

## **ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА.**

Получение контурного плана местности с помощью теодолита и мерной ленты (или дальномера) называется теодолитной съемкой.

При теодолитной съемке рельеф не изображается.

Съемка ведется по принципу от общего к частному, т. е. на местности выбираются и закрепляются опорные точки, определяются их координаты, а с них ведется съемка подробностей.

Совокупность таких точек называется съемочной сетью, которая строится в виде теодолитных ходов, представляющих с собой систему ломаных линий, в которых углы измеряются теодолитом, а стороны мерной лентой или дальномером.

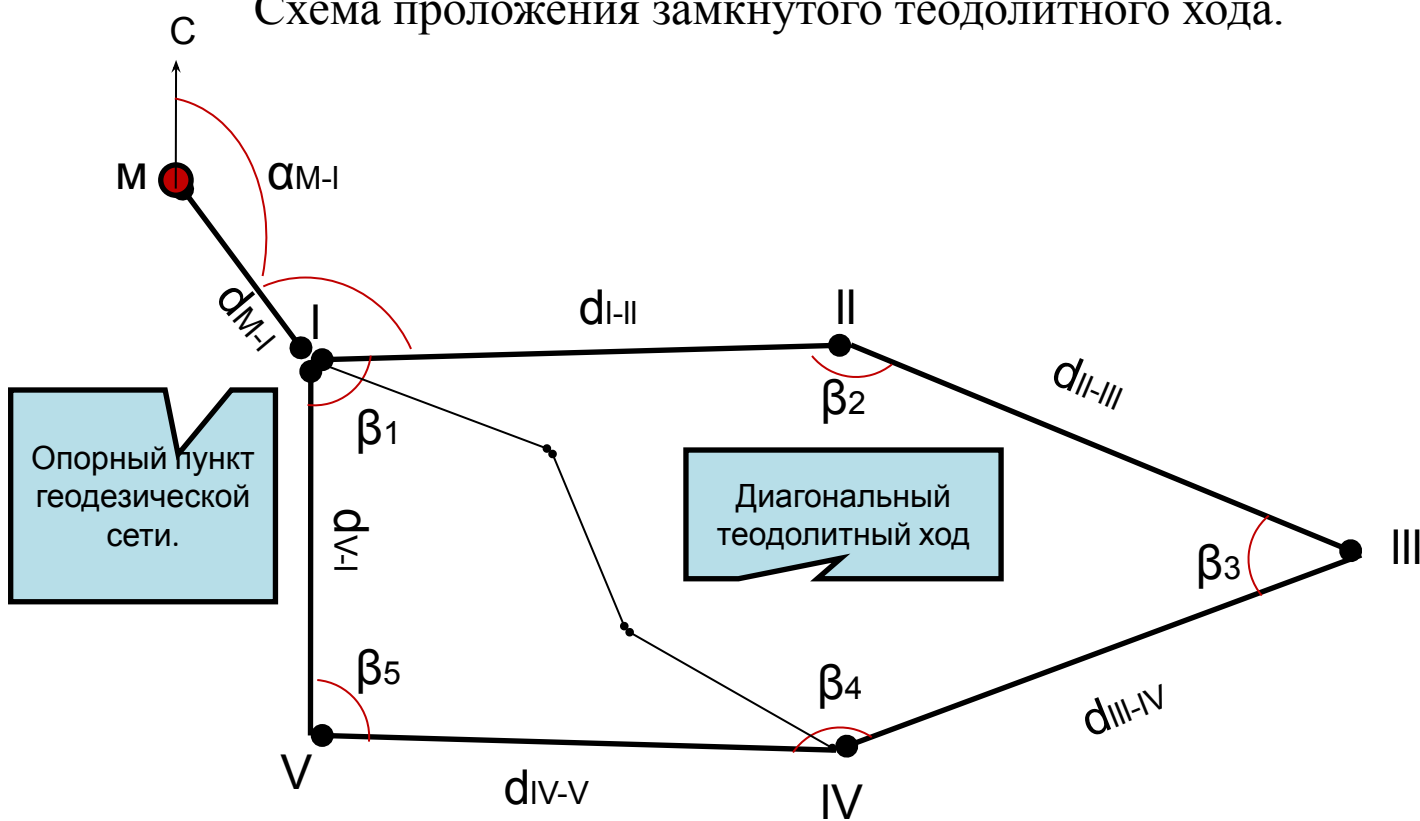
## **Теодолитные ходы.**

Основные требования при проложении теодолитных ходов следующие.

- а) Выбирая положение точек теодолитного хода надо стремиться, что бы вокруг точки была горизонтальная площадка с твердым грунтом, с хорошим обзором соседних точек хода и удобством съемки подробностей.
- б) Стороны хода должны находиться на твердых прямых участках местности с углами наклона не более 5 градусов и длиной от 50 до 350 метров.

в) Теодолитные ходы прокладываются с учетом надежного контроля. Поэтому в районах, где отсутствуют точки геодезической сети или они располагаются близко друг от друга, рекомендуется прокладывать замкнутые полигоны, внутри которых прокладываются диагональные ходы, образующие узловые точки. Диагональные ходы позволяют сгущать систему съемочных точек и осуществлять дополнительный контроль измерений.

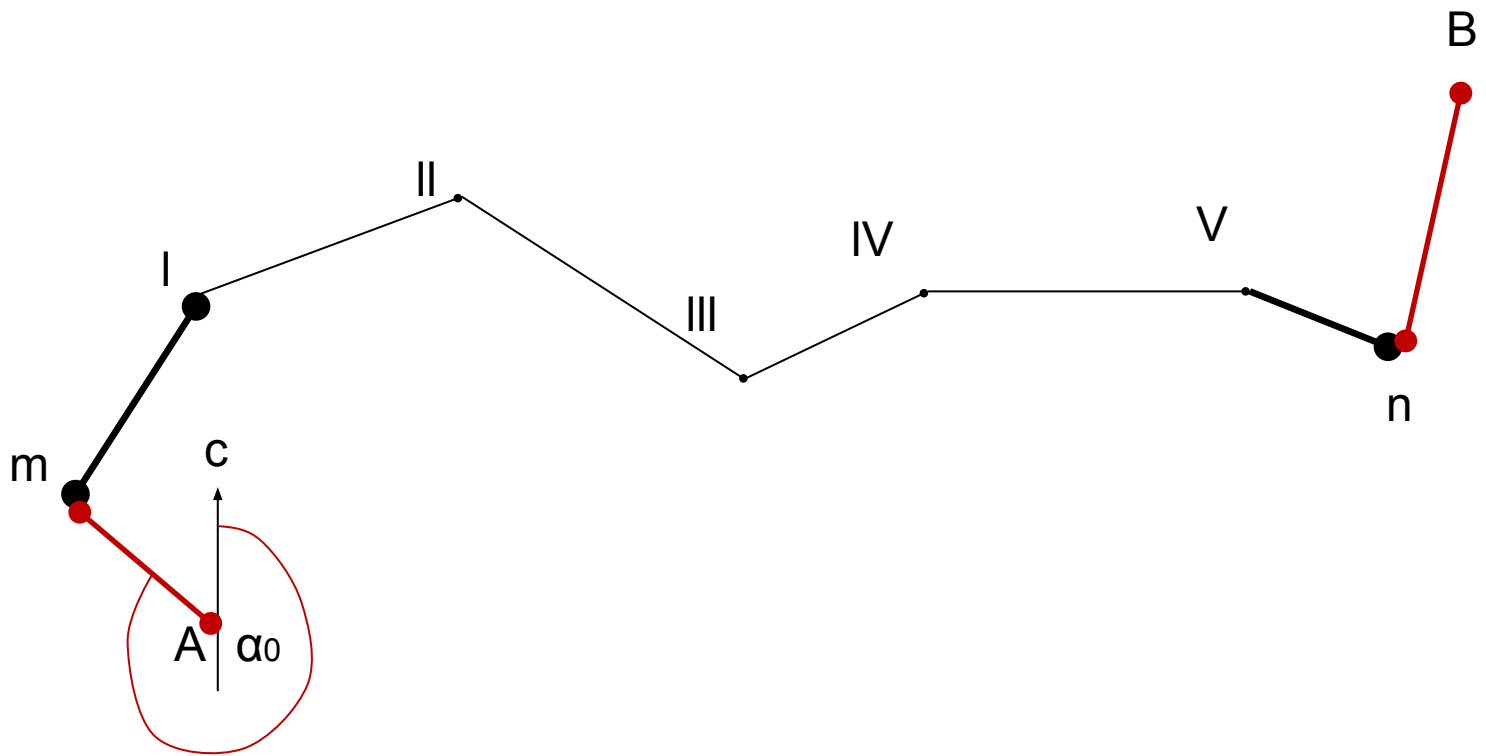
Схема проложения замкнутого теодолитного хода.



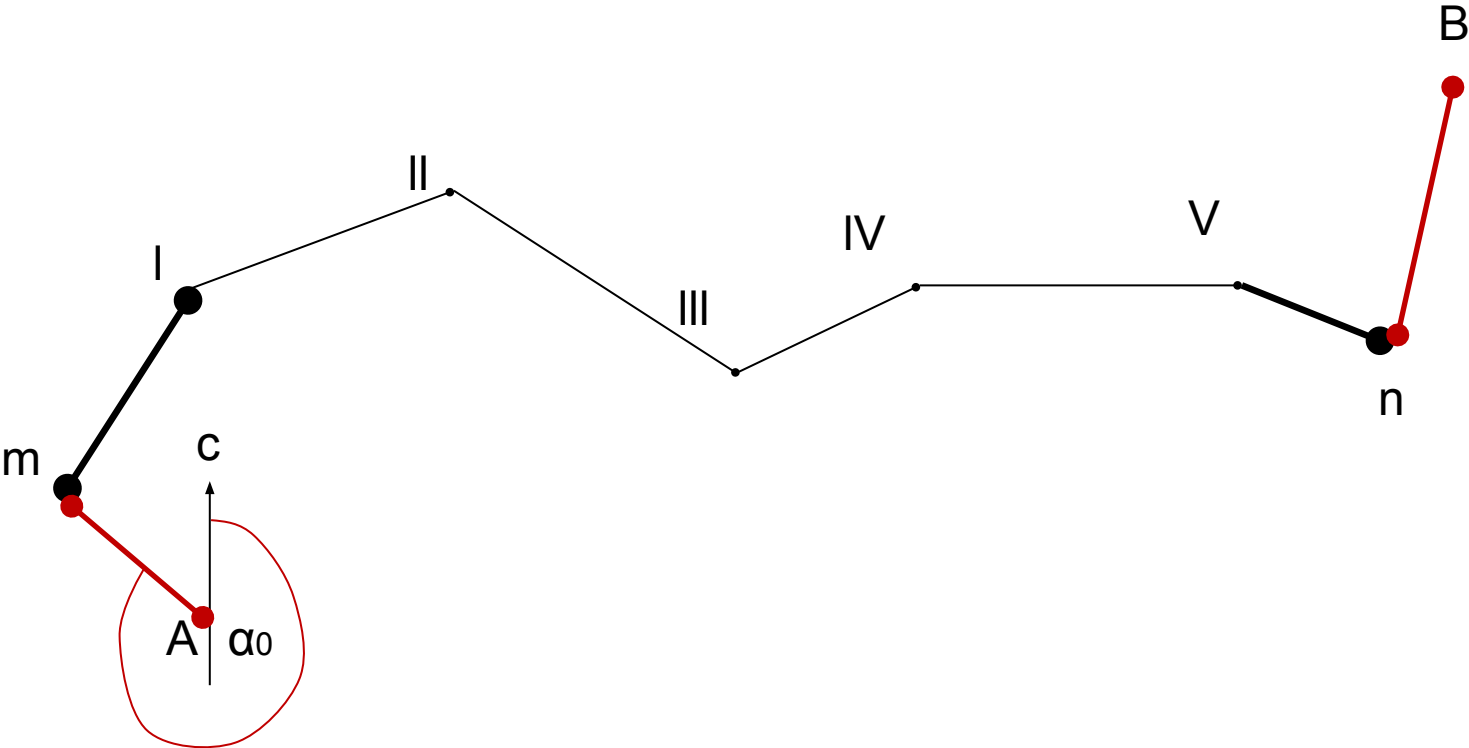
Зная координаты точки М, значения дирекционного угла  $\alpha_{M-I}$ , а также внутренние углы  $\beta$  и горизонтальные проложения сторон  $d$ , можно рассчитать координаты всех вершин полигона.

г) Разомкнутые, вытянутые ходы прокладываются, как правило, между опорными геодезическими точками, например, применяются при трассировании вытянутых сооружений, а лучше между двумя твердыми сторонами.

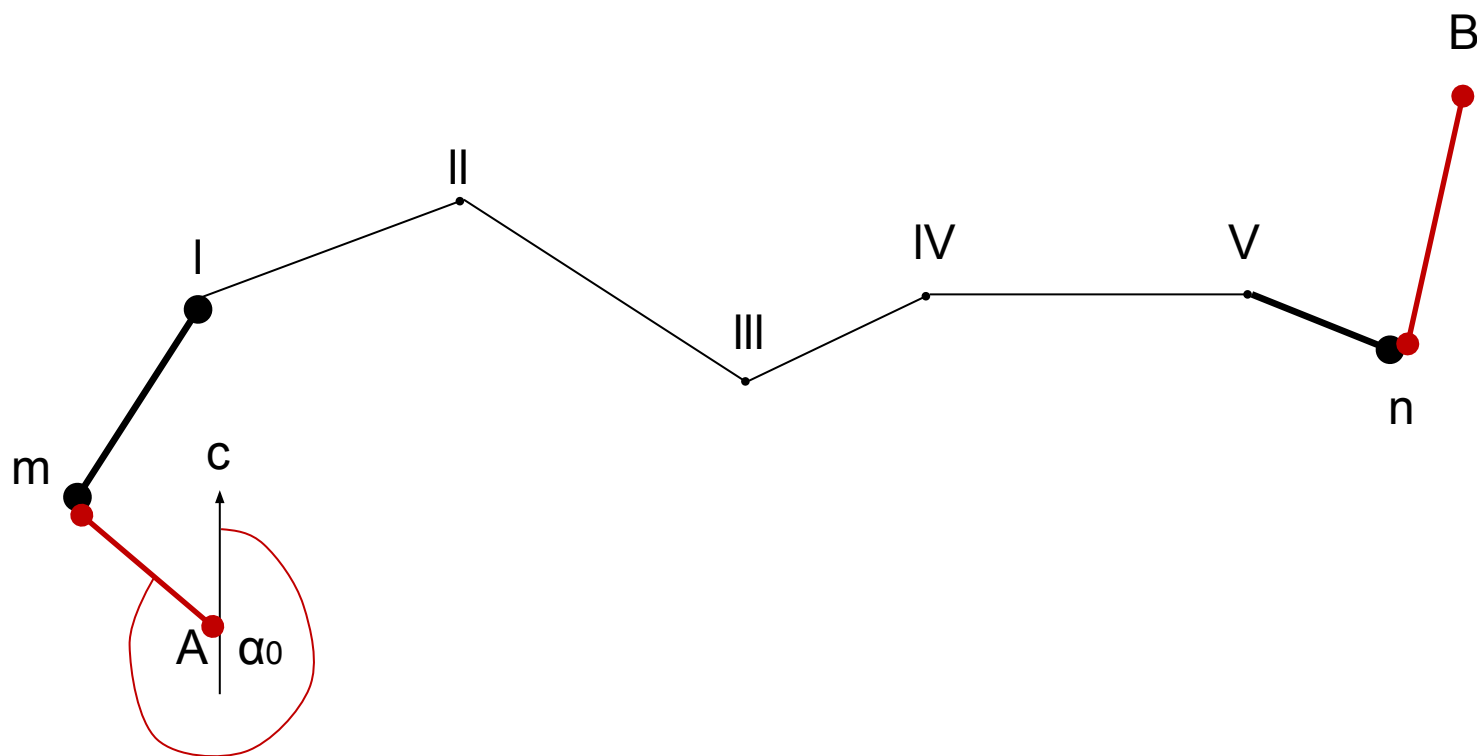
Нужно стремиться, чтобы конечная точка вытянутого хода, являлась точкой геодезической сети. Если ход не привязан к сети высшего класса, он называется висячим.



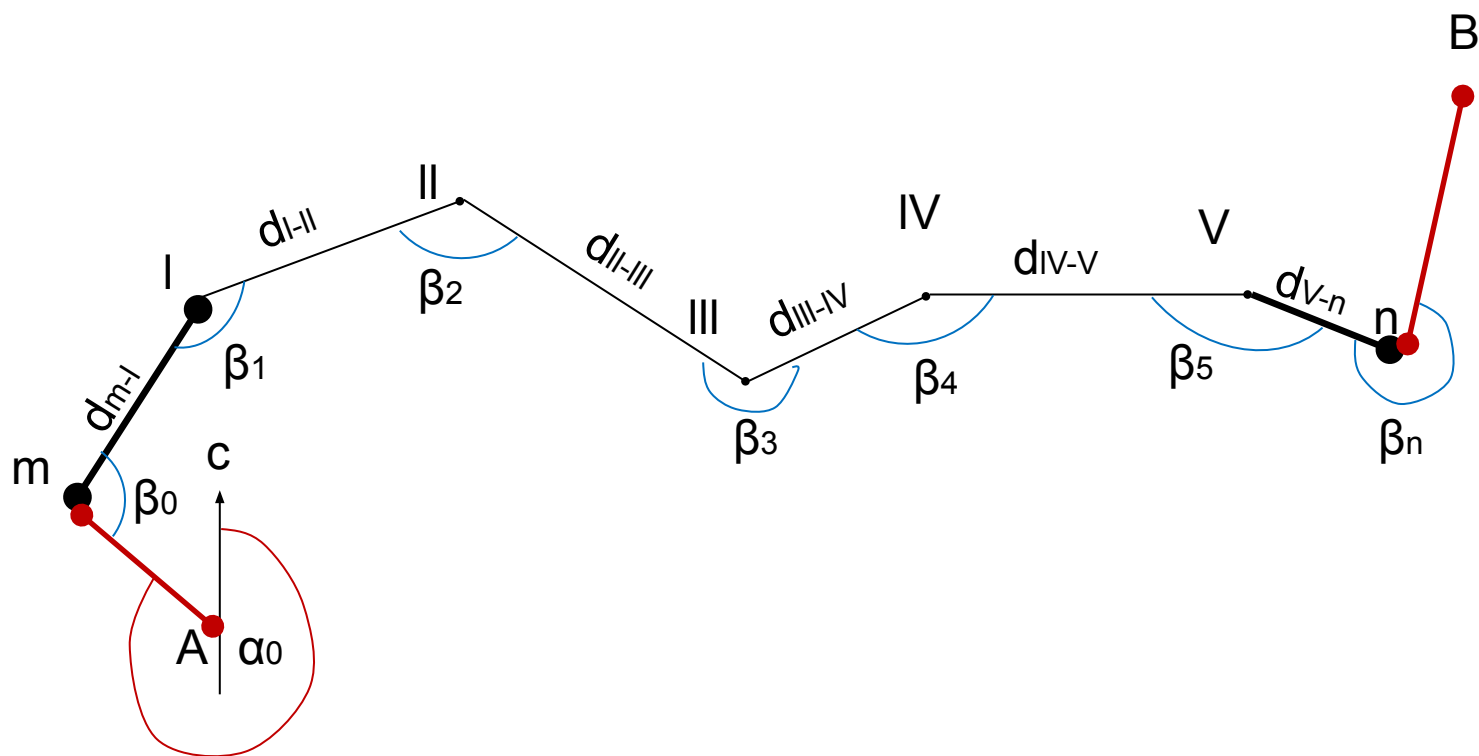
Зная координаты точек A и m, а также дирекционный угол линии Am можно определить координаты всех последующих вершин хода.



Для этого измеряем все внутренние углы теодолитного хода и горизонтальные проложения его сторон. Длины сторон измеряются мерной лентой или рулеткой в прямом и обратном направлениях.



Внутренние углы измеряются  $1'$  или  $30''$  теодолитом.



г) Для ограничения накопления ошибок угловых и линейных измерений теодолитных ходов, установлены предельные значения их длин между опорными и узловыми точками, в зависимости от точности инструмента и масштаба съемки.

д) При прокладке теодолитных ходов на незастроенных территориях необходима следующая густота съемочных точек:

1:5000; 1 точка на 7-8 га, или 14 точек на 1 км

1:2000; 1 точка на 4 га, или 25 точек на 1 км.

1:1000; 1 точка на 1 га, или 100 точек на 1 км.



## **Порядок производства работ при прокладке теодолитных ходов.**

Работы по прокладке теодолитных ходов производятся в следующем порядке:

1. Камеральная подготовка включает : изучение картографического материала, каталогов плановой и высотной опорной сетей, географического описания района и составление предварительного проекта работ.
2. Рекогносцировка – в процессе, которой отыскиваются пункты геодезической плановой и высотной сетей на местности и окончательно устанавливаются вершины углов поворота теодолитных ходов.

Результаты рекогносцировки наносятся на карту самого крупного масштаба, а при ее отсутствии, на схему, составленную в процессе работ.

**Прокладка теодолитных ходов состоит из следующих этапов:**

- а) Закрепление точек поворотов ходов кольшками со сторожками, на которых указывается номер точки, название организации, год работы. Через 1 км., устанавливают деревянные столбы или полигонометрические центры, такие точки называются закладными.
- б) измерение углов 30 секундным или 1 минутным теодолитом, который перед замерами должен быть тщательно вымерен.
- в) Измерение длин линий в прямом и обратном направлениях.

**Привязка теодолитных ходов к пунктам геодезической опорной сети.**

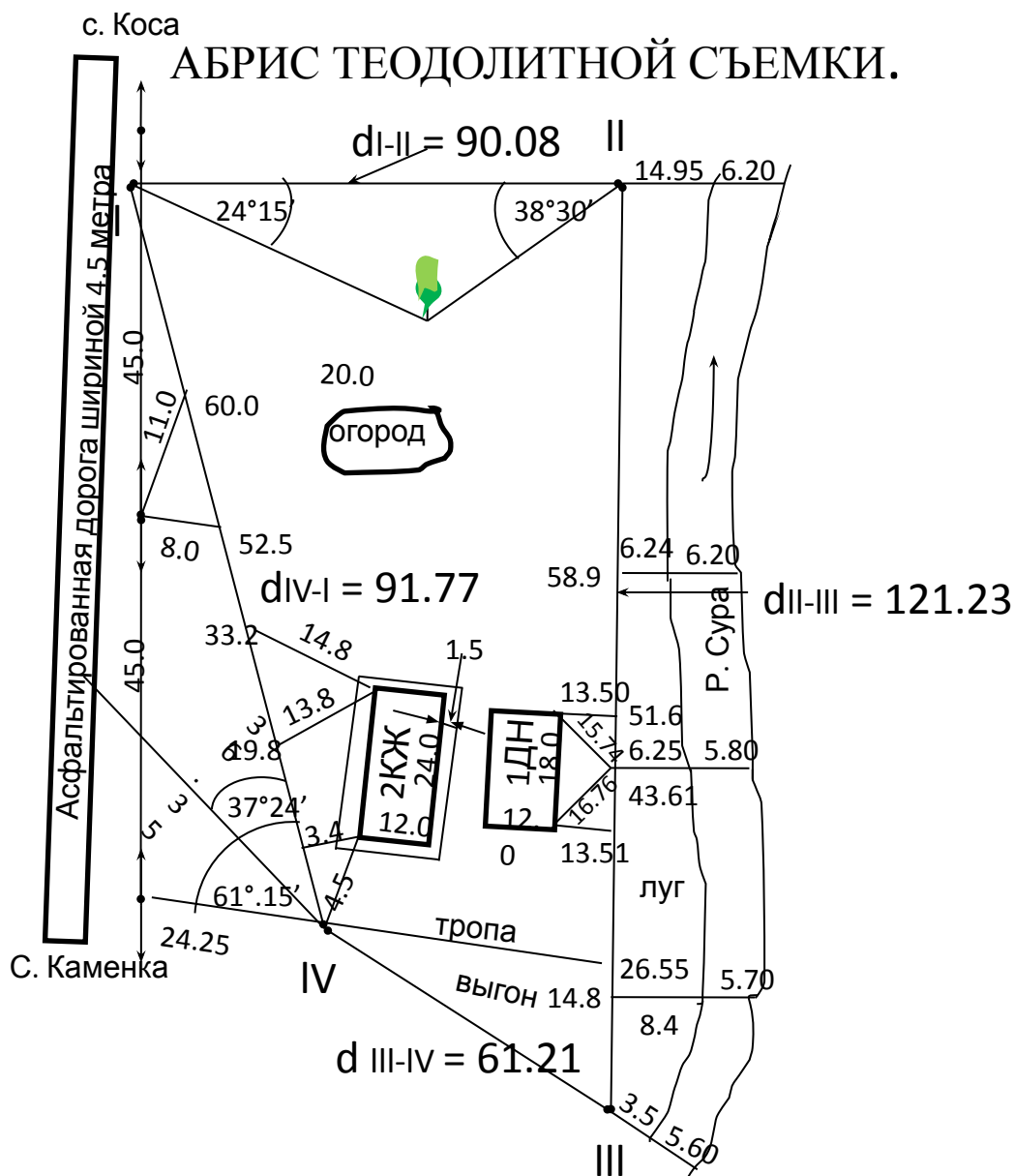
Для получения координат точек теодолитных ходов в общегосударственной системе координат и для контроля измерений, теодолитные ходы необходимо привязать к пунктам государственной геодезической сети или сети местного значения.

