D = D - d = D - D \cos v = 2D \sin^2(v/2)$ называют *поправкой за наклон* линии местности к горизонту.

Источники ошибок при измерении длин линий лентами и рулетками

Основными ошибками при измерении длин линий стальными землемерными лентами и рулетками являются:

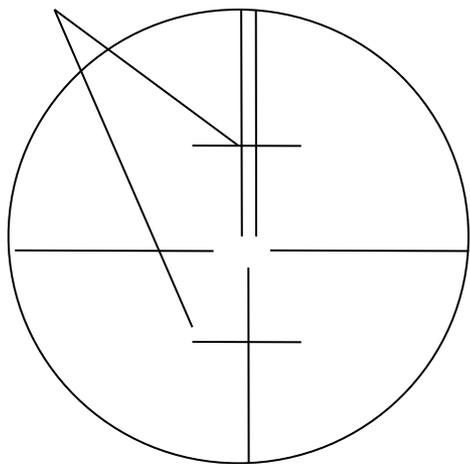
1. неточное компарирование;
2. уклонение мерного прибора от створа;
3. неточный учет поправок за наклон линии к горизонту;
4. перепады температуры, при которой выполнены измерения;
5. неодинаковое натяжение мерного прибора;
6. неточное отсчитывание по шкалам мерного прибора;
7. неточная фиксация концов мерного прибора.

Измерение расстояний нитяным дальномером

Нитяные дальномеры используют в большинстве современных оптических приборов, имеющих сетку нитей.

Нитяной дальномер состоит из двух дальномерных штрихов (нитей) сетки нитей и вертикальной рейки с сантиметровыми делениями, устанавливаемой в точке местности, до которой измеряют расстояние.

Дальномерные штрихи



Нивелирная рейка



При изучении принципов измерения расстояний нитяным дальномером целесообразно рассмотреть два случая, когда:

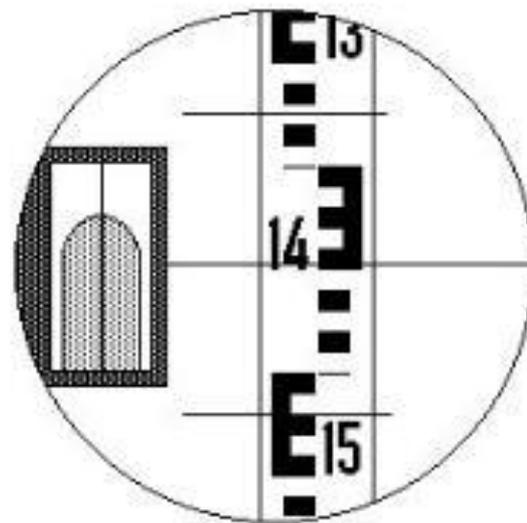
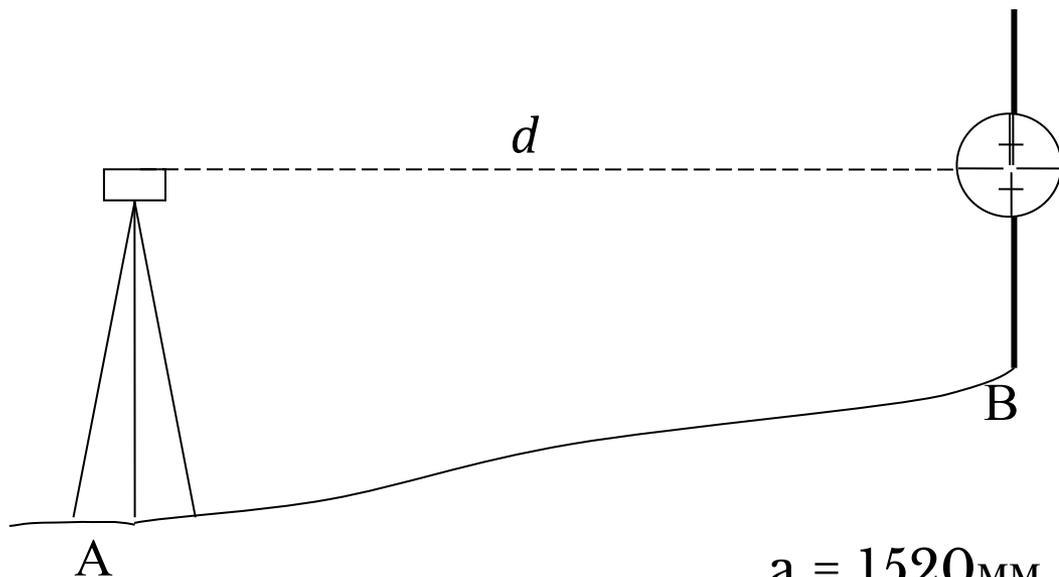
- 1) визирная ось горизонтальна и перпендикулярна вертикальной оси рейки;
- 2) визирная ось наклонна и не перпендикулярна вертикальной оси рейки.