В отдельных случаях допускается для ориентирования теодолитного хода определения дирекционного угла путем измерения магнитного азимута и введение в него поправок за склонение магнитной стрелки и сближения меридианов.

## **СЪЕМКА ПОДРОБНОСТЕЙ.**

Производится с пунктов теодолитного хода в соответствии с заданием и масштабом плана и определяет положение контуров и точек ситуации на нем, а также исходя из временных и физических затрат на их проведение, точности определения положения объектов и их доступности. Основными способами съемки подробностей являются: способ перпендикуляров, способ створов, способ угловых засечек, способ линейных засечек, способ полярных координат. Одновременно со съемкой подробностей составляется абрис теодолитной съемки.

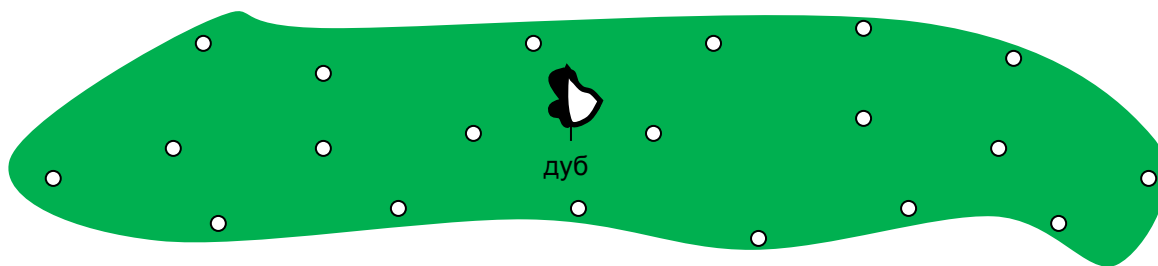
Абрис теодолитной съемки составляется схематично без учета масштаба в процессе съемки. На абрис выписываются точные значения расстояний и углов теодолитного хода, результаты съемки подробностей.



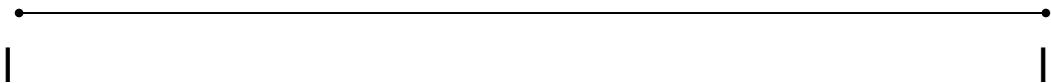
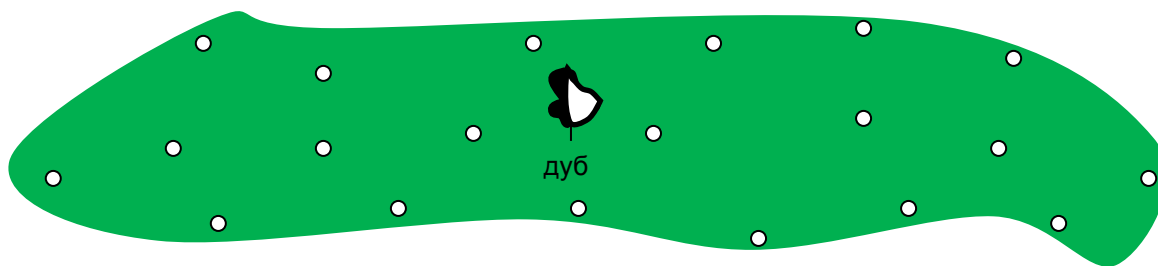
## Способ перпендикуляров.

Этот способ применяется при съемке ситуации и местных предметов, имеющих правильные геометрические формы, например, зданий, а также криволинейных контуров, например, рек, дорог, кромок леса и т.д.

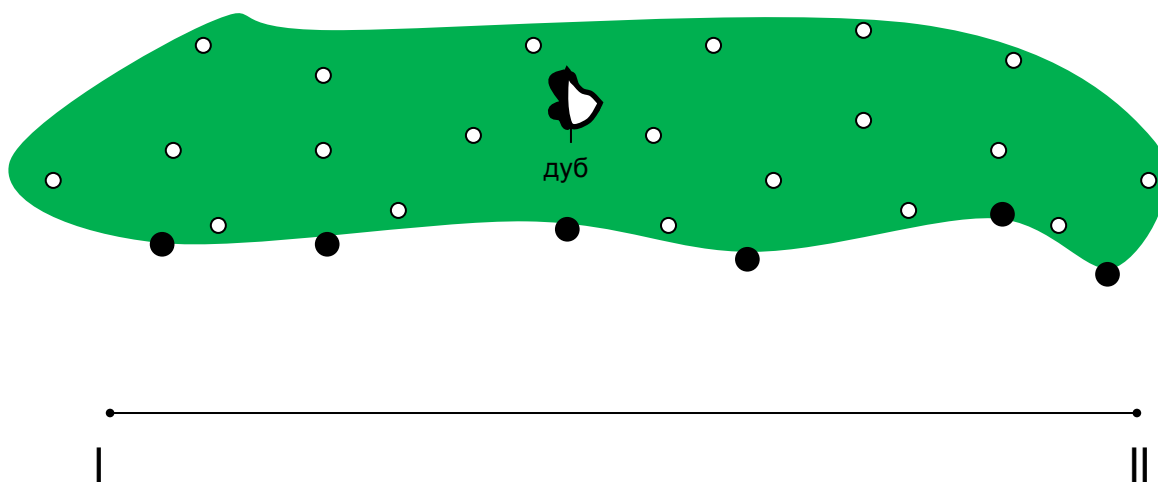
Например: требуется определить положение границы леса.

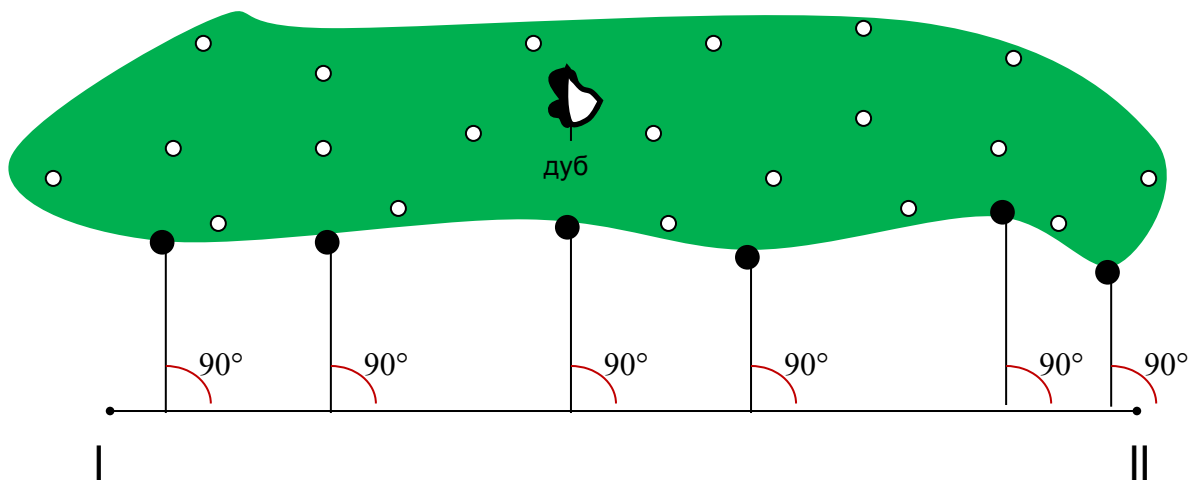


Намечаем точки подчеркивающие границу леса.

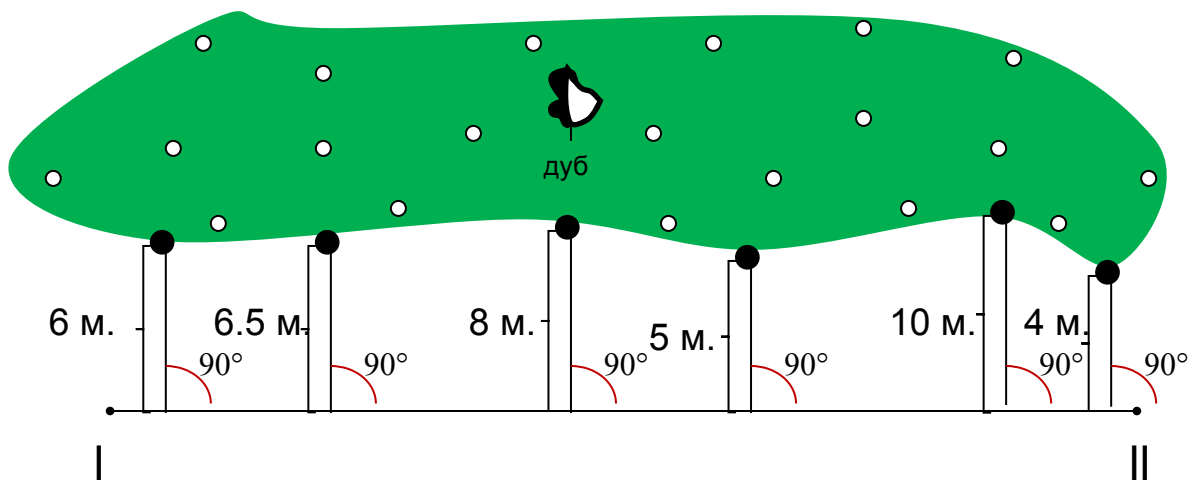


Из полученных точек с помощью эккера или на глаз опускаем перпендикуляры на линию теодолитного хода I-II и с помощью рулетки измеряем расстояние от них до линии теодолитного хода.

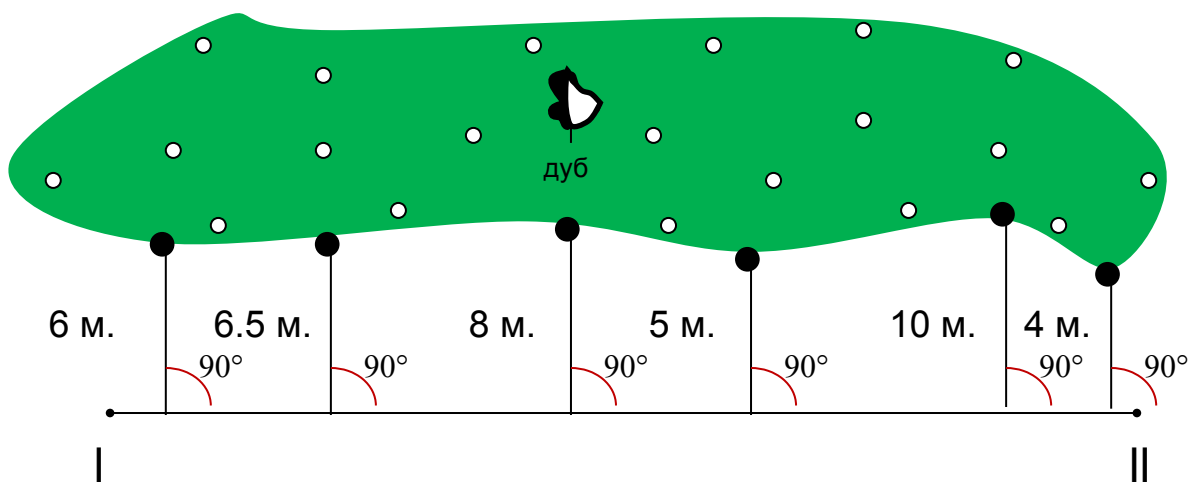


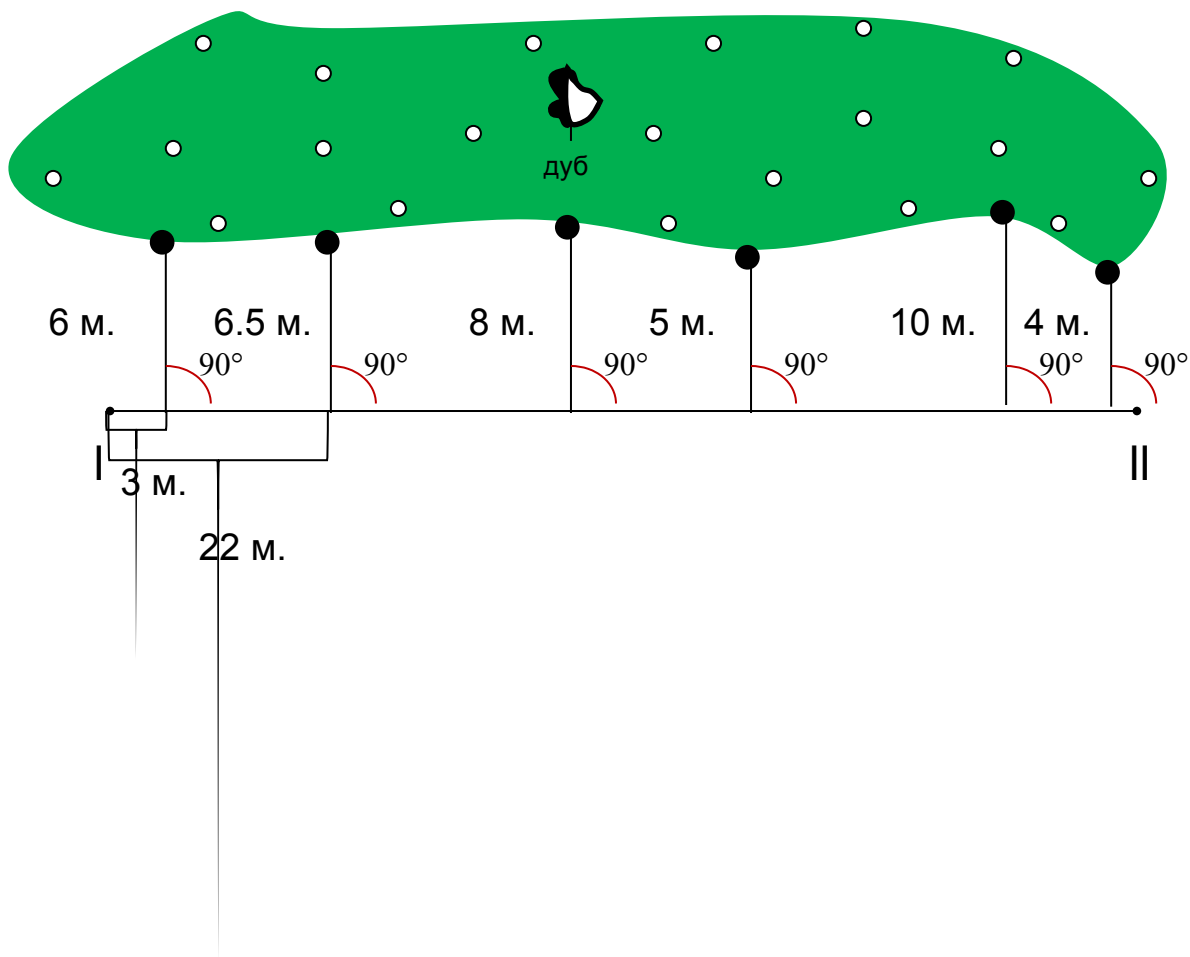






От вершины теодолитного хода (I или II в зависимости от близости точек) измеряем расстояния до точек поворота

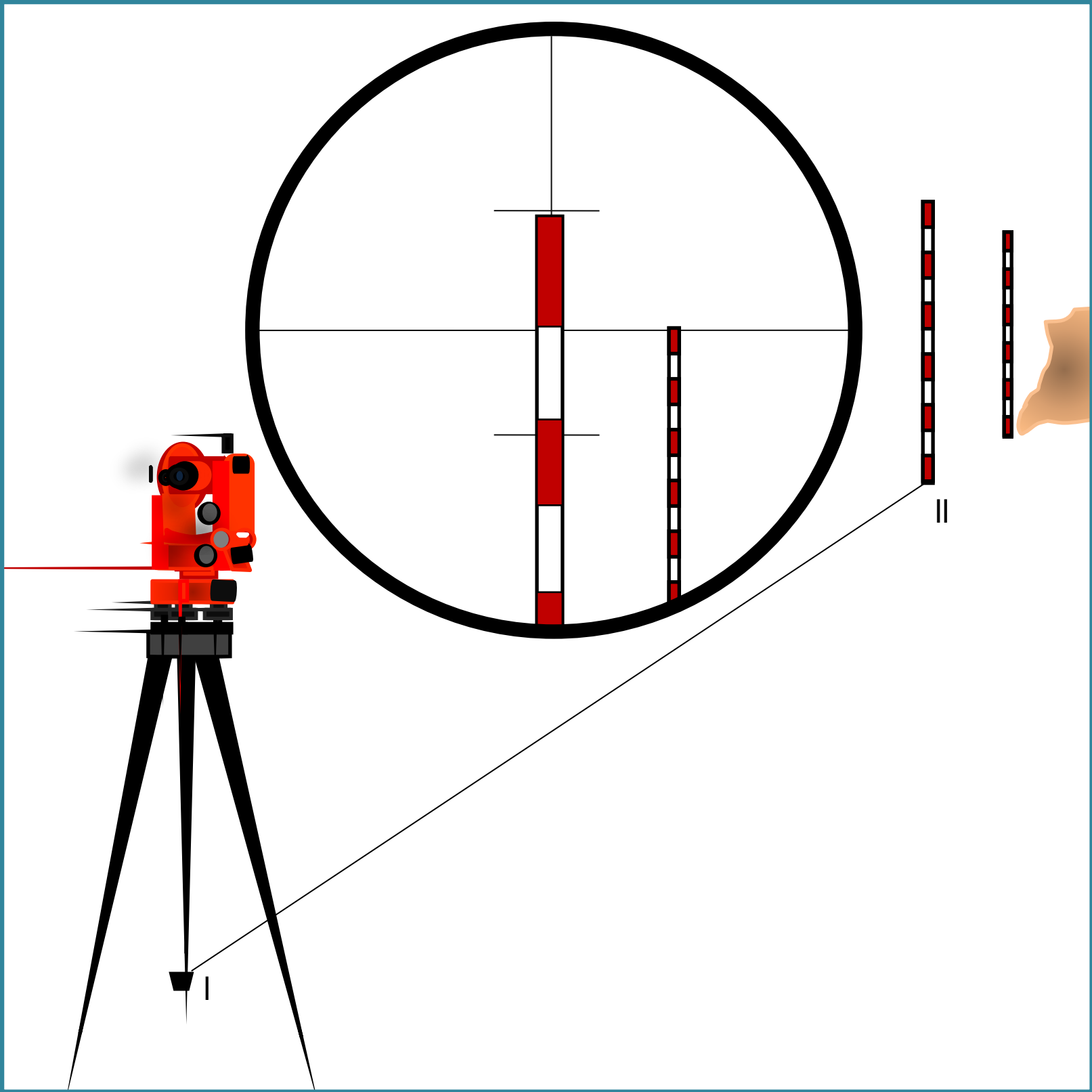


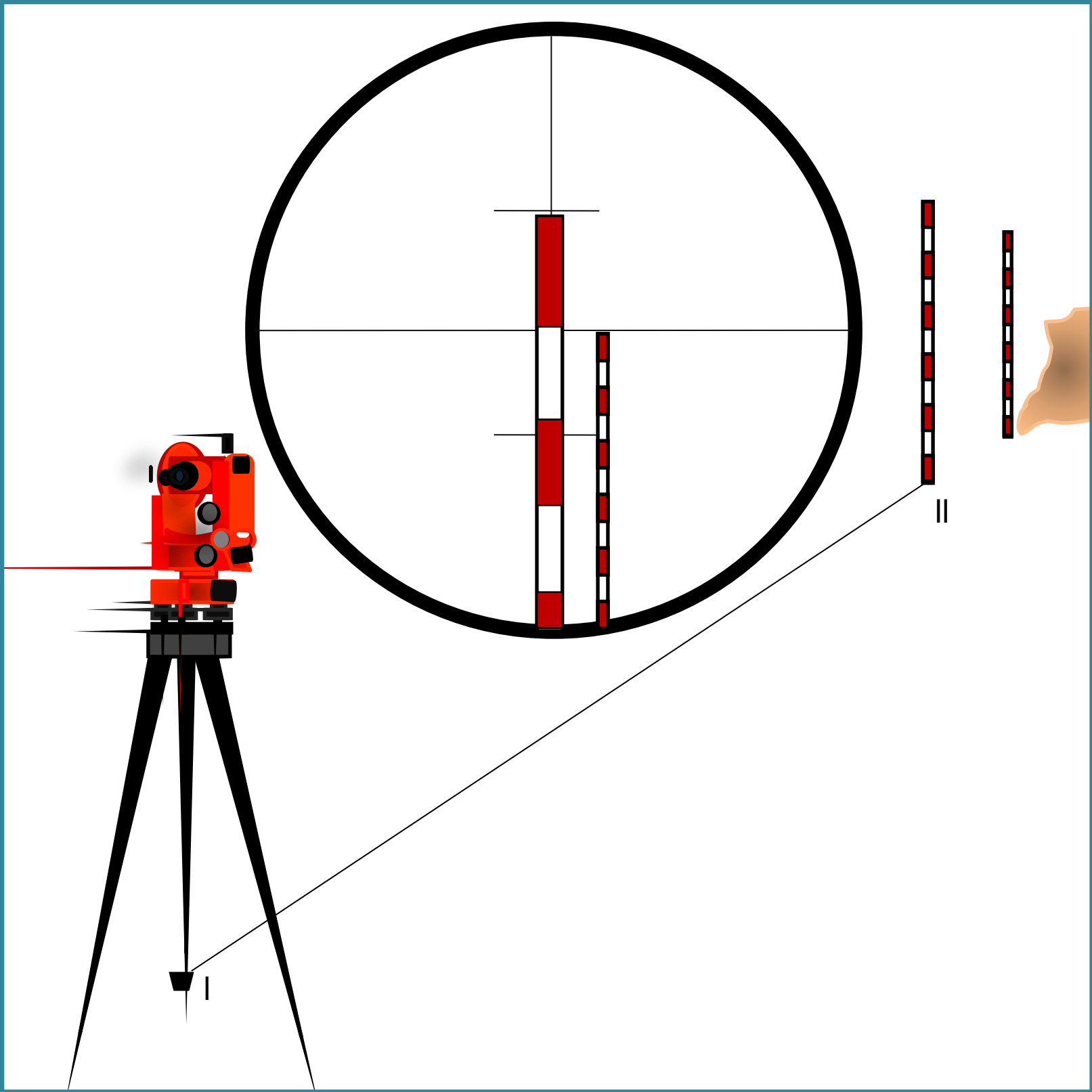


Полученные результаты выносятся на абрис. При съемке местности перпендикуляры опускают из снимаемых точек на стороны теодолитного хода с помощью эккера, либо на глаз, если расстояние до линии теодолитного хода не превышает 10 м. в масштабе 1:5000, 8м.-1:2000, 6м.-1:1000 и 4м. – 1:500.

## **Способ створов.**

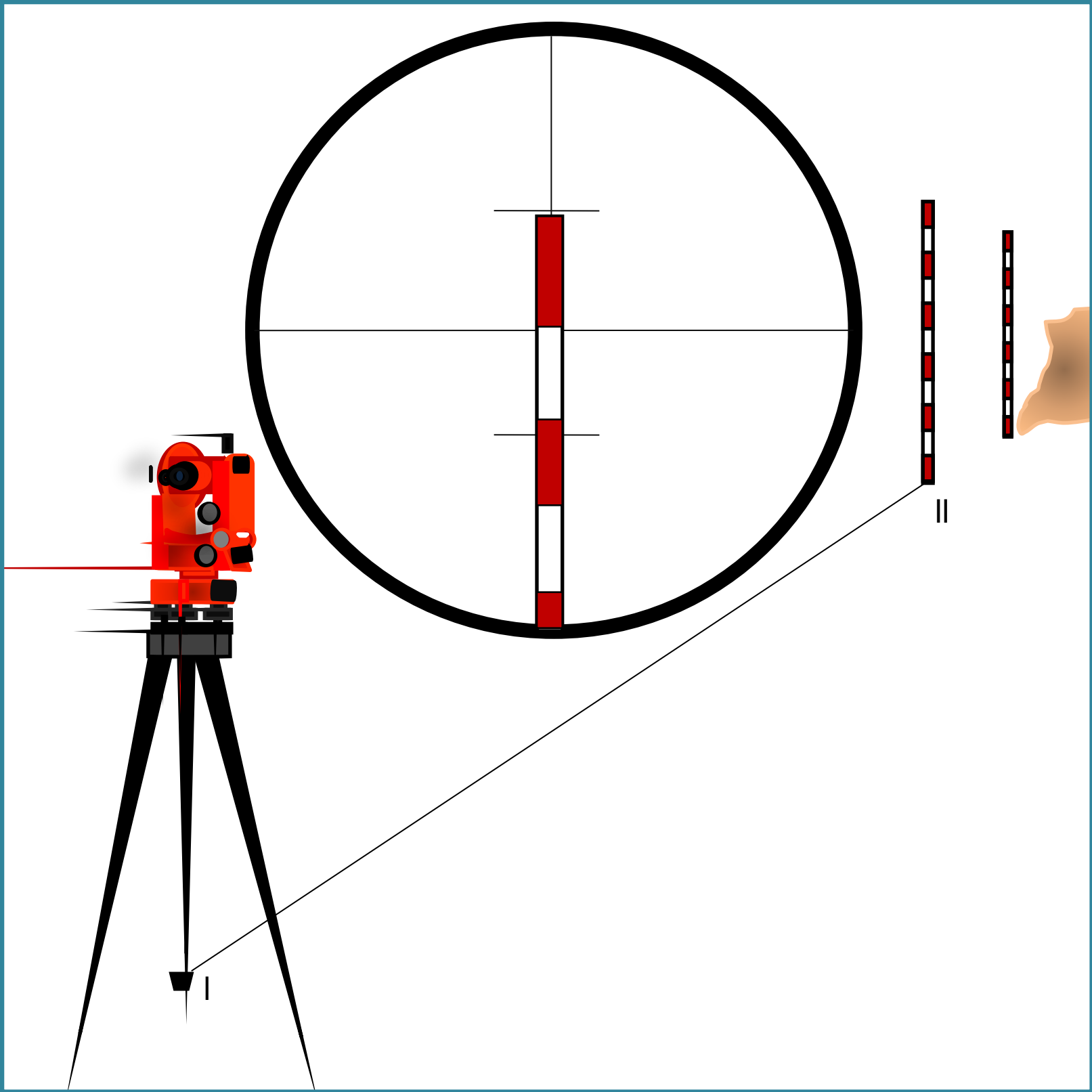
Способ створов применяется в тех случаях когда определяемая точка, находится на продолжении линии теодолитного хода или линии с четко известным направлением и расстоянием, например на продолжении линии снятой способом полярных координат. Теодолит устанавливается над точкой I, являющейся вершиной теодолитного хода, наводится на вешку, установленную на другом конце теодолитного хода II. Вешка установленная на точке снимаемой способом створом (на рисунке край оврага), должна закрываться вешкой установленной на точке II. Для этого ее перемещают до тех пор, пока наблюдатель находящийся за теодолитом не увидит, что она закрыта предыдущей вешкой.





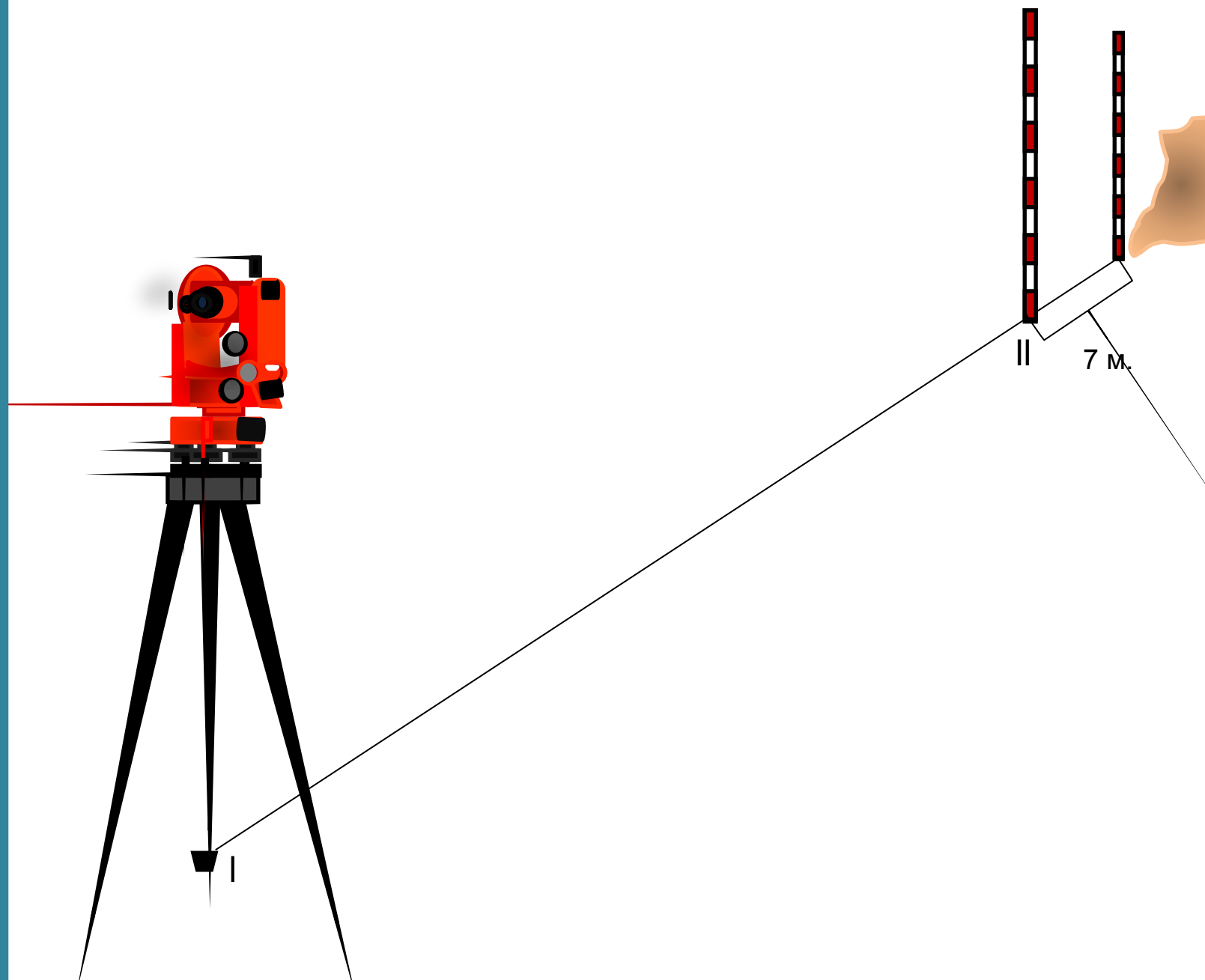
I

II





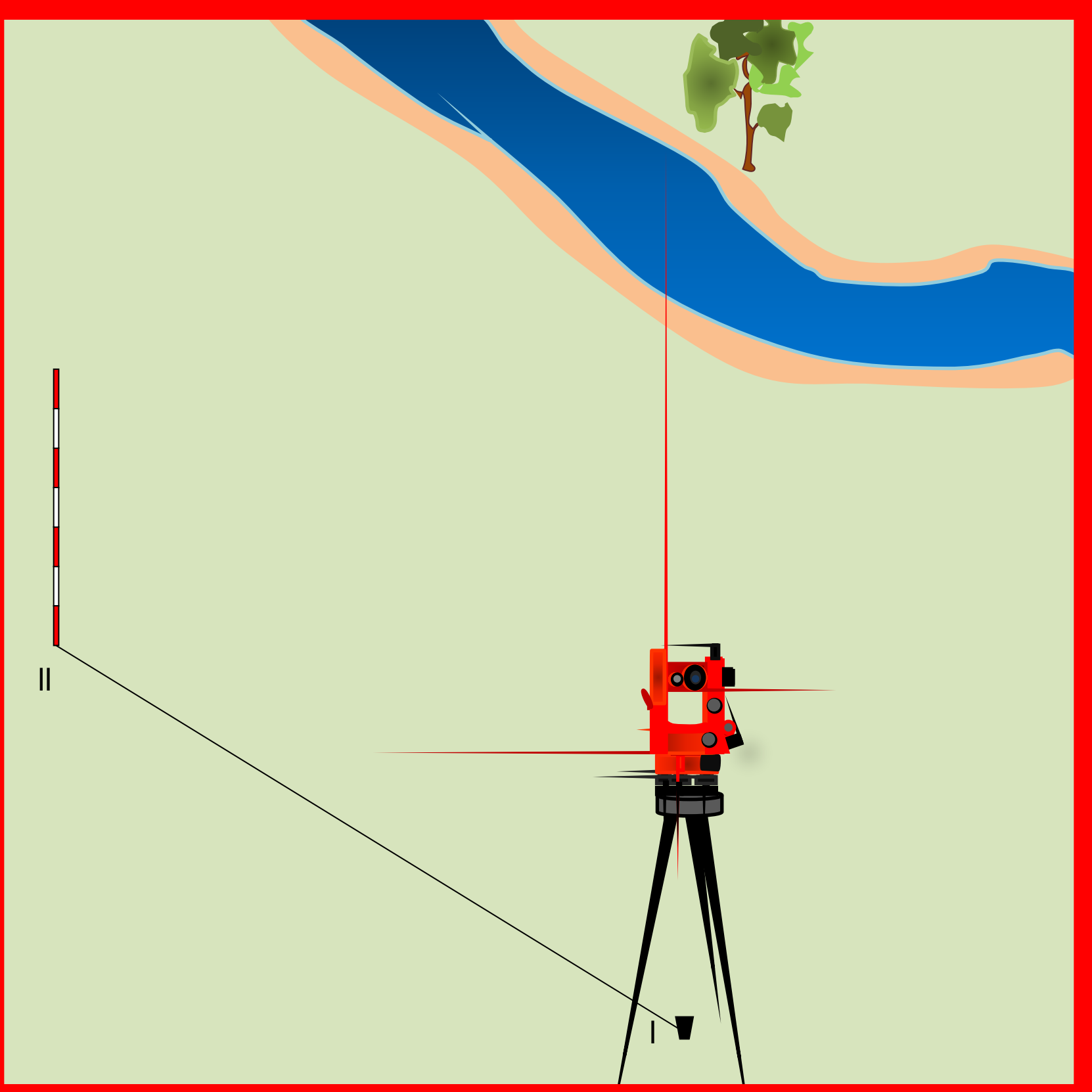
Замеряем расстояние от точки II, до определяемой точки на краю оврага.  
Данные выносим на абрис.

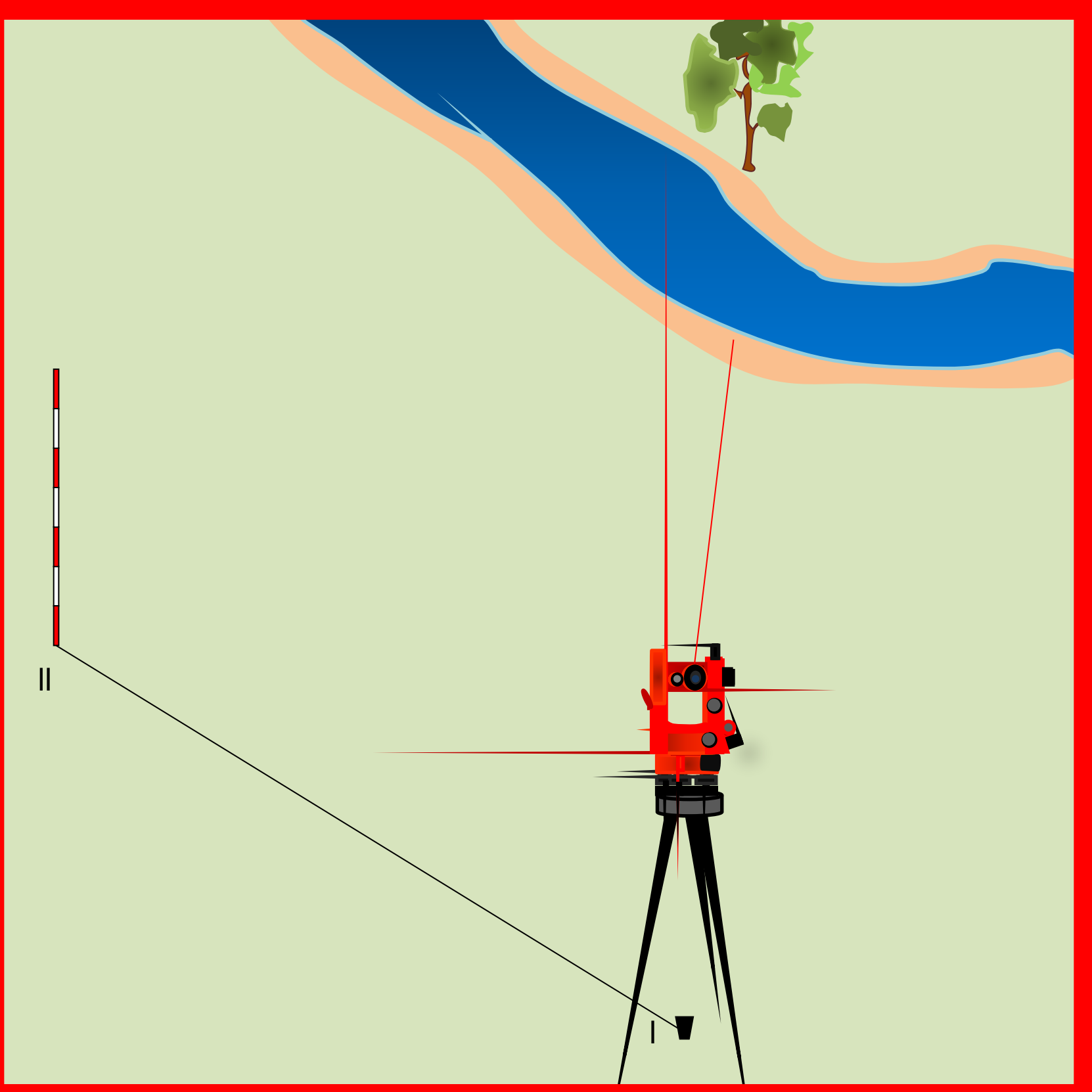


## **Способ угловых засечек.**

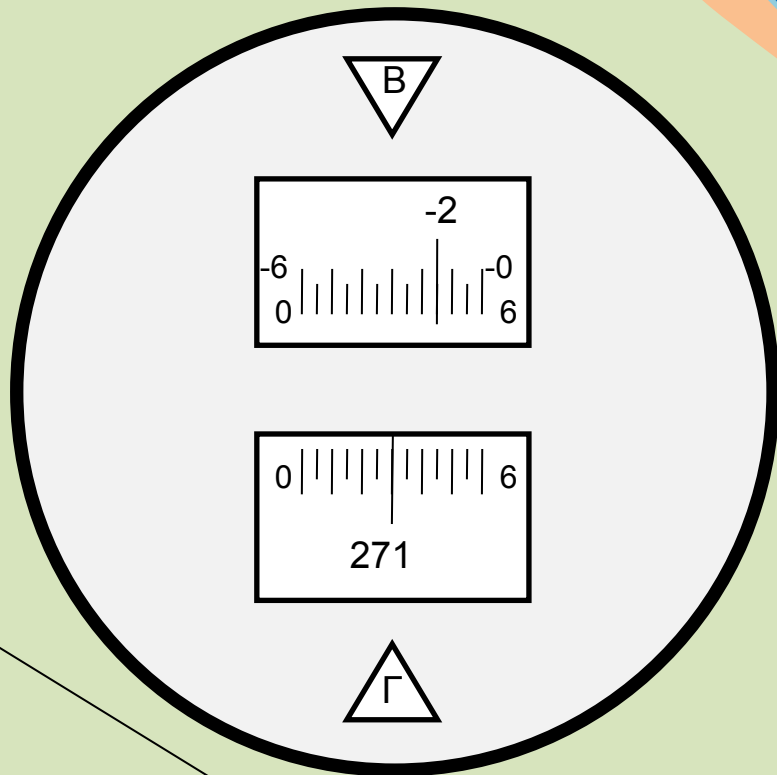
Наиболее выгодно применять этот способ при определении положения точек, расположенных в труднодоступных местах. Угол засечки в этом случае должен быть не менее  $30^\circ$  и не более  $150^\circ$ . Например необходимо определить положение дерева на противоположной стороне реки.

Теодолит устанавливается над точкой координатного хода 1, наводится на определяемый объект и берется отсчет при круге лево (КЛ1).

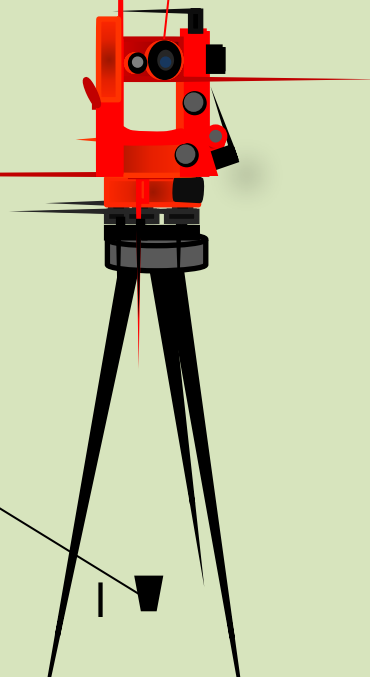




КЛ1 = 271°29'

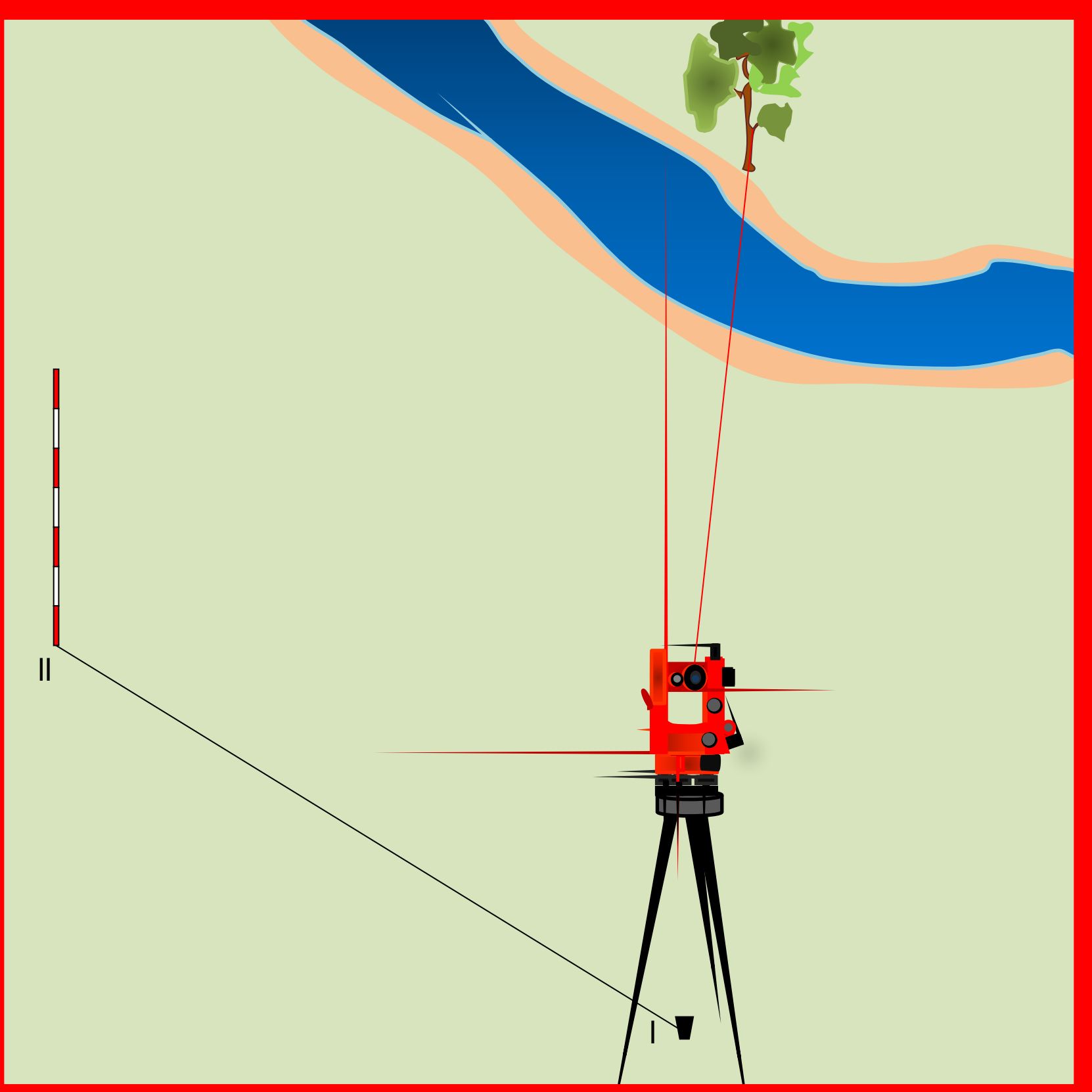


||

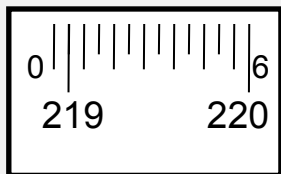
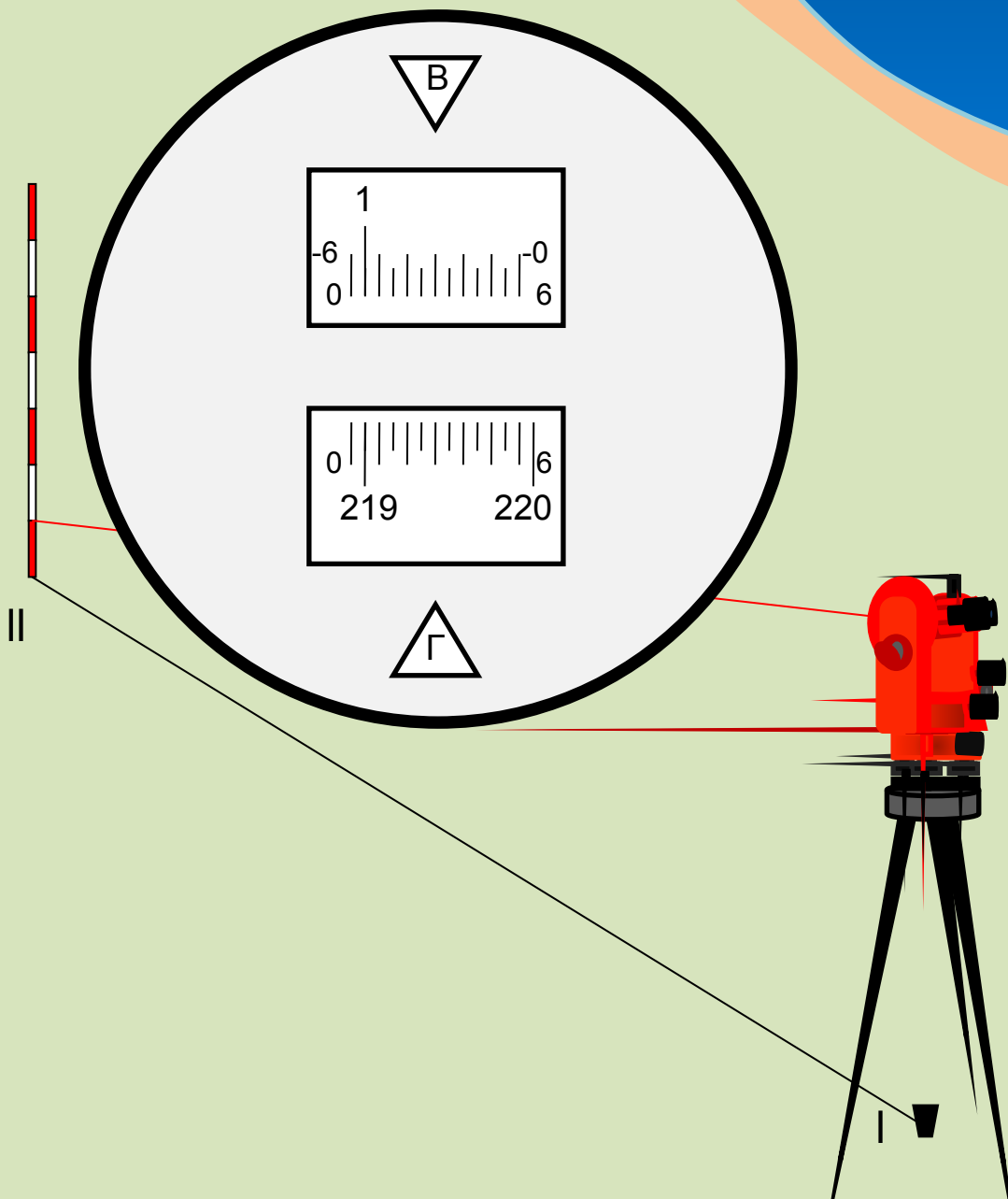


I

Затем теодолит переводится на вешку установленную на точке II и берется отсчет КЛ2.