Для случая горизонтального положения визирной оси горизонтальное проложение вычисляют по формуле:

$$d = Cn = C(a-b)$$

C – коэффициент нитяного дальномера, принимаемый обычно $C = 100$ или $C = 200$;

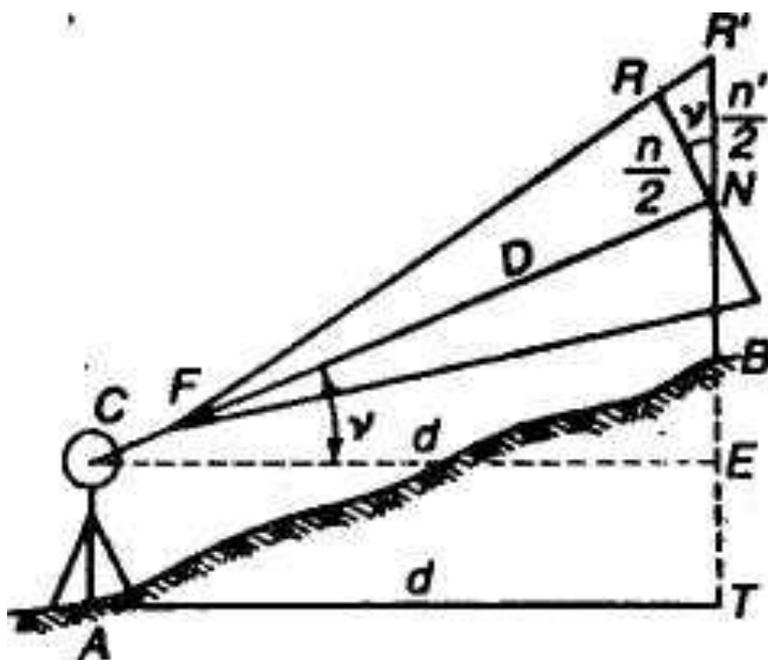
n – расстояние между верхним и нижним штрихами нитяного дальномера



$$a = 1520_{\text{мм}}$$

$$b = 1375_{\text{мм}}$$

$$d = 100 \cdot (1520 - 1375) = 14500_{\text{мм}} = 14,50_{\text{м}}$$



При угле наклона визирной оси к горизонту ν , можно получить некоторое условное (дальномерное) расстояние D .

Зная угол наклона визирной оси к горизонту ν , можно определить искомую величину горизонтальной проекции d наклонного расстояния D :