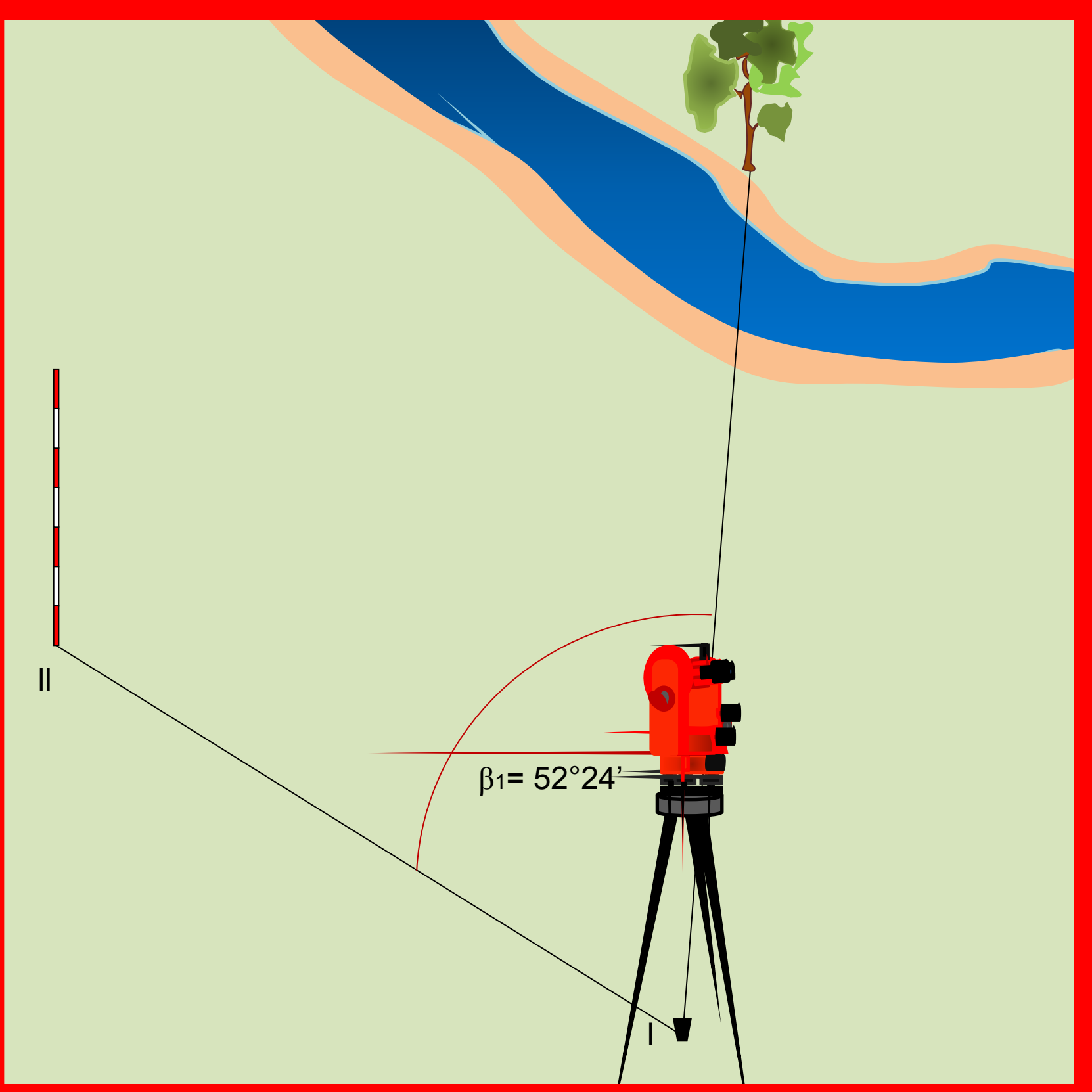
КЛ2 = 219°05'





$$\text{Угол } \beta_1 = \text{КЛ2} - \text{КЛ1} = 271^\circ 29' - 219^\circ 05' = 52^\circ 24'$$

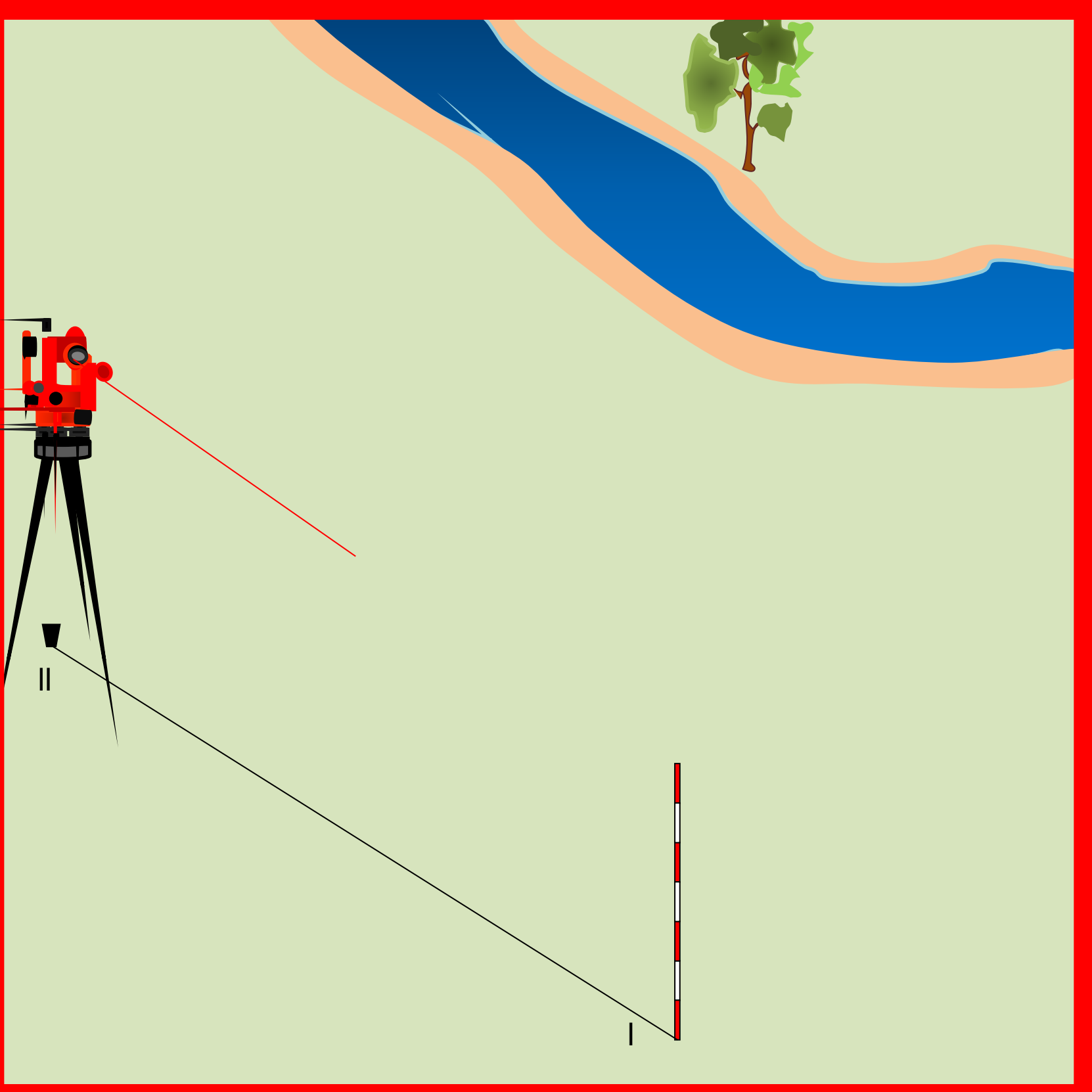
Переносим теодолит в точку II и, наводим его на вешку установленную на точке I.



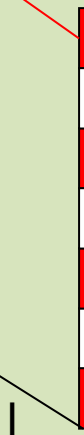
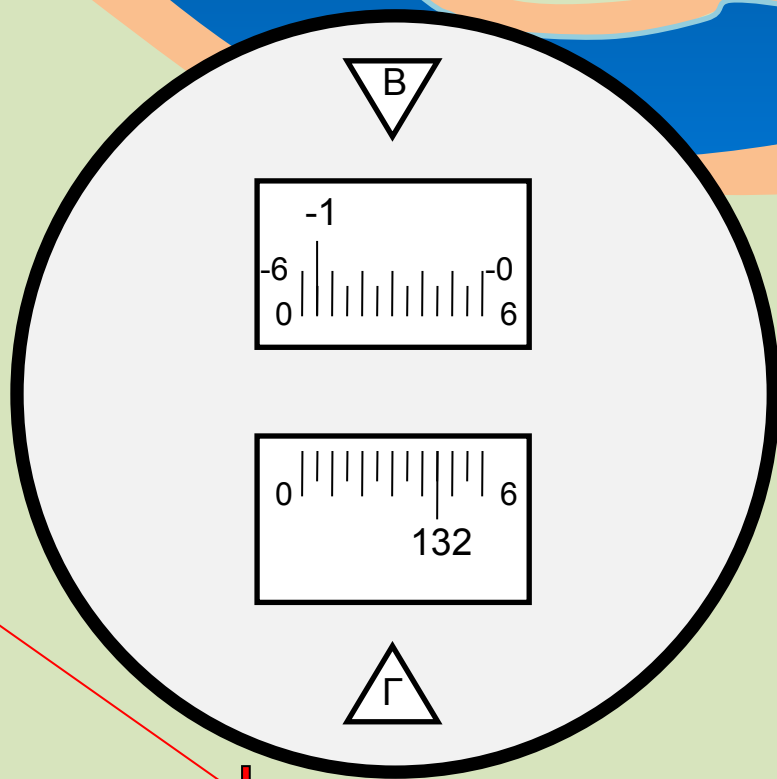
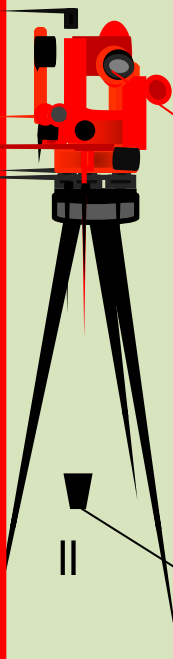
$\beta_1 = 52^\circ 24'$

II

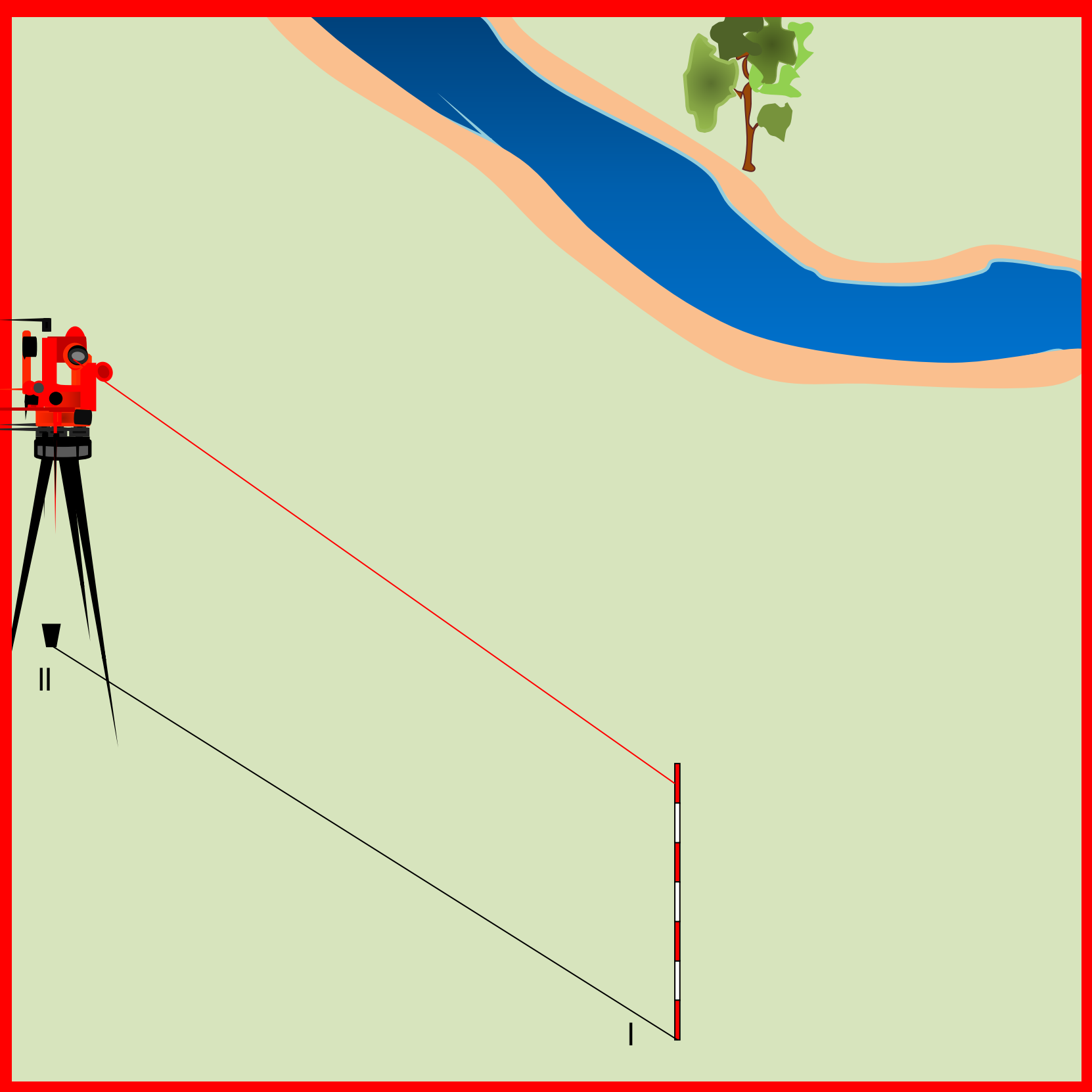
I

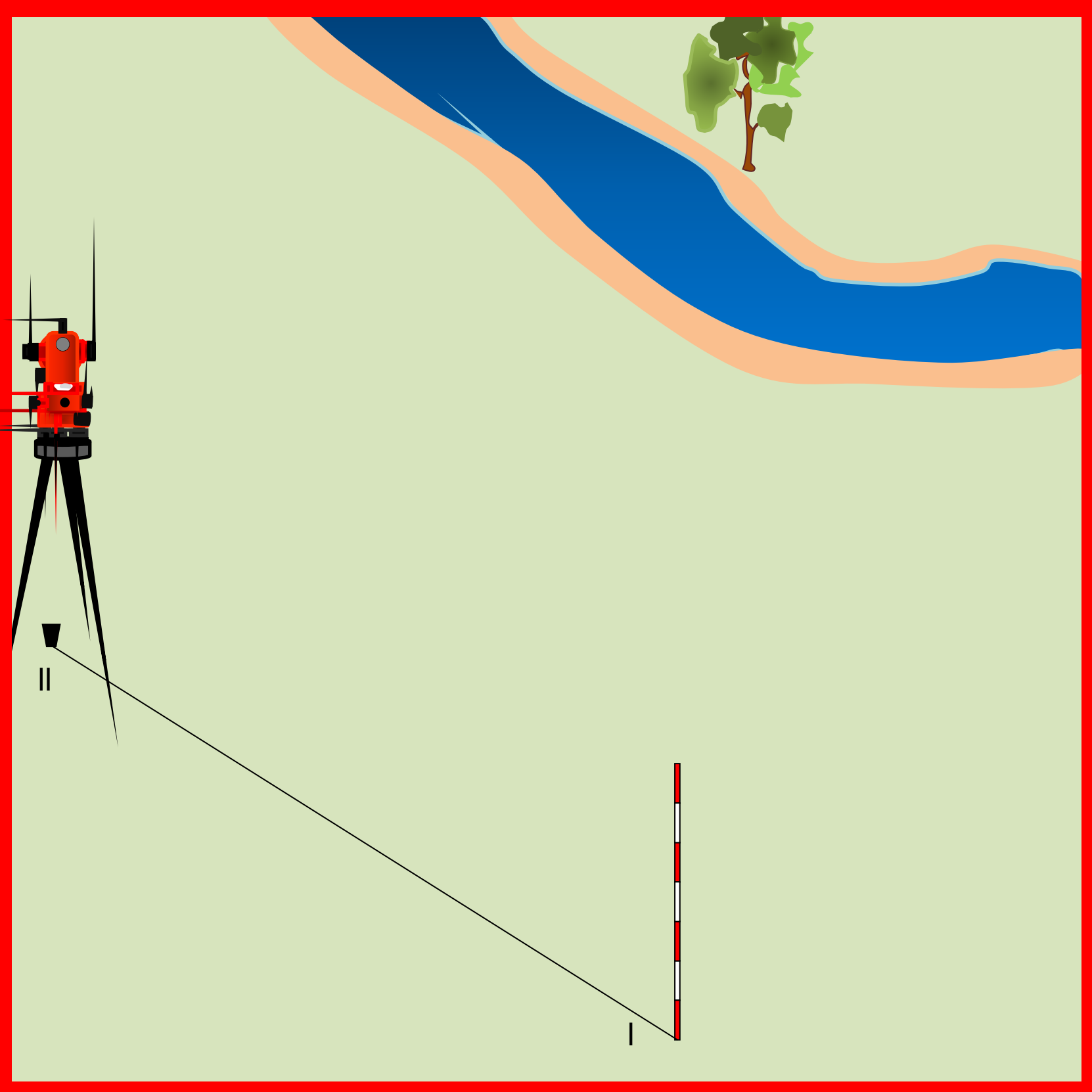


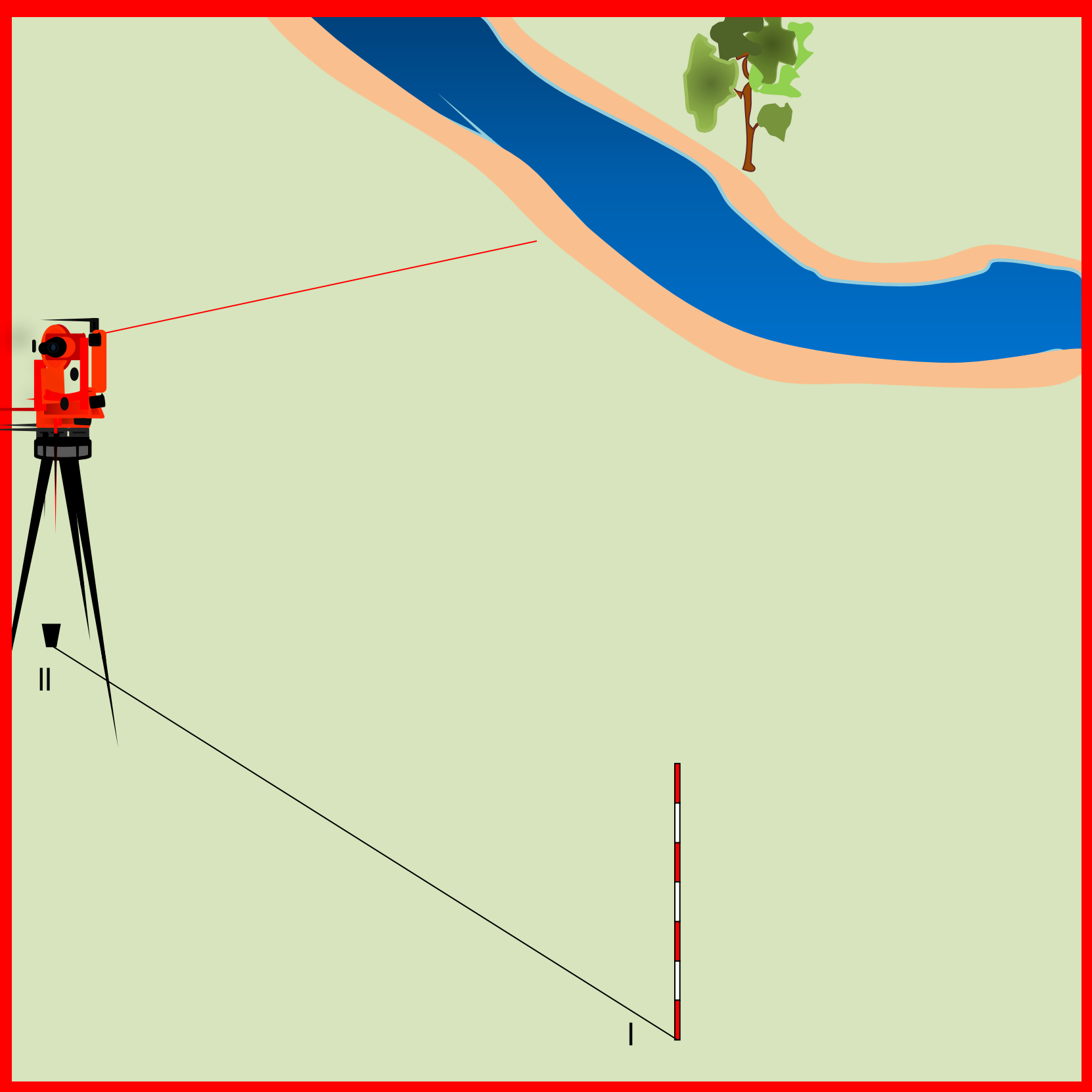
КЛ1 = 132°45'



Переводим трубу теодолита на дерево и берем отсчет КЛ2.

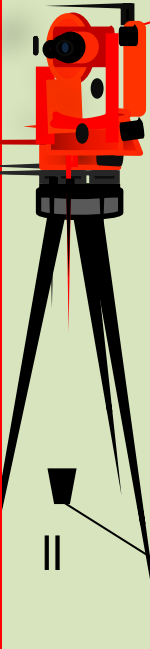
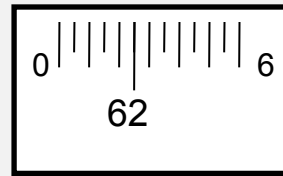
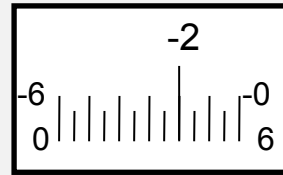








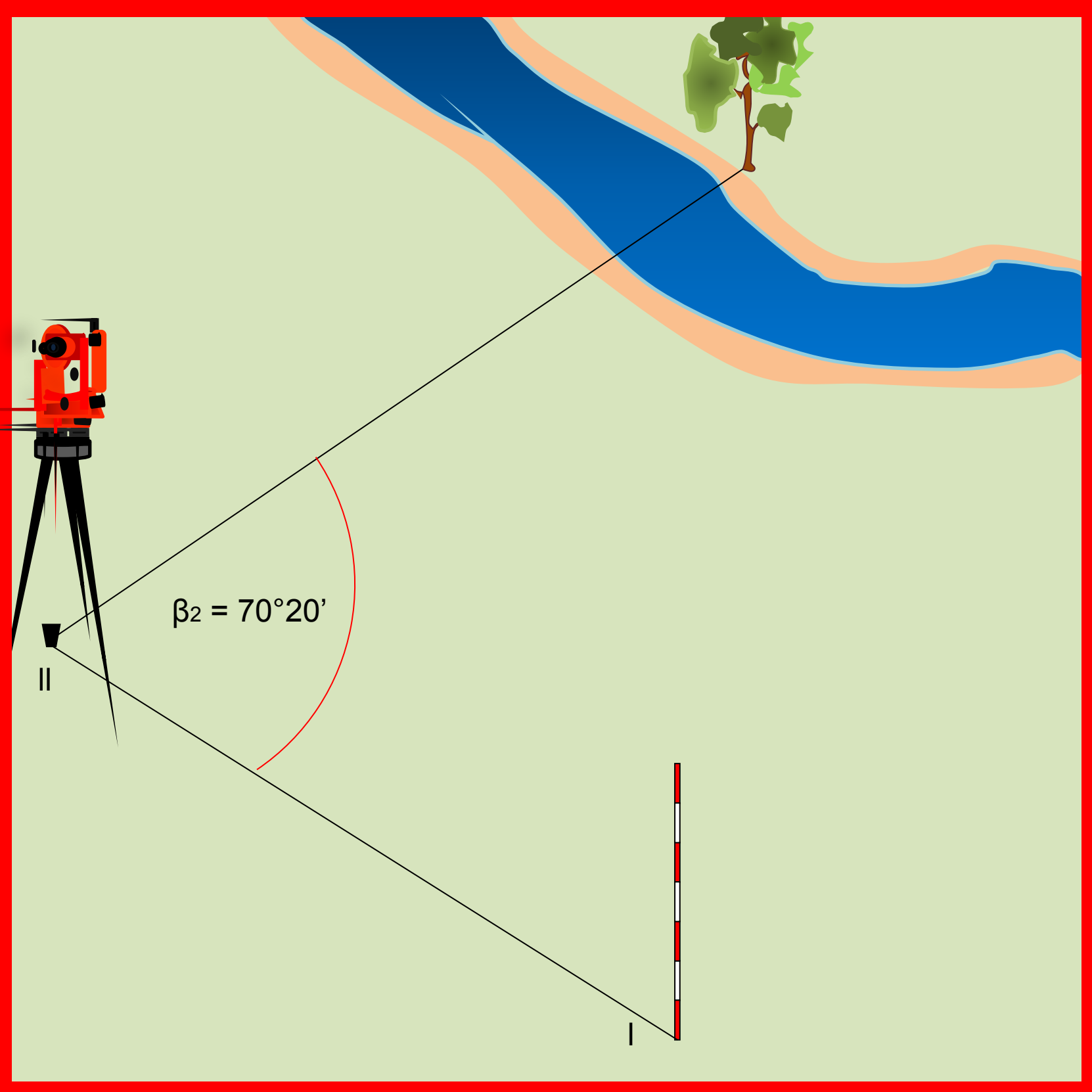
КЛ2 = 62°25'



||

I

Угол  $\beta_2 = \text{КЛ1} - \text{КЛ2} = 132^\circ 45' - 62^\circ 25' = 70^\circ 20'$   
Угол засечки равен  $180^\circ - 70^\circ 20' - 52^\circ 24' = 57^\circ 16'$



$\beta_2 = 70^\circ 20'$

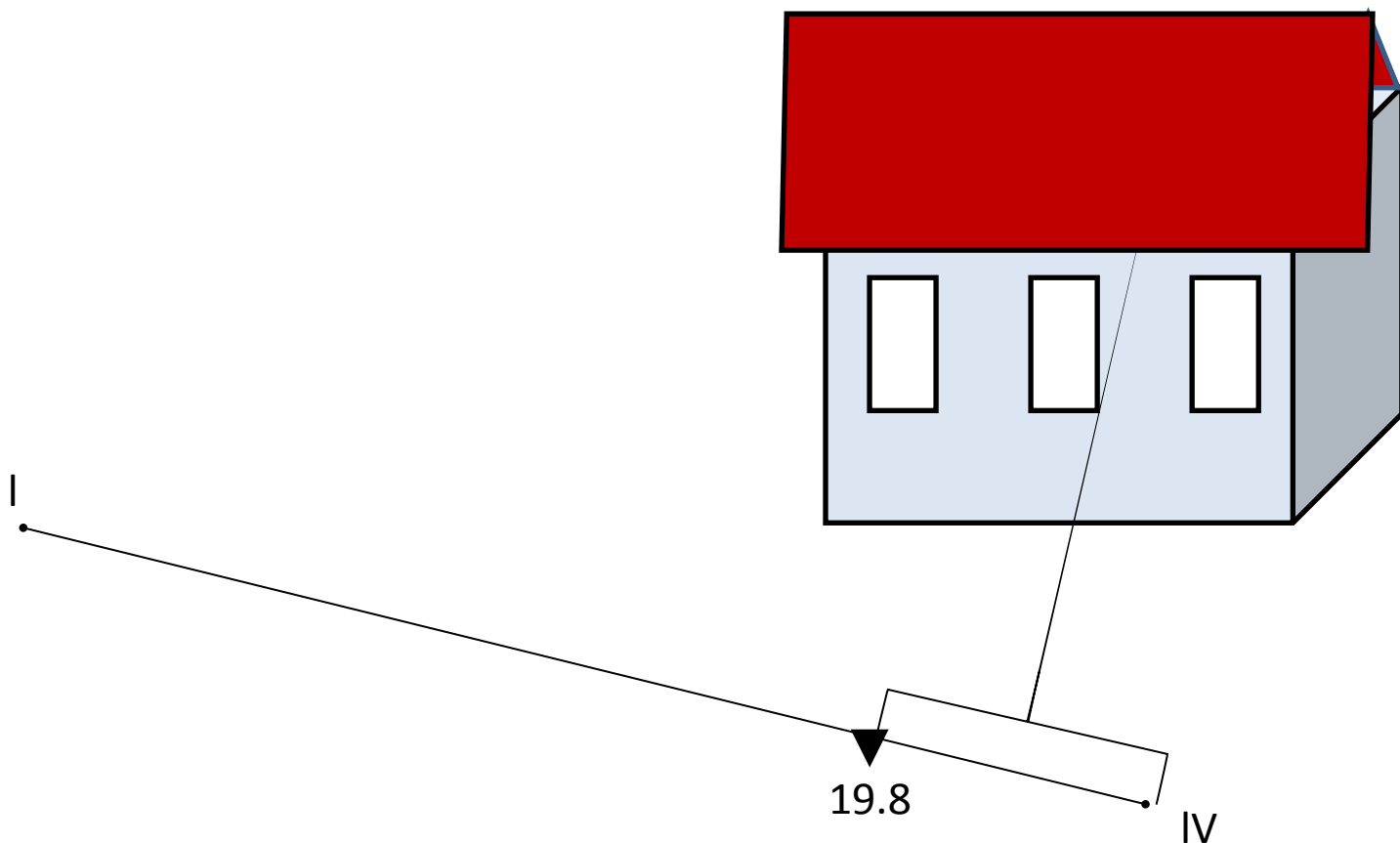
II

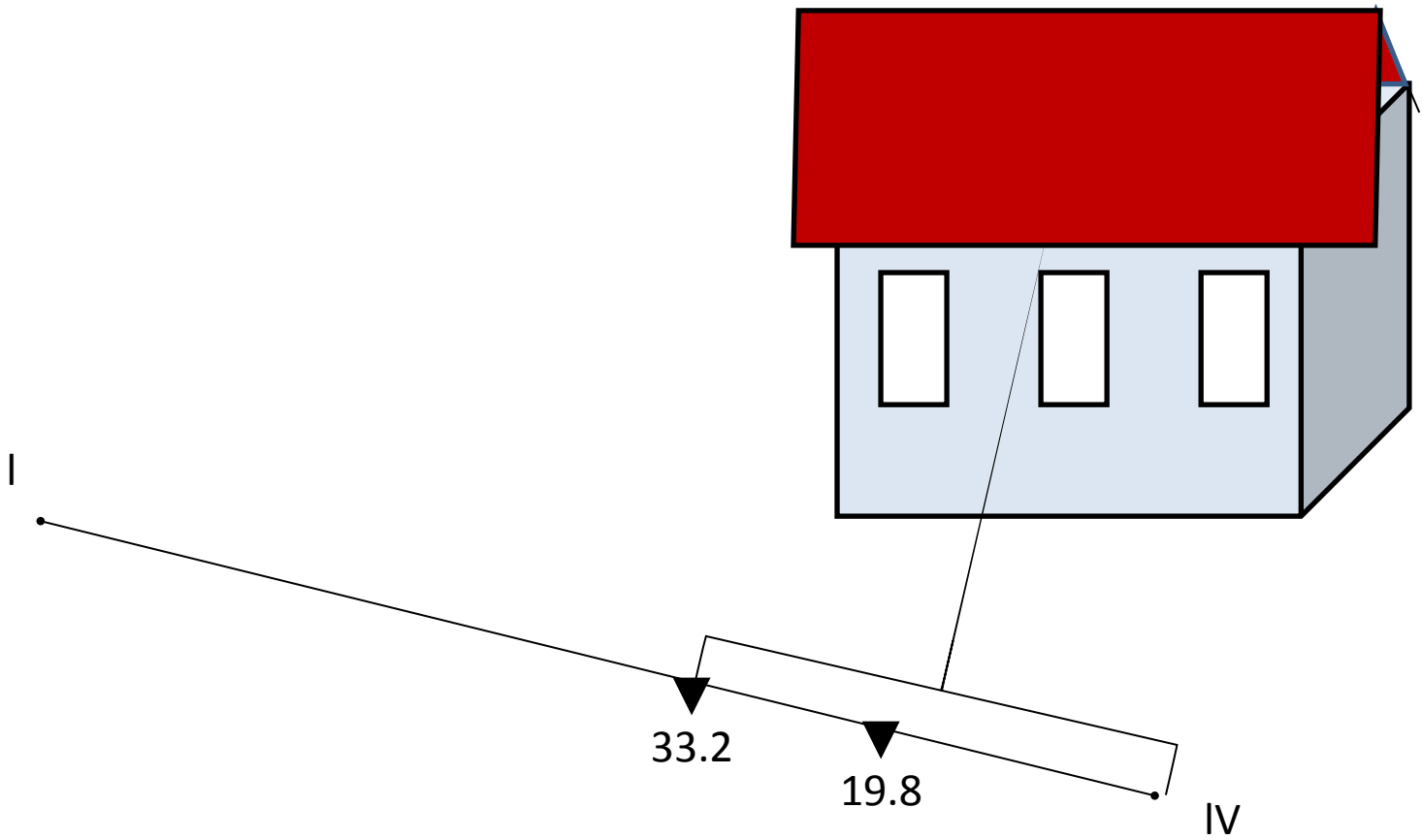
I

## **Способ линейных засечек.**

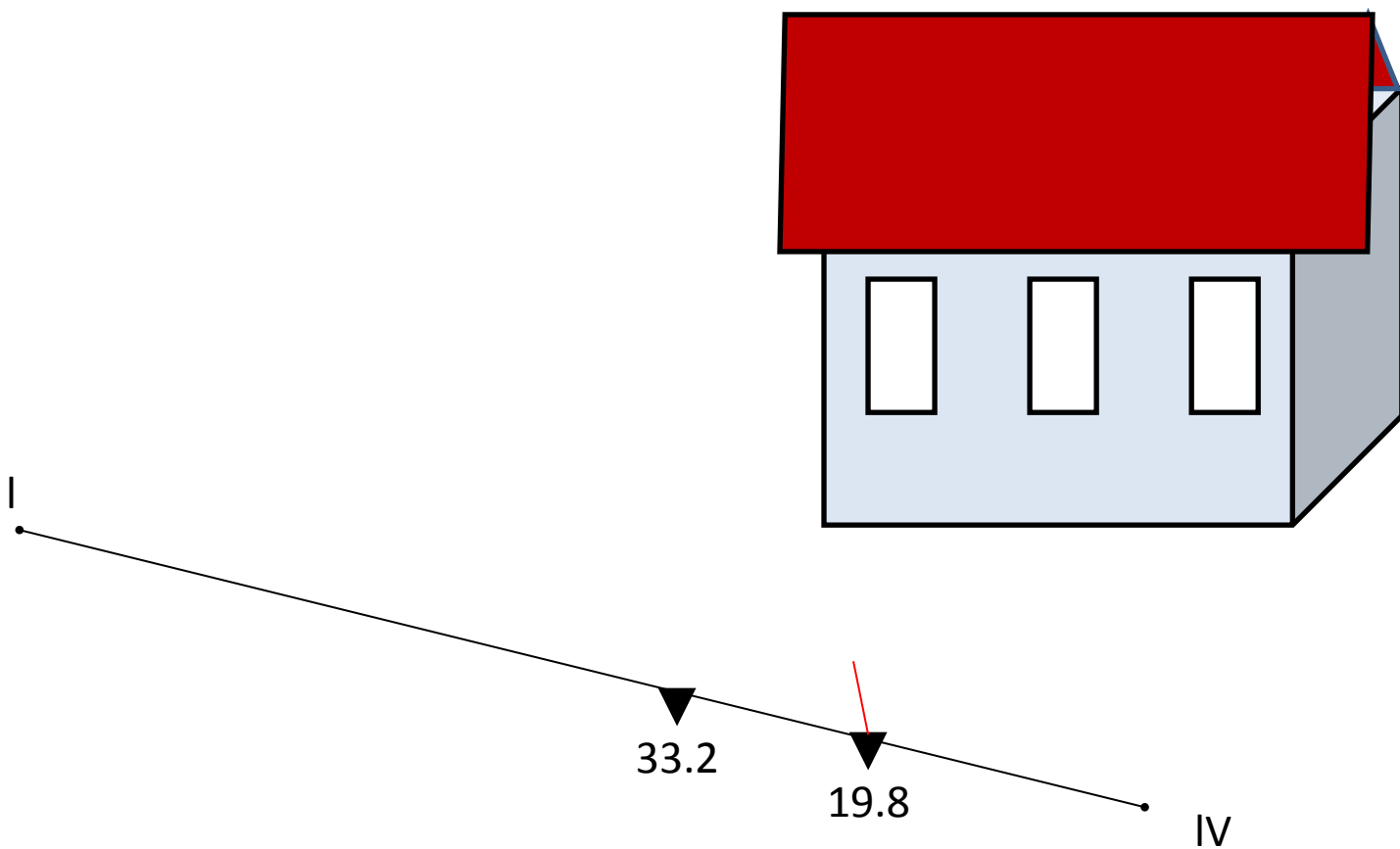
Этот способ наиболее широко применяется при строительных работах, при съемке снаружи и внутри зданий.

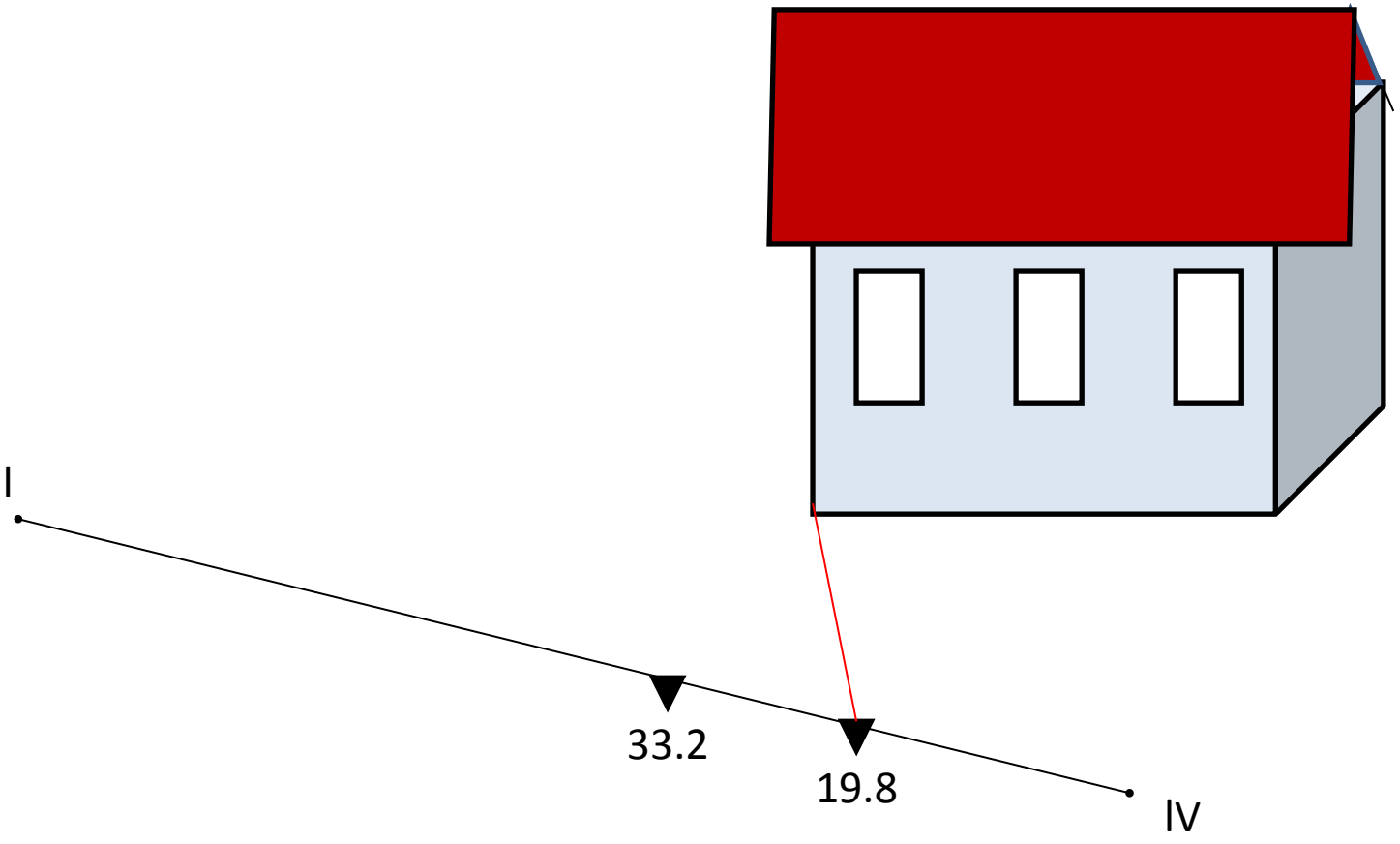
На местности измерения выглядят следующим образом. По линии IV – I от точки IV, с помощью рулетки, откладываются расстояния 19.8 и 33.2 метра.



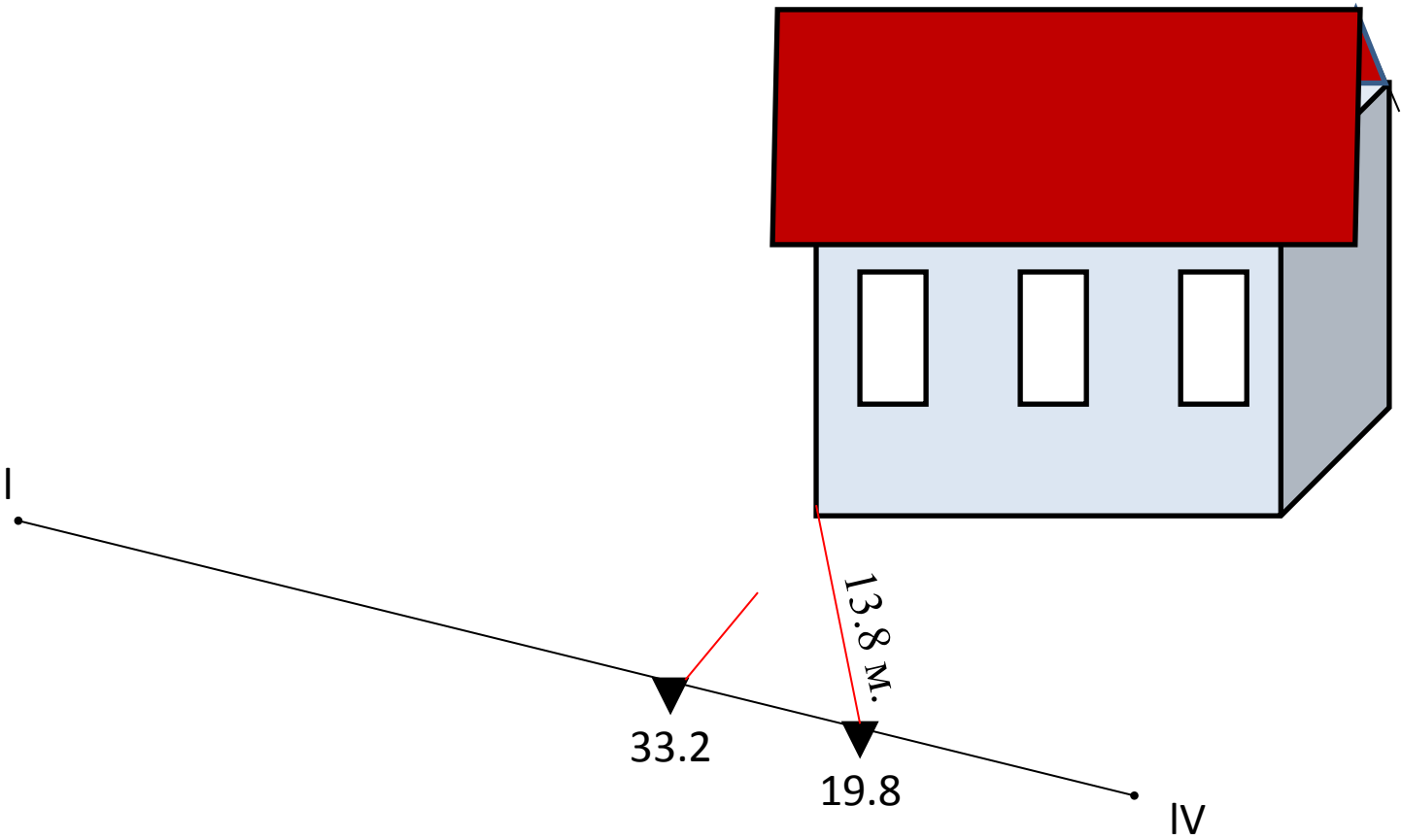


Затем из полученных точек, с помощью рулетки, измеряем расстояния до угла здания.