$$d = D \cos^2 \nu$$

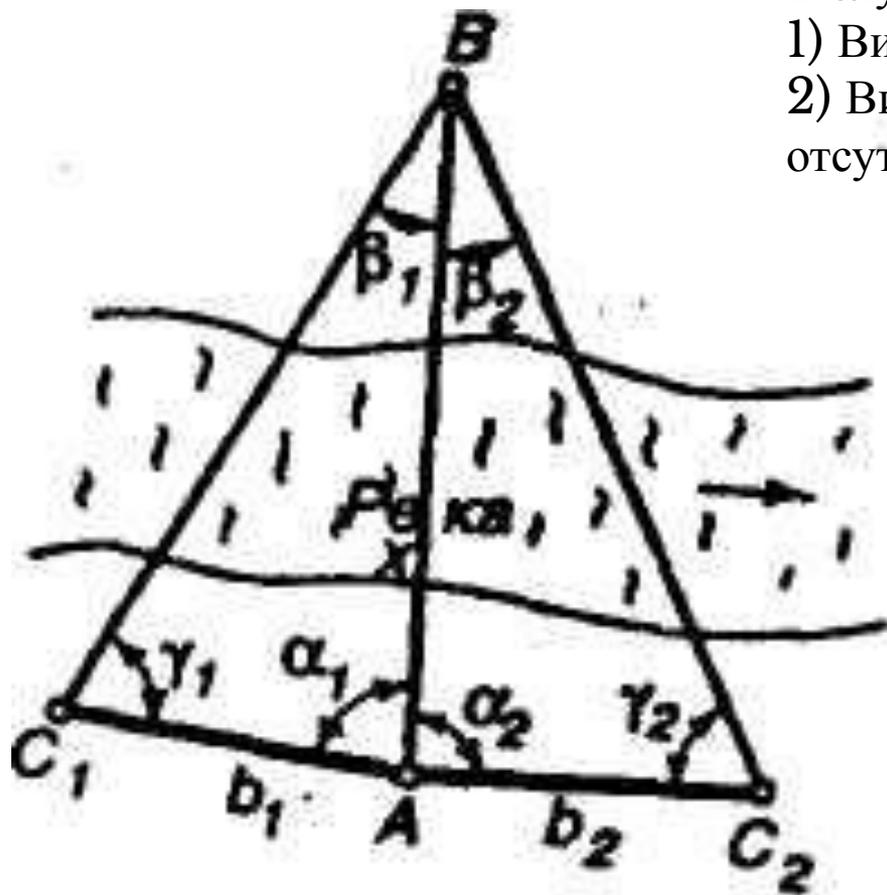
$$D = Cn$$

Измерение неприступных расстояний

Неприступное расстояние может быть определено одним из следующих способов:

- базисов;
- равных треугольников;
- прямого промера по оси;
- наземно-космическим.

Способ базисов состоит в измерении неприступного расстояния с помощью прямой угловой засечки (рис.3).



2 случая:

- 1) Видимость между точками А и В есть;
- 2) Видимость между точками А и В отсутствует.

Рис. 3 Схема определения неприступного расстояния способом базисов (1 случай)

Последовательность измерений:

- от точки А измеряемой линии строят два базиса b_1 и b_2 . Базисы измеряют землемерной лентой или рулеткой дважды и при допустимых расхождениях в промерах определяют среднее значение каждого из них.
- измеряют углы при основаниях полученных треугольников ABC_1 и ABC_2 , соответственно γ_1 , α_1 , и γ_2 , α_2
- по теореме синусов дважды определяют значение искомого неприступного расстояния:

$$x_1 = \frac{b_1 \sin \gamma_1}{\sin \beta_1}; \quad x_2 = \frac{b_2 \sin \gamma_2}{\sin \beta_2}.$$

Если относительная погрешность между двумя измерениями не превышает допустимой (проверяют допустимость по формуле, приведенной ниже), то окончательно принимают в качестве искомого результата среднее значение.

$$\frac{x_1 - x_2}{x_{cp}} \leq \frac{1}{N_{дон}}$$

2 случай. Если между точками А и В видимость отсутствует

Расстояние d (рис.4) после измерения на местности базисов b_1, b'_1, b_2, b'_2 и углов β и β' по теореме косинусов получаем:

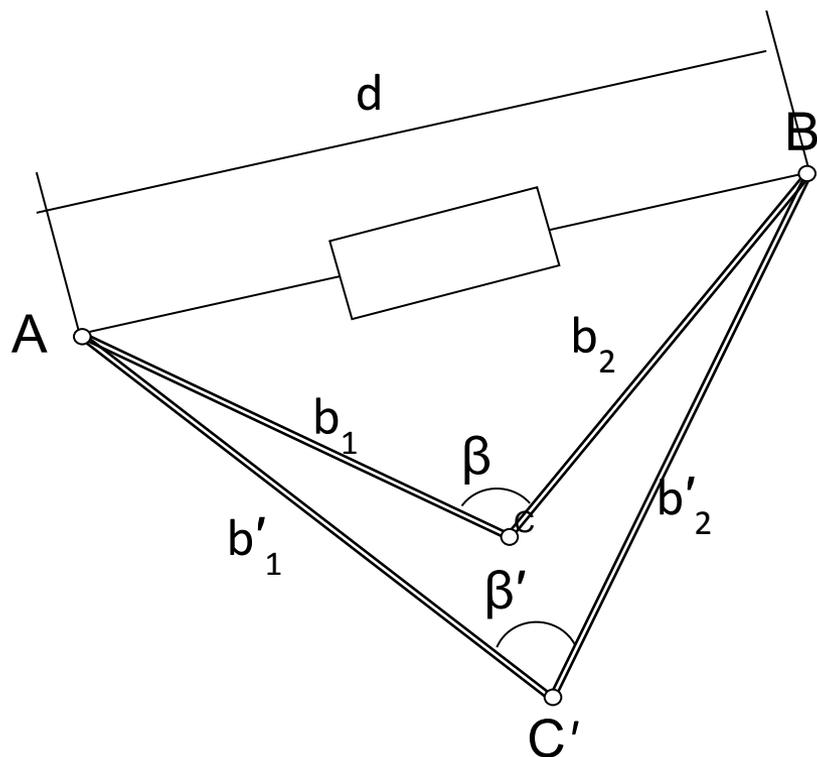


Рис. 4 Схема определения неприступного расстояния способом базисов (2 случай)

$$d = \sqrt{b_1^2 + b_2^2 - 2b_1b_2 \cos \beta}$$

$$d' = \sqrt{b'_1{}^2 + b'_2{}^2 - 2b'_1b'_2 \cos \beta'}$$

Способ равных треугольников состоит в построении в доступном месте двух равных прямоугольных треугольника с взаимно параллельными сторонами, в которых одна из сторон является искомым недоступным отрезком (рис. 5).