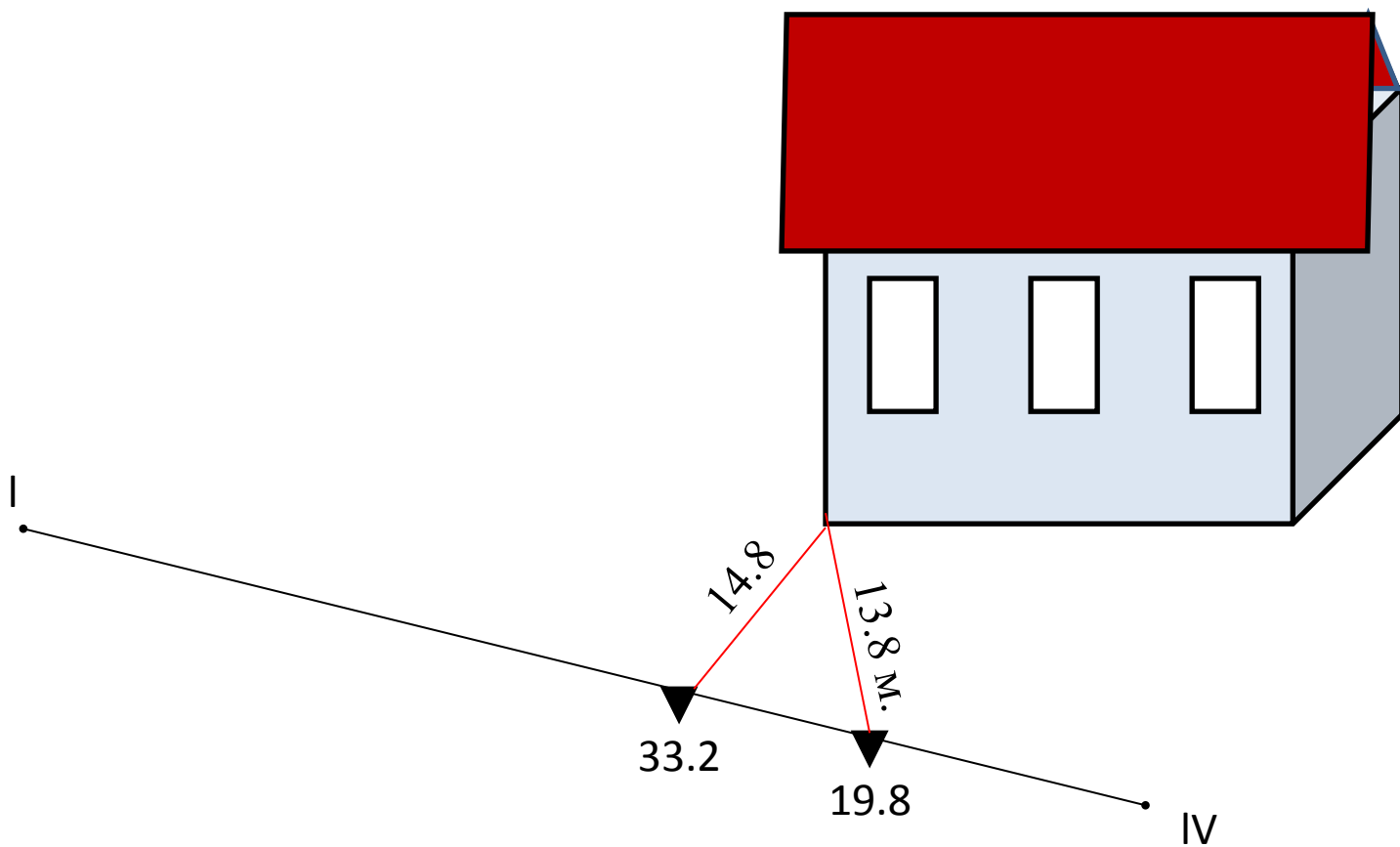








Полученные результаты выносим на абрис.

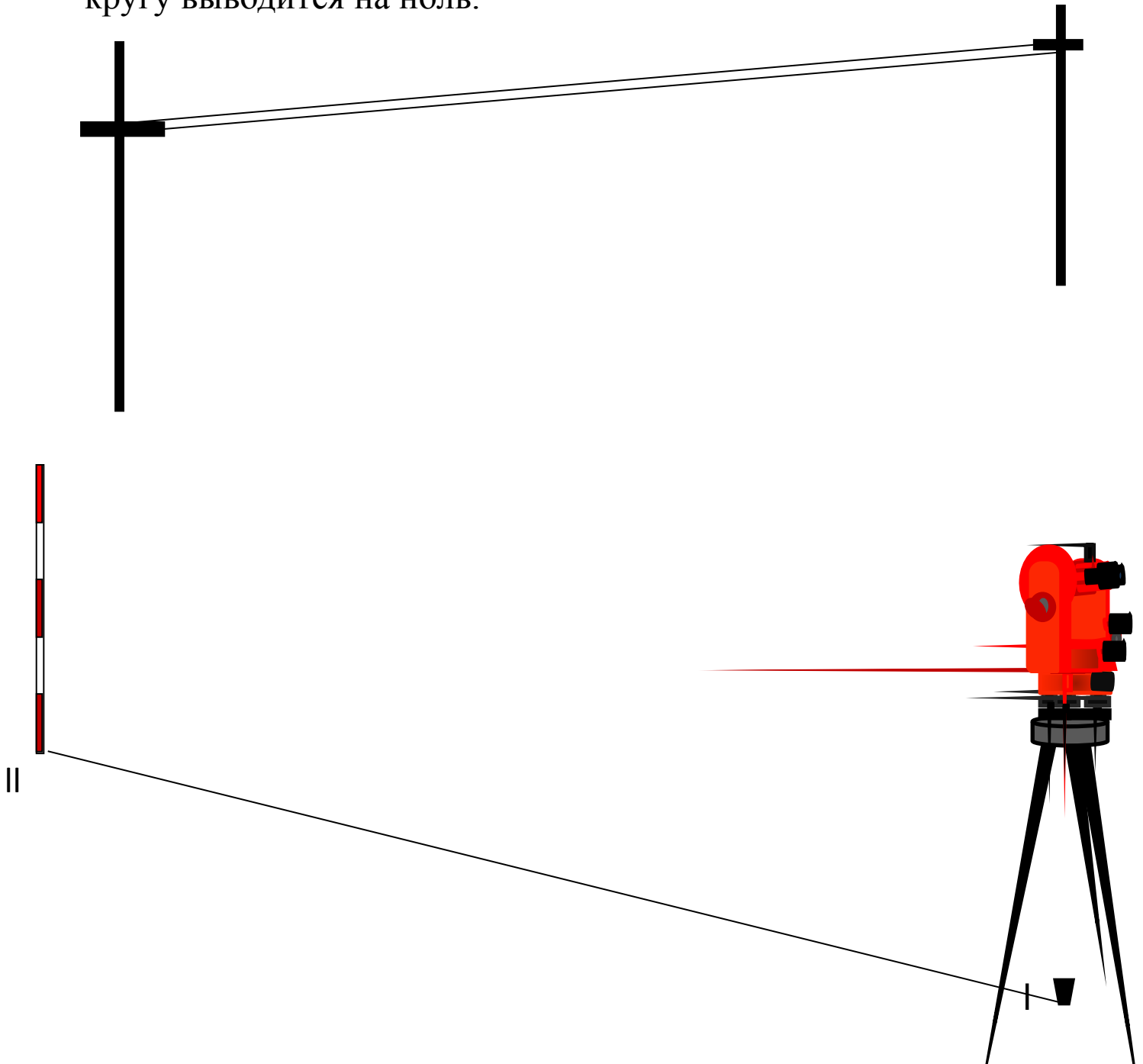


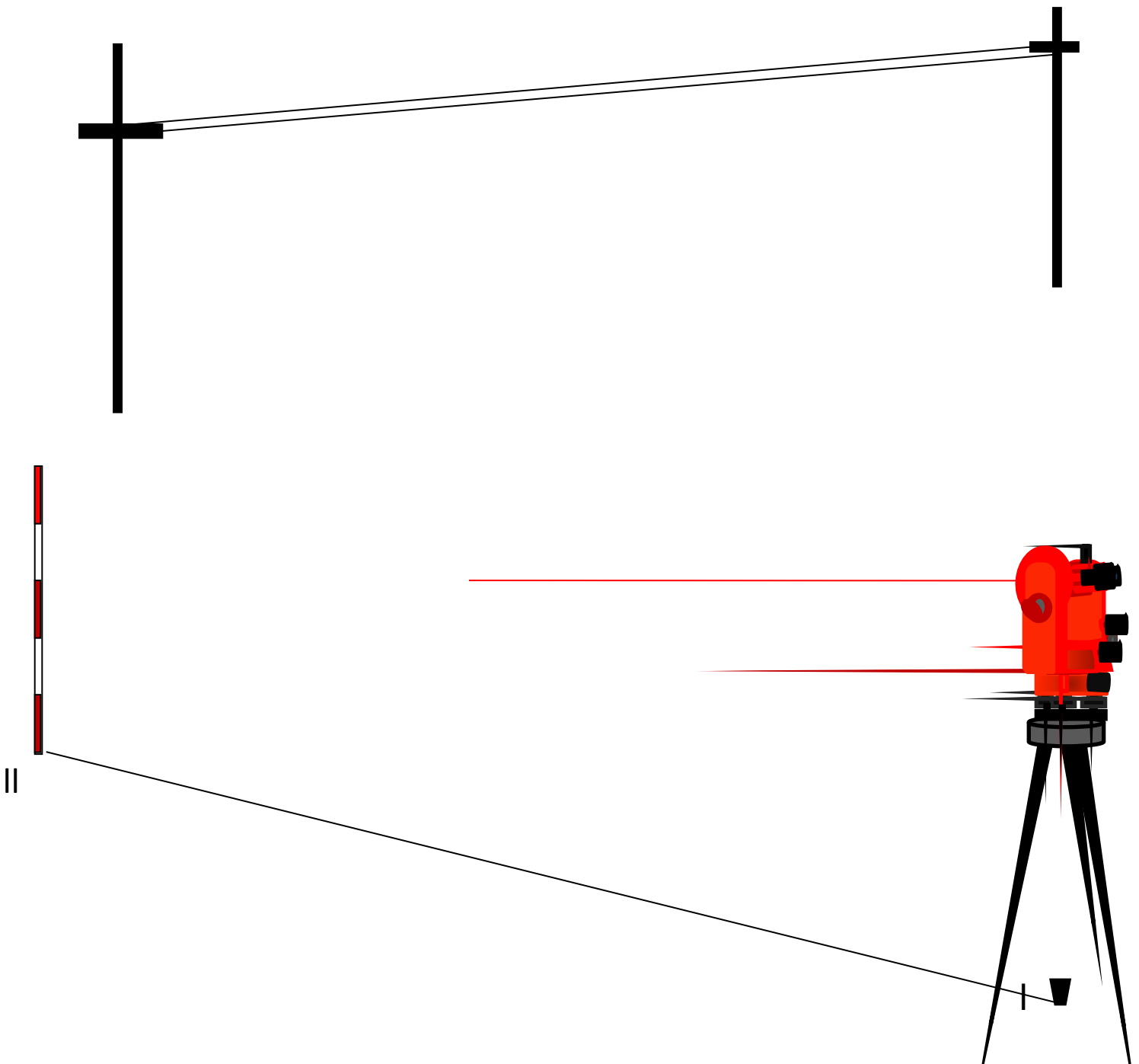
## **Способ полярных координат.**

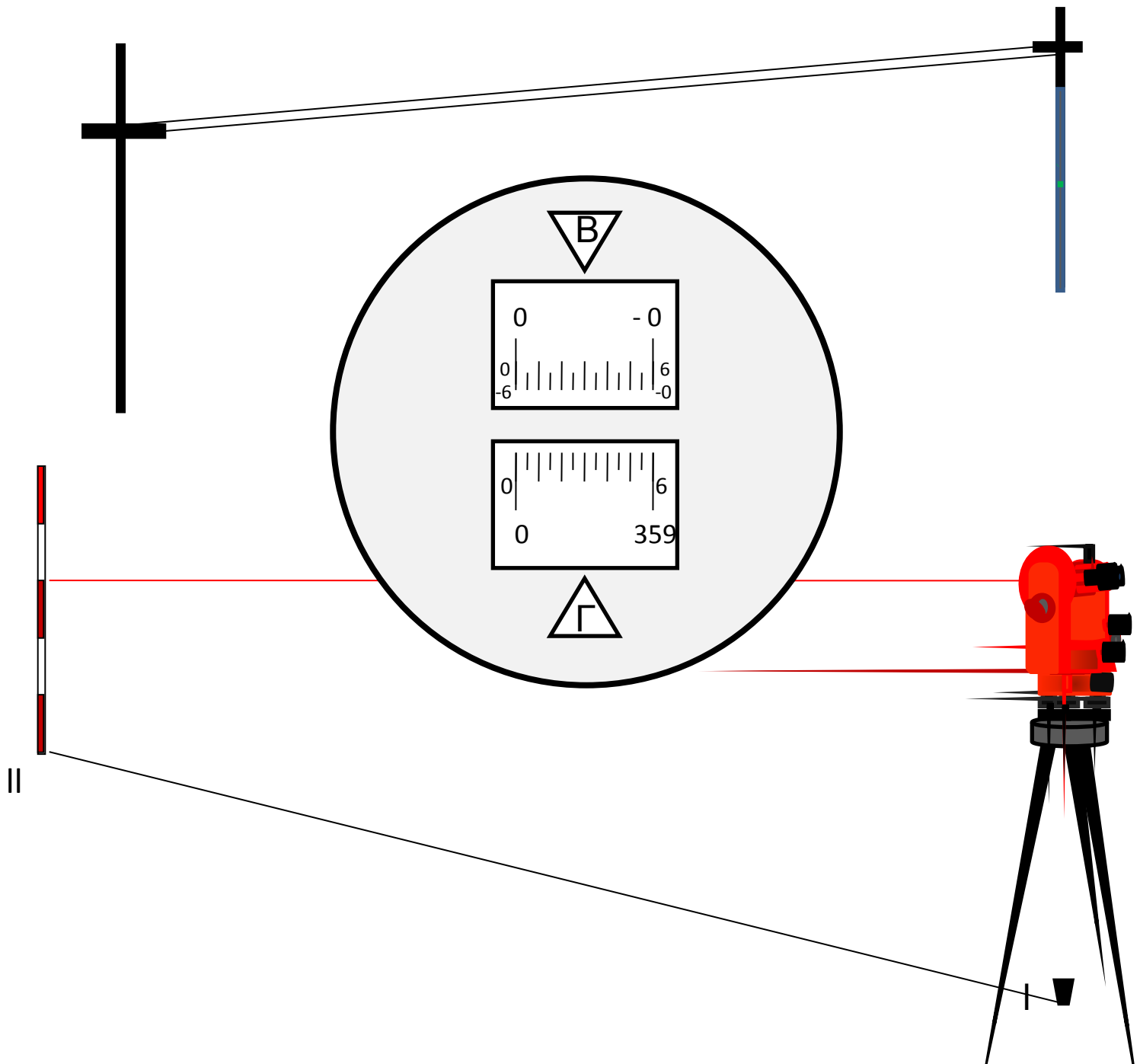
Суть способа полярных координат заключается в том, что положение точки определяется углом , отложенным от известного направления и расстоянием до нее от полюса.

Например: требуется определить положение опоры линии электропередач. Измерения производятся в следующей последовательности.

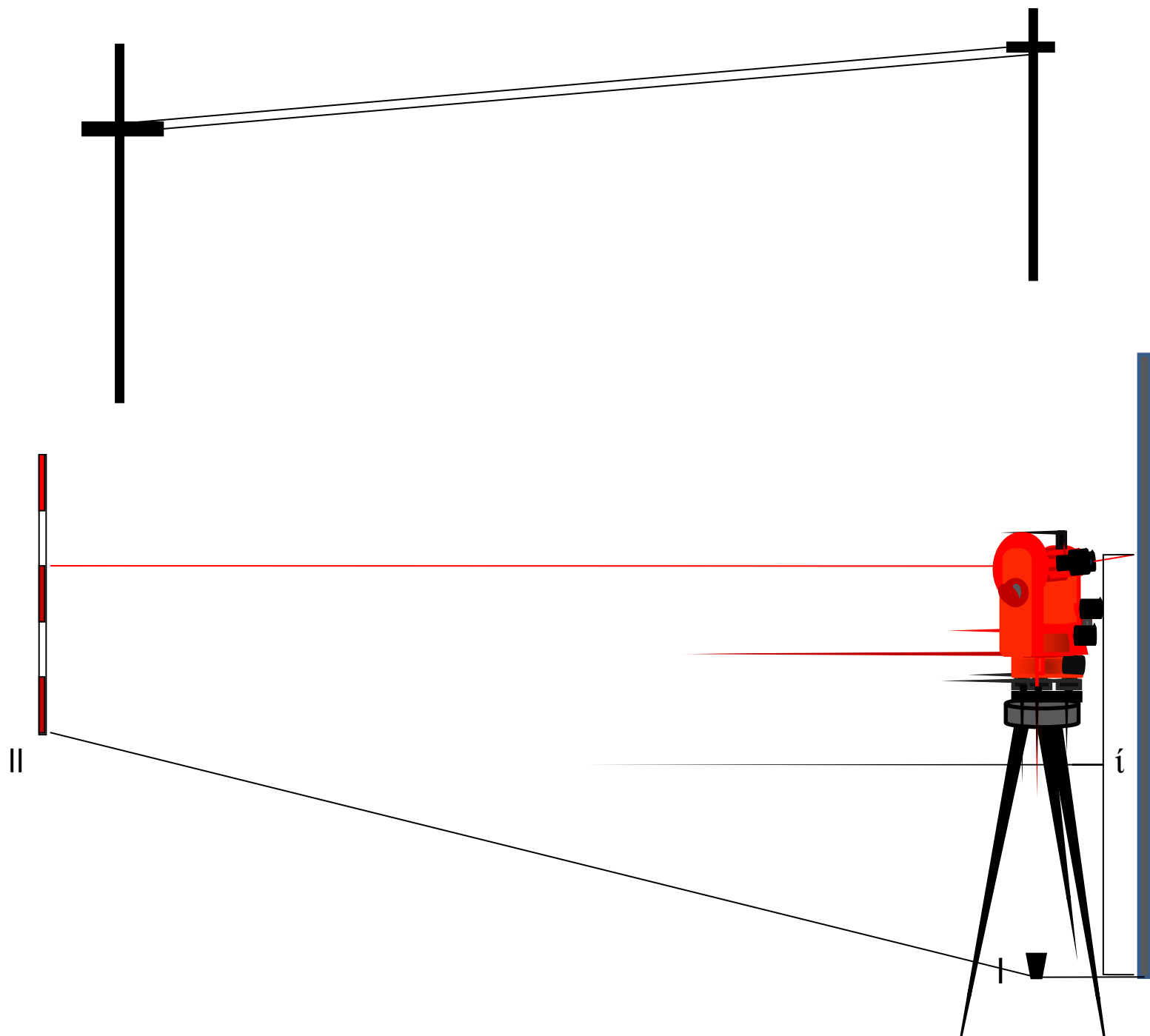
1. Теодолит устанавливается над точкой теодолитного хода № 1 и наводится на вешку, установленную на точке II. Закрепляются винты лимба и алидады и рукояткой лимба отсчет по горизонтальному кругу выводится на ноль.



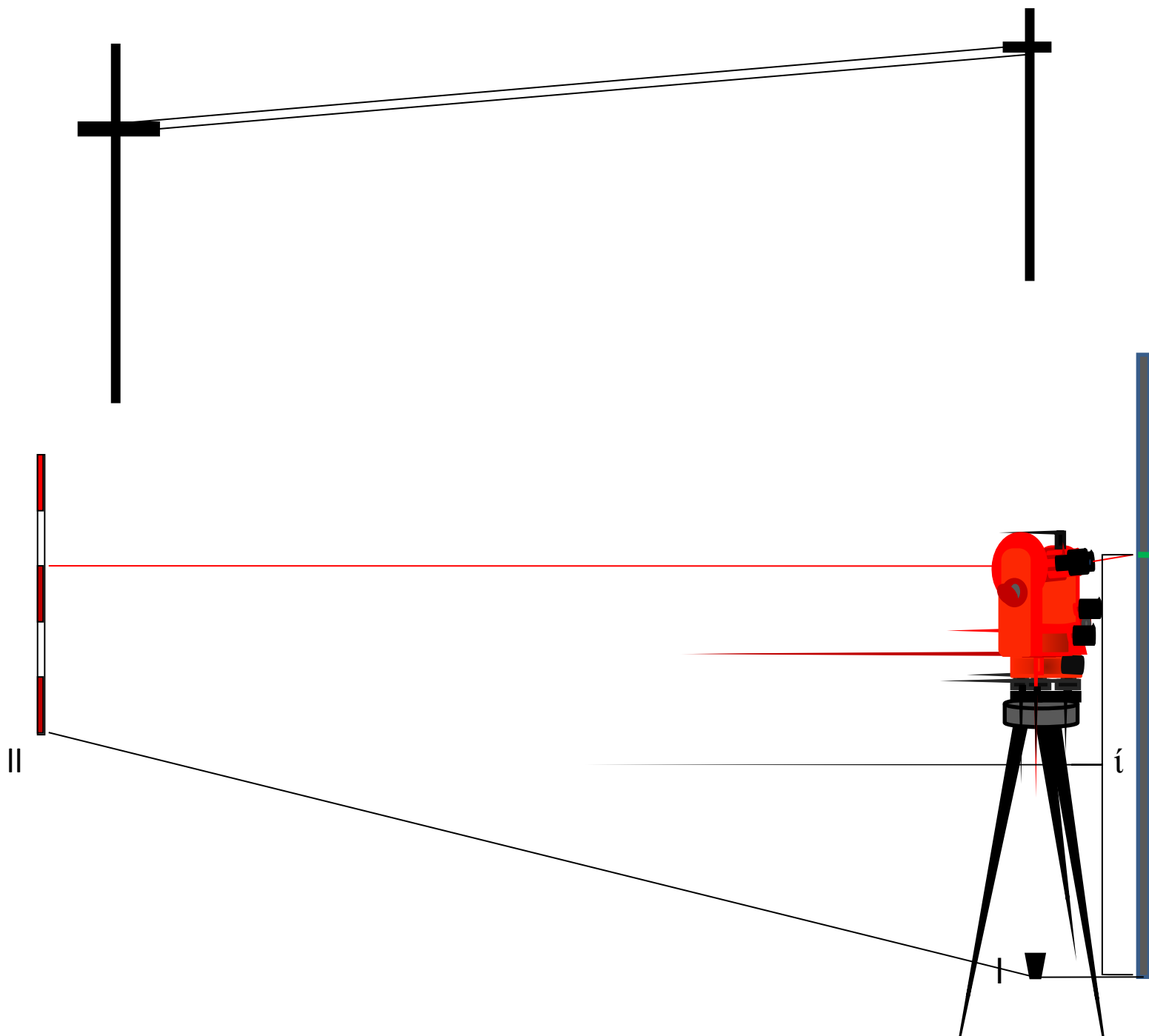




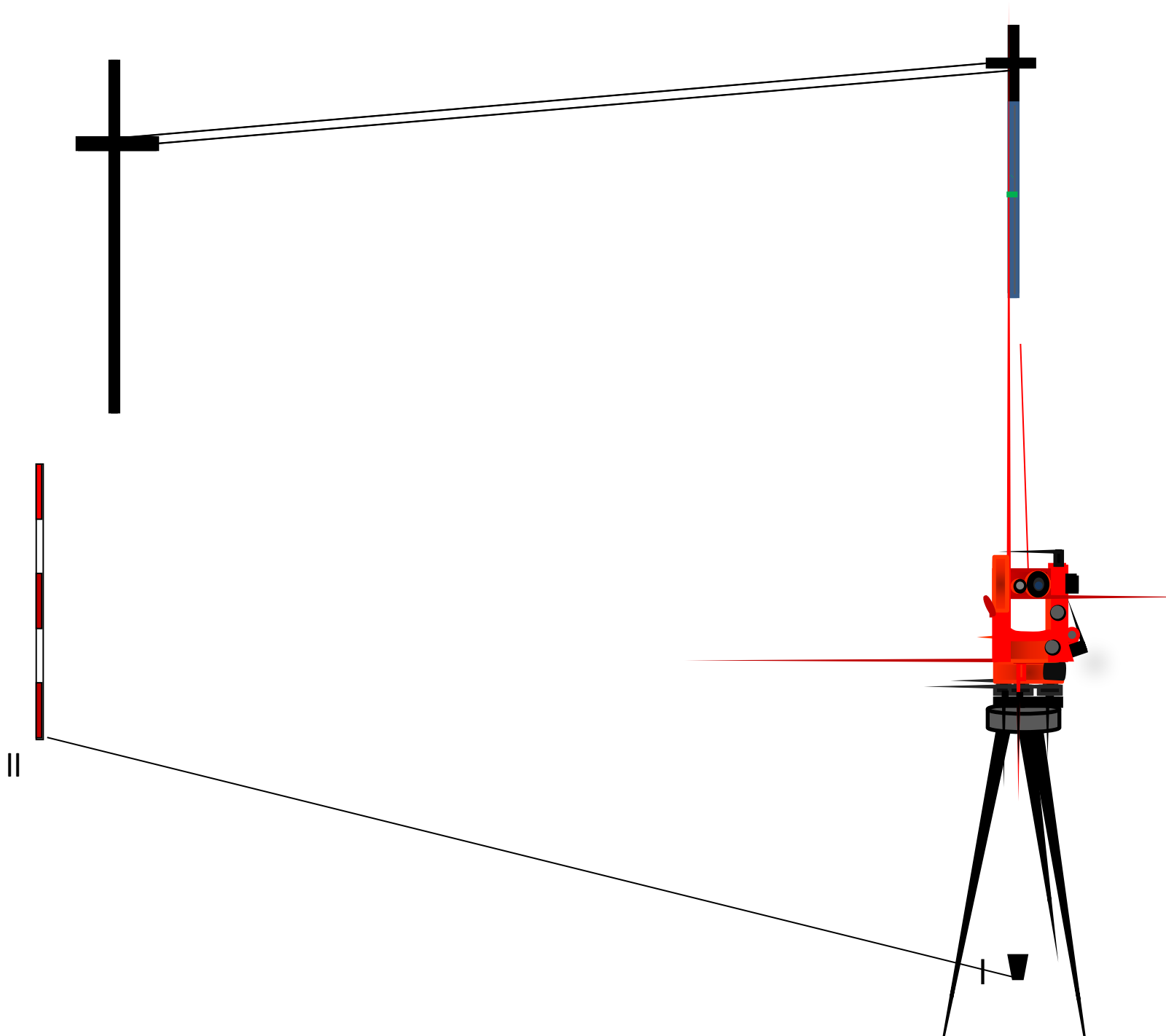
2. Измеряем высоту прибора  $i$ , и делаем на рейке отметку равную высоте прибора.



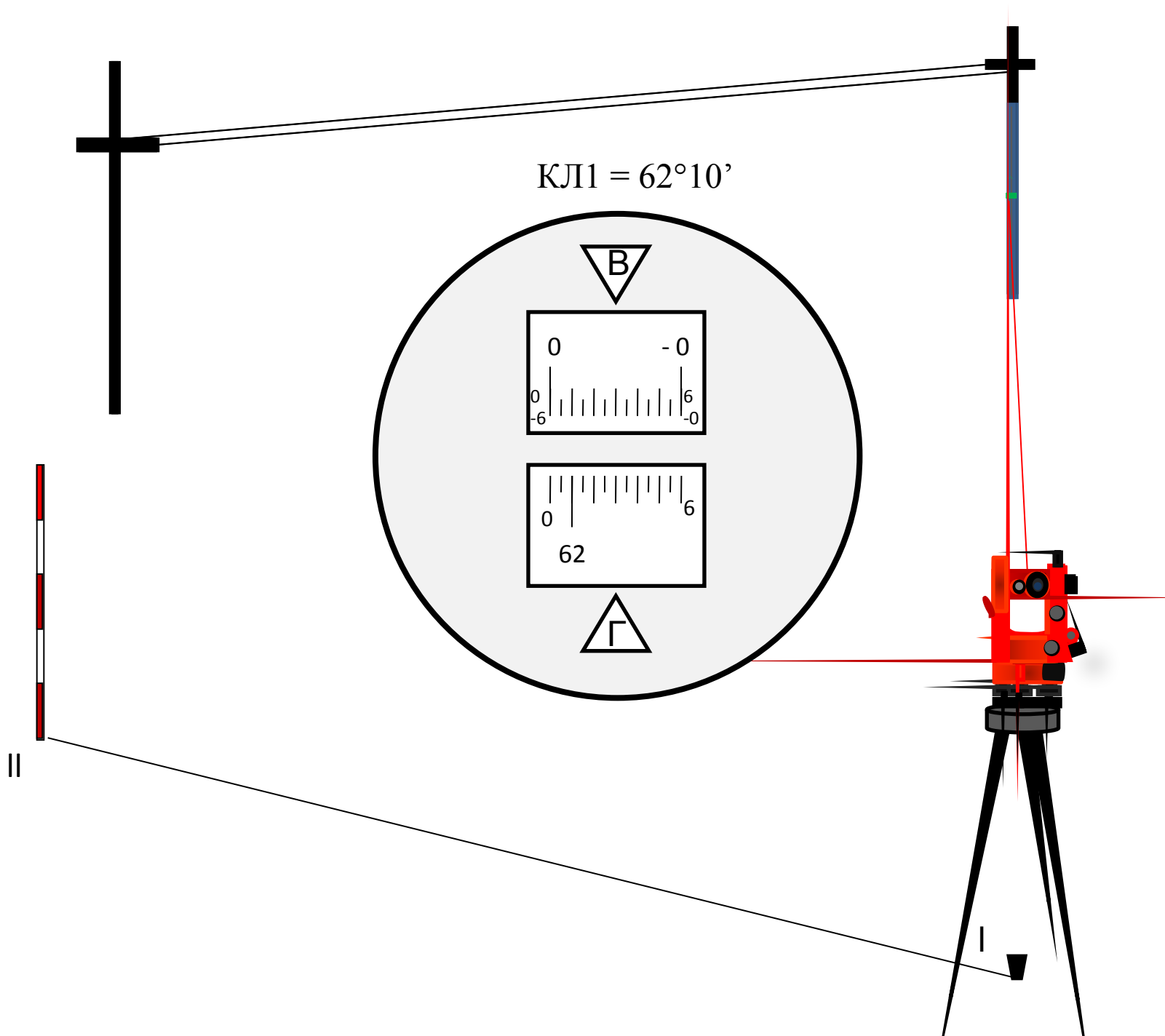
Рейку устанавливаем на снимаемую точку и наводим теодолит на отметку равную высоте прибора.



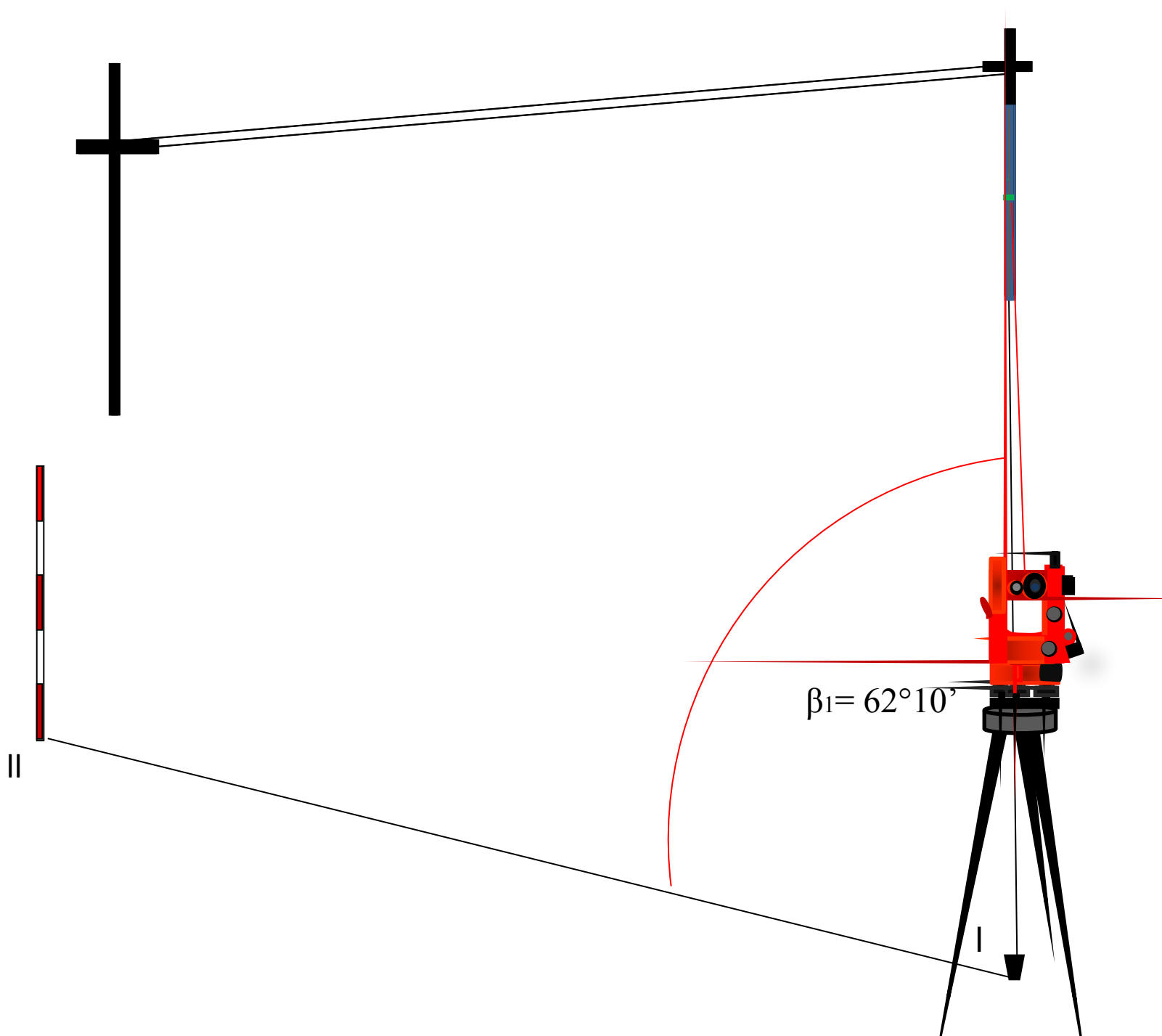




Отсчет КЛ1 и будет равен горизонтальному углу  $\beta_1$ .

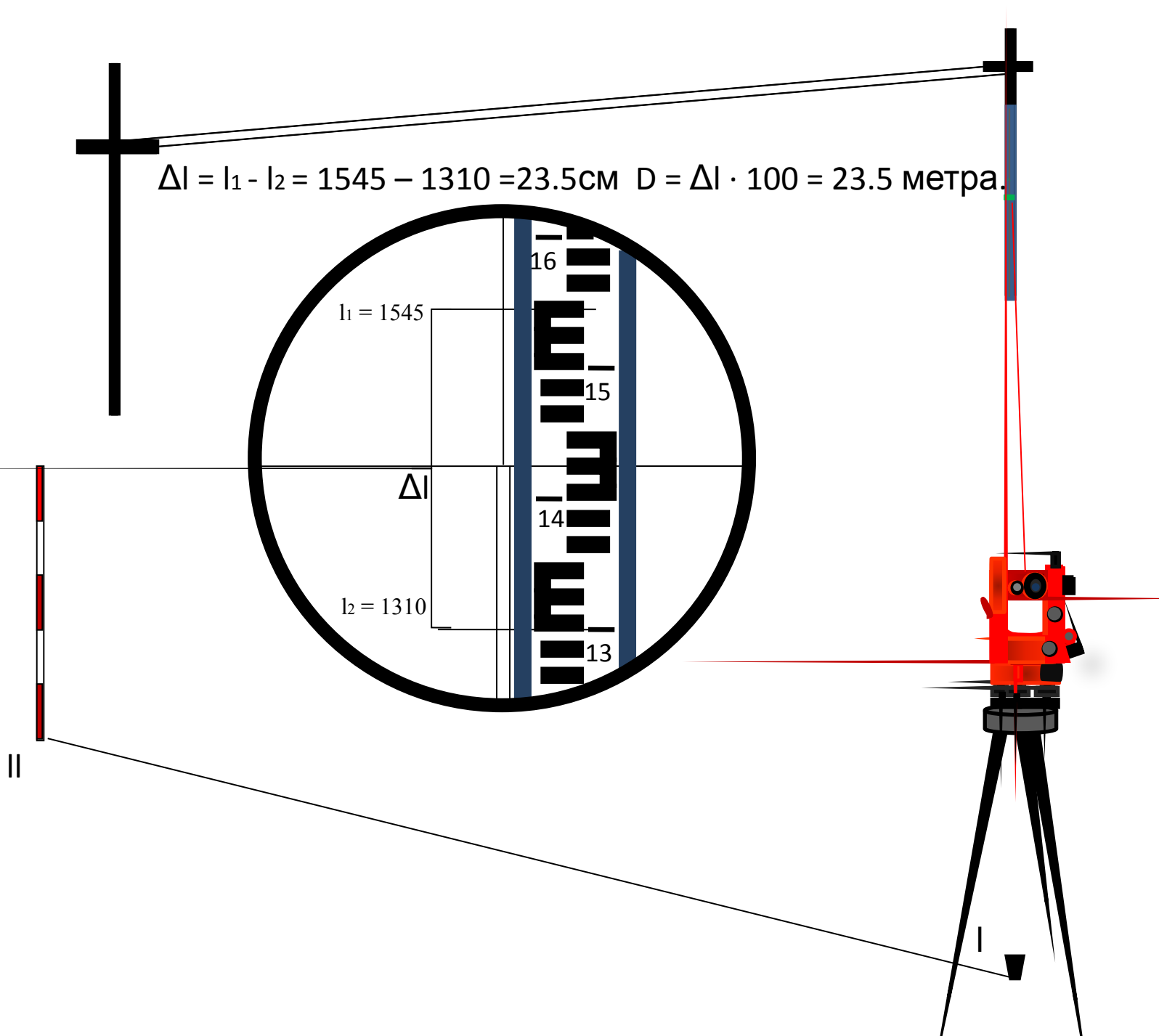


Определяем расстояние до столба по дальномеру.

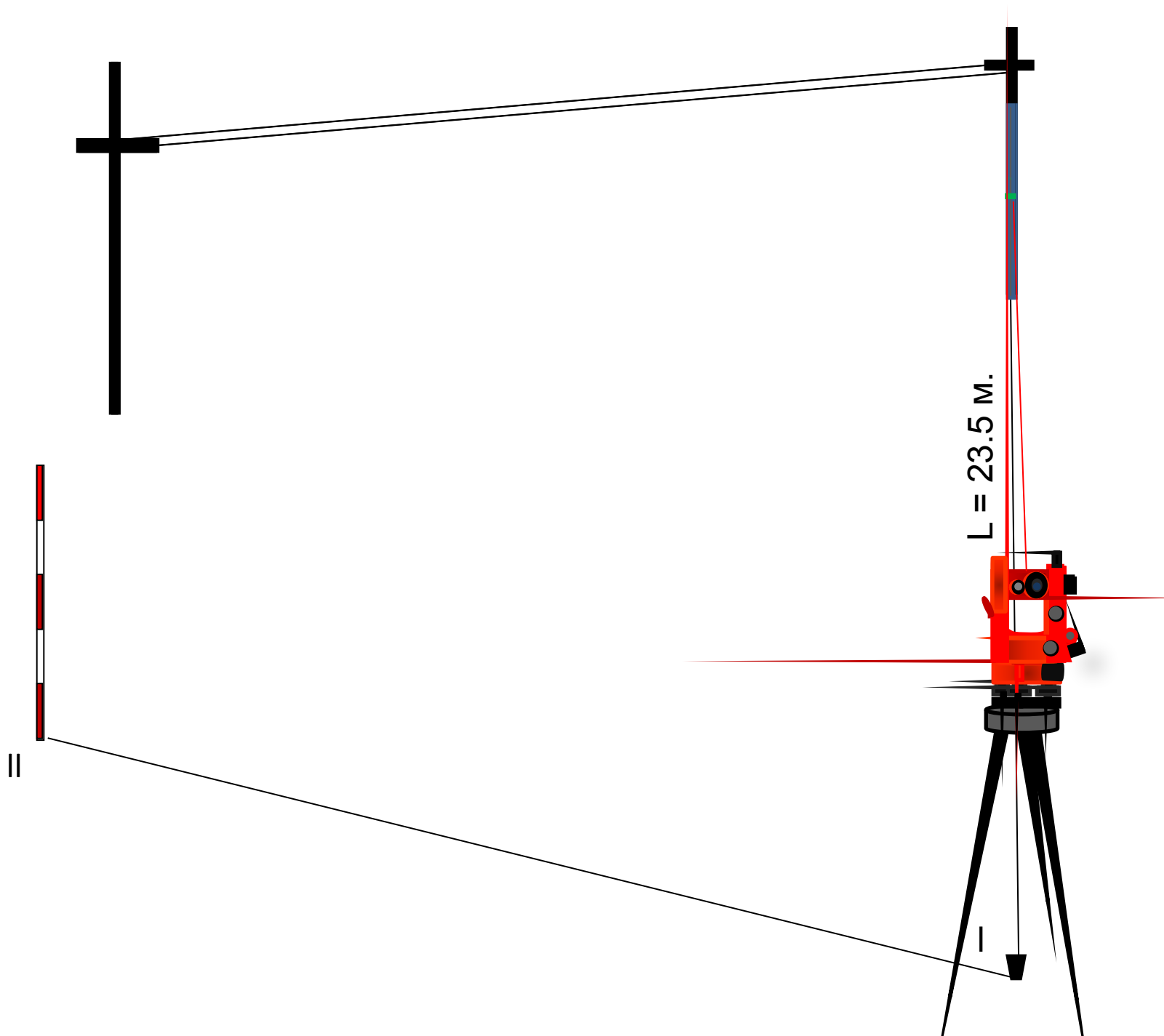


Определяем расстояние до столба по дальномеру.

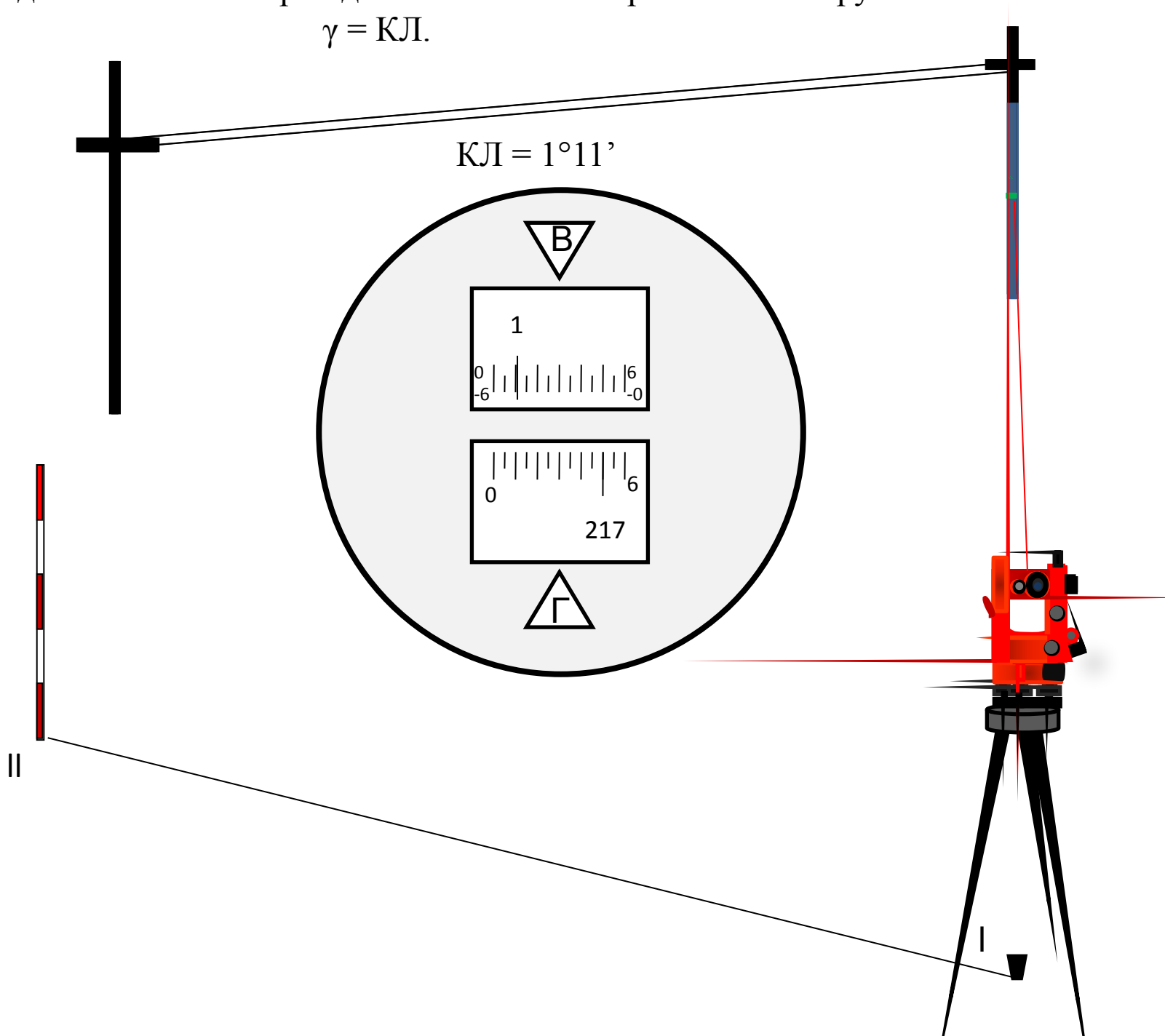
$$\Delta l = l_1 - l_2 = 1545 - 1310 = 23.5 \text{ см} \quad D = \Delta l \cdot 100 = 23.5 \text{ метра.}$$



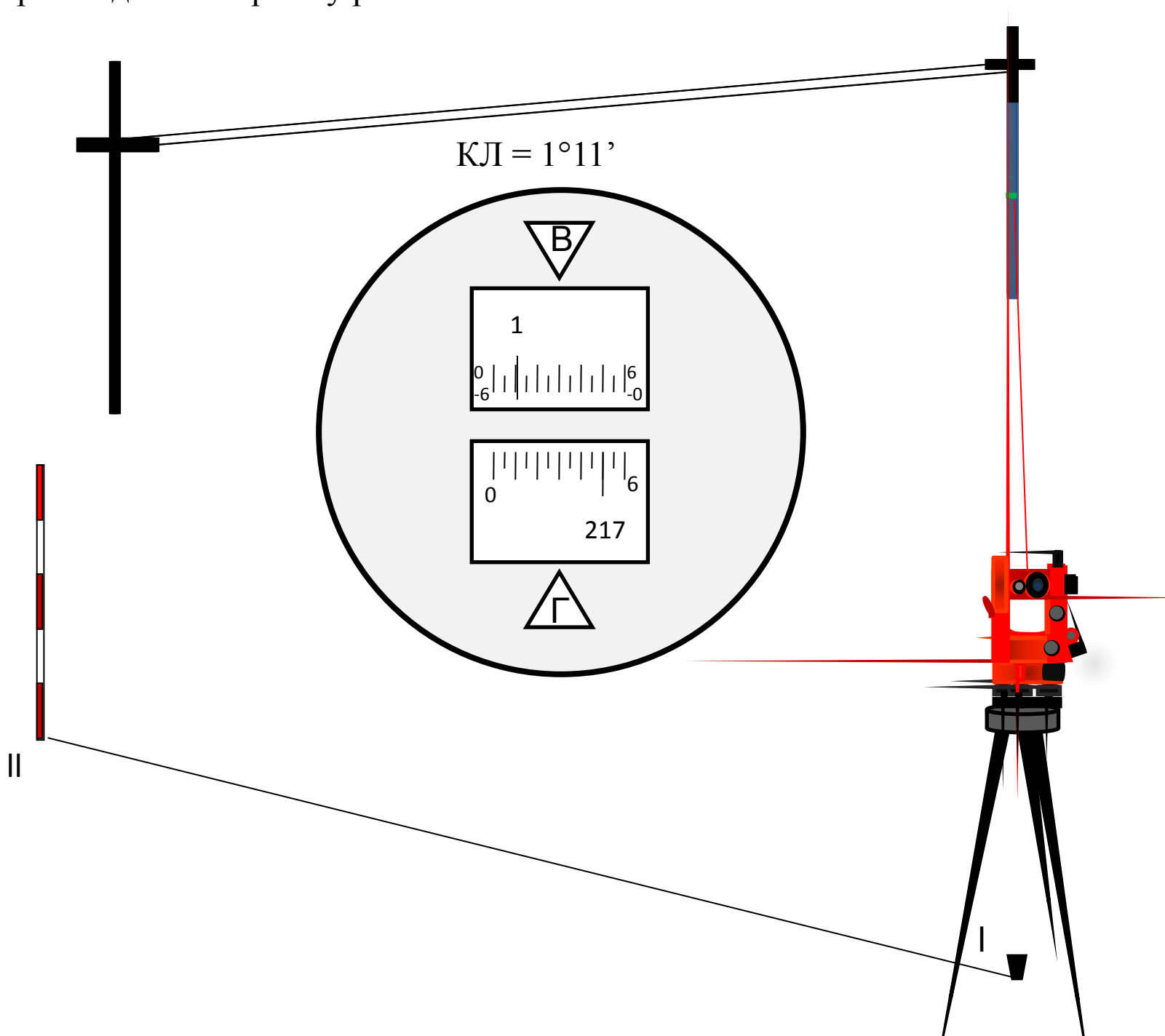
Определяем вертикальный угол.