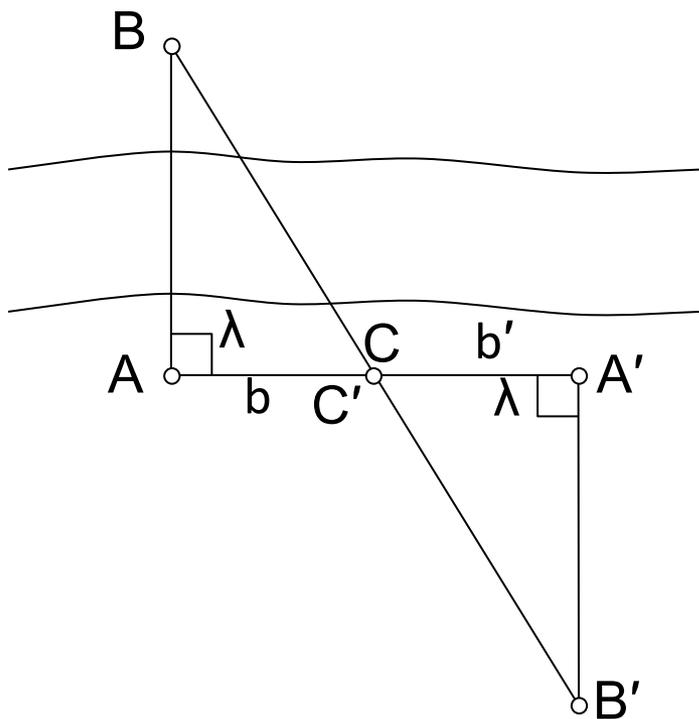


Рис.5. Схема определения неприступного расстояния способом равных треугольников

Последовательность действий:

- в точке А откладывают прямой угол λ и вдоль полученного направления дважды откладывают некоторый отрезок b и получают точки С и А';
- в точках В и С устанавливают вехи, а в точке А' откладывают прямой угол λ к линии АА';
- на пересечении этого перпендикуляра и направления ВС отмечают на местности точку В'. Полученные таким образом два прямоугольных треугольника АВС и А'В'С равны между собой и, измерив землемерной лентой или рулеткой отрезок А'В' = d , получим величину искомого неприступного расстояния $x = d$.

Способ прямого промера по оси используют в тех случаях, когда исполнитель располагает такими современными приборами, как электронный тахеометр (рис.7) или светодальномер (рис.8).

Для определения неприступного расстояния в этом случае в точке А измеряемого отрезка устанавливают прибор (электронный тахеометр или светодальномер), а в точке В, в зависимости от величины измеряемого расстояния, - на штативе однопризменный или шестипризменный отражатель (рис.6). Определение неприступного расстояния производят в режиме многократного измерения с определением $x = d_{cb}$.



Рис.6. Схема определения неприступного расстояния светодальномером

Тахеометр — геодезический инструмент для измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов.

Светодалномер — прибор, измеряющий расстояние по времени прохождения его световым сигналом.



Рис.7. Тахеометр



Рис.8. Светодалномер

Приведение наклонных расстояний к горизонтальному проложению

По конструкции у нивелира визирная ось всегда занимает горизонтальное положение, т.к. зрительная труба жестко скреплена с корпусом.

У теодолита и тахеометра зрительная труба может перемещаться по вертикальной оси, в связи с чем измерение расстояний, как правило, выполняется при наклонном положении визирной оси. В этом случае, возникает необходимость в приведении наклонного расстояния к горизонтальному проложению.

Механическими мерными приборами также измеряются в основном наклонные расстояния.

В таблице 1 приведены формулы для расчета горизонтального проложения.

Прибор, которым измерено наклонное расстояние	Формула для расчета горизонтального проложения
Механический мерный прибор (лента, рулетка)	$d = D \cos v$
Оптический дальномер (теодолит)	$d = D \cos^2 v$
Электронный тахеометр	$d = D \cos v$

D – наклонное расстояние; v – угол наклона

Наземно-космический способ определения неприступного расстояния используют в случае наличия у исполнителя приемника спутниковой навигации «GPS» геодезического класса (Рис.9).

Для этой цели, последовательно устанавливая приемник в точках А и В, определяют их координаты X_A , Y_A и X_B , Y_B . Далее, решая обратную геодезическую задачу, устанавливают искомое горизонтальное расстояние d , и, если необходимо, дирекционный угол направления α .



Рис.9. Спутниковый приемник