Если предварительно установлено, что место нуля теодолита не превышает  $1'$ , или равно  $0$ , то измерение по вертикальному кругу, делается только при одном положении вертикального круга и  $\gamma = \text{КЛ}$ .



Если вертикальный угол не превышает  $2^\circ$ , то поправка за наклон в измеренное расстояние не вносится и горизонтальное проложение равно дальномерному расстоянию.



## ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКЕ.

Камеральная обработка результатов съемки заключается в выполнении вычислительных и графических работ, целью которых является определение координат точек теодолитного хода и построение плана местности в заданном масштабе.

Для решения прямой геодезической задачи, для вычисления координаты точки, необходимо знать координаты предыдущей по ходу точки  $X_1, Y_1$ , горизонтальное проложение  $d_{1-2}$  и дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$  линии, соединяющей эти точки.

Координаты вычисляются по формулам.

$$X_2 = X_1 + d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2}.$$

$$Y_2 = Y_1 + d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}.$$

Значения горизонтальных углов и величины длин сторон теодолитных ходов, записанные в полевые журналы несут в себе ошибки, поэтому суммы измеренных углов теодолитного хода отличаются от теоретических сумм этих углов, а суммы приращения координат от теоретических сумм этих приращений. Разность между практическими и теоретическими суммами называются невязками и обозначаются буквой  $f$ .



$$f = \sum \beta \text{ пр} - \sum \beta \text{ теор.}$$

В процессе камеральной обработки устанавливается соответствие результатов измерений, требованиям точности съемки. Камеральная обработка включает в себя:

1. Проверка записей и вычислений в полевых журналах.
2. Вычисление горизонтальных проложений линий.
3. Вычисляются координаты точек теодолитного хода.
4. Построение плана теодолитной съемки.

## ОБРАБОТКА УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.

Практические измерения углов сопровождаются ошибками. Величиной точности теодолитного хода является угловая невязка, которая не должна превышать определенного предела.

Для замкнутого хода теоретическая сумма внутренних углов  $\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 180^\circ(n - 2)$  откуда формула невязки  $f_\beta = \Sigma\beta_{\text{п}} - \Sigma\beta_{\text{теор.}}$

где  $\Sigma\beta_{\text{п}}$  - сумма углов в замкнутом ходе, полученная в результате съемки.

$\Sigma\beta_{\text{теор.}}$  - теоретическая сумма углов полигона.

n- число углов полигона.

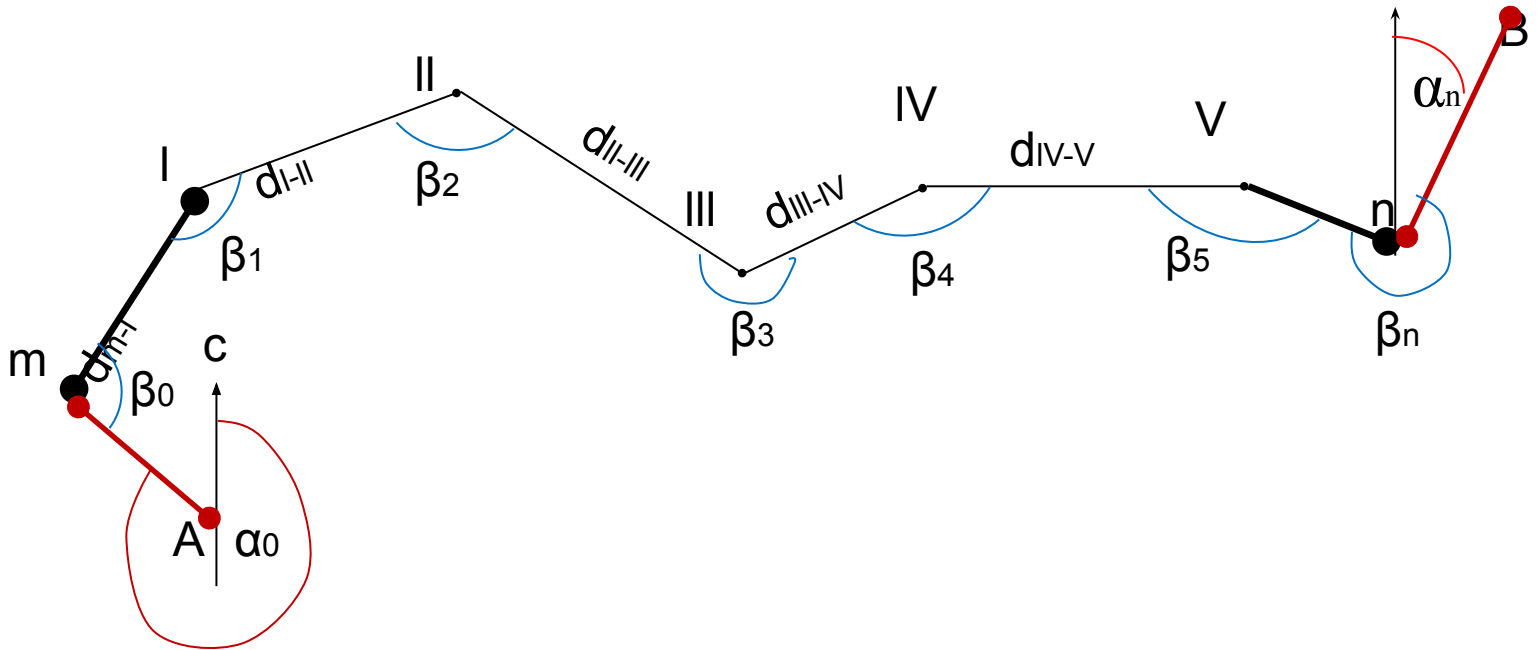
Например: в четырехугольном полигоне  $\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 180^\circ(4 - 2) = 360^\circ$

$\Sigma\beta_{\text{п.}} = 359^\circ59'$  отсюда  $f_{\beta\text{п}} = 359^\circ59' - 360^\circ = -1'$

Допустимая невязка равна  $f_{\beta\text{доп}} = 1' \cdot \sqrt{n} = 1' \cdot \sqrt{4} = 2'$ , сравниваем невязки и видим, что  $1' < 2'$ . Если полученная невязка меньше или равна допустимой то измерения выполнены правильно.

Производим увязку угловых измерений, т.е. уравниваем полученную и теоретическую сумму углов. Для этого в измеренные углы вносим поправки. Поправки вносятся равномерно во все углы с обратным знаком, т.е.  $-1' : 4 = 0.25'$ . Сумма исправленных углов должна быть равна теоретической сумме углов полигона.

В разомкнутом теодолитном ходе, опирающемся на две твердые стороны теоретическая сумма правых углов  $\Sigma\beta_{\text{теор}} = \alpha_0 - \alpha_n + n \cdot 180^\circ$



Сумма левых углов  $\Sigma\beta_{\text{теор.}} = \alpha_n - \alpha_0 + n \cdot 180^\circ$

Угловая невязка разомкнутого хода равна  $f_\beta = \Sigma\beta_{\text{пол.}} - \Sigma\beta_{\text{теор.}}$

Если угловая невязка не выходит за пределы определяемые формулой  $f_\beta = 1' \sqrt{n}$  то измерения углов признаются удовлетворительными и можно производить увязку углов, которая сводится к приданию каждому углу поправки равной невязке  $f_\beta$ , деленной на число измеренных углов с обратным знаком.

## **ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЗАМКНУТОГО ТЕОДОЛИТНОГО ХОДА.**

Вычисление координат замкнутого теодолитного хода подробно рассмотрено в презентации « Построение плана теодолитной съемки» и изучается на лабораторных занятиях, а также самостоятельно.

## ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ДИАГОНАЛЬНОГО ХОДА.

Вычисление координат диагонального хода производится в следующей последовательности.

1. Вычисляется сумма измеренных углов.

2. Сумма теоретических углов подсчитывается по формулам:

$$\Sigma\beta_{\text{теор.}} = \alpha_n - \alpha_0 + n \cdot 180^\circ \text{ для правых углов, или } \Sigma\beta_{\text{теор.}} = \alpha_n - \alpha_0 + n \cdot 180^\circ \\ \text{для левых углов.}$$

3. Определяется угловая невязка теодолитного хода  $f_\beta = \Sigma\beta_{\text{пол.}} - \Sigma\beta_{\text{теор.}}$

4. Убедившись, что невязка допустимая, разбрасываем ее с обратным знаком на углы хода. Исправленные углы вписываем в таблицу, их сумма должна быть равна теоретической.

5. Приступаем к вычислению дирекционных углов по формулам:

$$\alpha_{\text{посл.}} = \alpha_{\text{пред.}} + 180^\circ - \beta, \text{ для правых углов, или } \alpha_{\text{посл.}} = \alpha_{\text{пред.}} - 180^\circ + \beta, \\ \text{для левых углов.}$$

6. Вычисляем румбы (таблитчатые углы).

7. Далее вычисляем периметр хода, равный сумме горизонтальных проложений сторон хода.  $P = \Sigma d$

8. Определяем знаки приращений координат и вычисляем их значения по формулам:  $\Delta X = d \cdot \cos\alpha$ ,  $\Delta Y = d \cdot \sin\alpha$

9. Суммы приращений координат сравниваем с теоретическими, получаемые как разность конечных точек полигона. По разности практической и теоретической сумм определяем невязки;

$$f_x = \Sigma\Delta X_{\text{пол.}} - \Sigma\Delta X_{\text{теор.}}; \quad f_y = \Sigma\Delta Y_{\text{пол.}} - \Sigma\Delta Y_{\text{теор.}}$$

10. Определяем абсолютную невязку периметра хода по формуле:

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

11. Определяем относительную невязку хода по формуле:  $f_{\text{отн.}} = f_p / P$ , для удобства сравнения относительную невязку выражаем в виде простой дроби, в числителе которой стоит 1, для этого и числитель и знаменатель в предыдущей формуле делим на  $f_p$ . Если полученная относительная невязка меньше или равна допустимой, то измерения выполнены правильно. Для обычного рельефа допустимая относительная погрешность  $1/N = 1/2000$ .
12. Приступаем к увязке приращений координат, распределяя невязку с обратным знаком пропорционально длинам сторон хода по формулам:  $\delta x = (f_x/P) \cdot d$ , где  $f_x$  – значение линейной невязки по оси X,  $\delta x$  – поправка в приращения координат, P – периметр хода, d – горизонтальное проложение стороны теодолитного хода, аналогично:  $\delta y = (f_y/P) \cdot d$ . Необходимо помнить, что  $f_x = \Sigma \delta x$  с обратным знаком. Например: в пятиугольном полигоне  $f_x = -0.18$ , полученные поправки равны  $\delta x_1 = 0.05$ ;  $\delta x_2 = 0.03$ ;  $\delta x_3 = 0.04$ ,  $\delta x_4 = 0.03$ ,  $\delta x_5 = 0.03$ . Аналогично проверяются значения поправок в приращения координат по оси Y.
13. Вычисляем исправленные приращения координат по формулам:  $\Delta X_{\text{испр.}} = \Delta X \pm \delta x$ ;  $\Delta Y_{\text{испр.}} = \Delta Y \pm \delta y$ . Суммы исправленных приращений координат должны быть равны теоретическим  $\Sigma \Delta X_{\text{испр.}} = \Sigma \Delta X_{\text{теор.}}$ , соответственно  $\Sigma \Delta Y_{\text{испр.}} = \Sigma \Delta Y_{\text{теор.}}$ .
14. Вычисляем координаты всех точек теодолитного хода по формулам:  $X_{\text{посл.}} = X_{\text{пред.}} + \Delta X_{\text{испр.}}$ ;  $Y_{\text{посл.}} = Y_{\text{пред.}} + \Delta Y_{\text{испр.}}$ , где  $X_{\text{пред.}}$  – координата предыдущей точки;  $\Delta X_{\text{испр.}}$  – исправленные приращения координат.

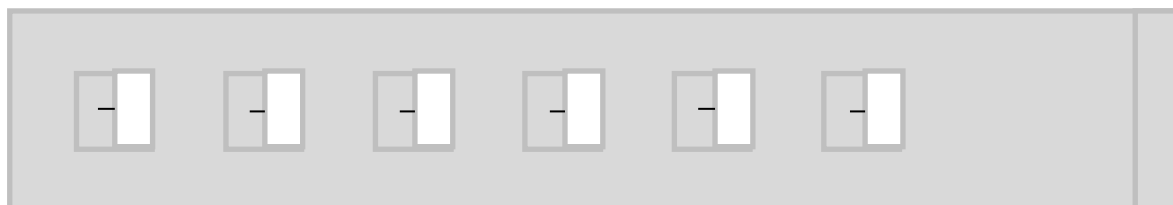
## **ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНА ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ.**

Построение плана теодолитной съемки подробно рассматривается на лабораторных занятиях, а также подробно описано в презентации «Построение плана теодолитной съемки». Построение плана теодолитной съемки замкнутого и разомкнутого теодолитных ходов идентичны. Построение плана теодолитной съемки производится в следующей последовательности.



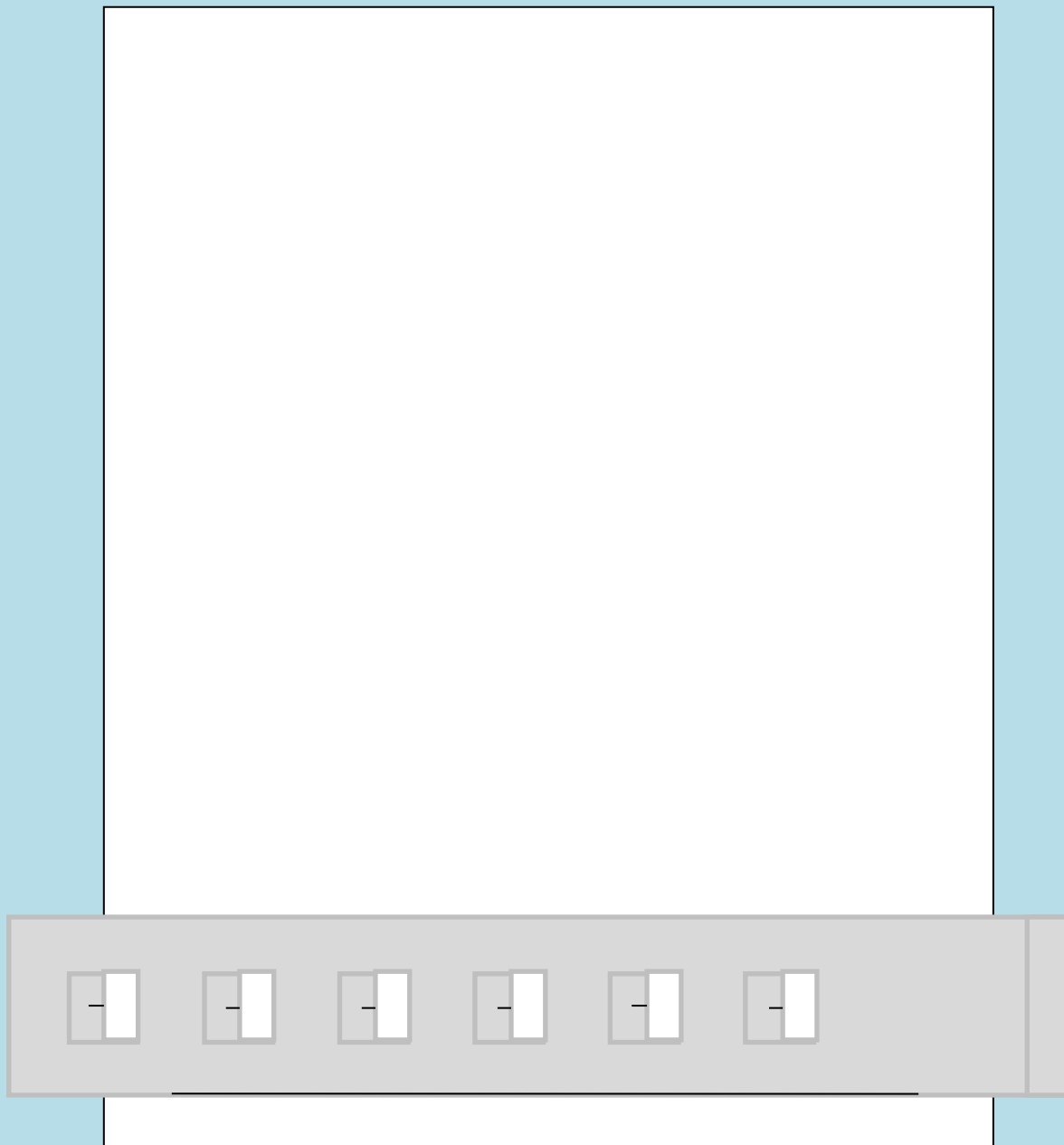
## 1. Построение координатной сетки.

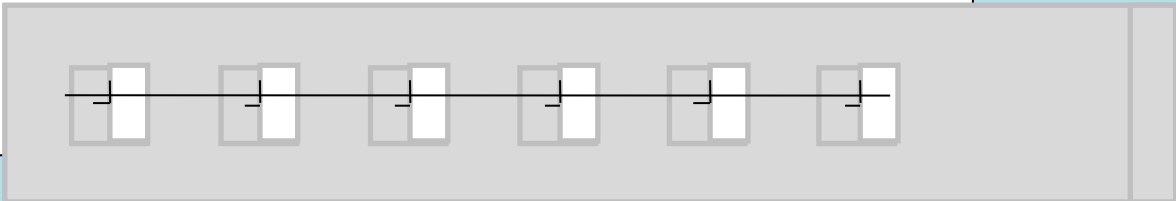
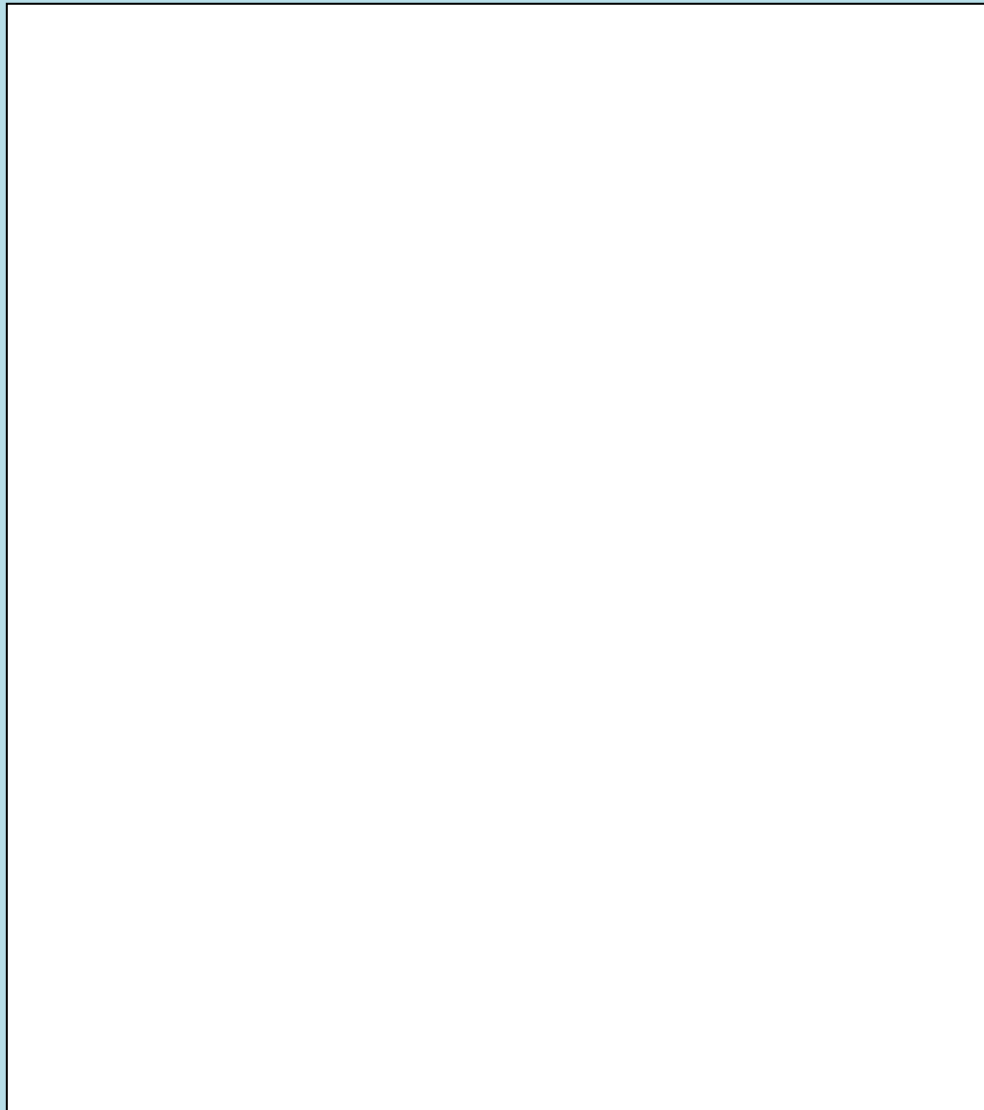
Построение координатной сетки производится с помощью линейки Дробышева ЛД-1 длиной 70.711 см., равной диагонали квадрата со стороной 50 см. Для построения координатной сетки на листе ватмана размером не менее 55 · 55 см., отступив не менее 2.5 см. от края листа, проводится линия параллельная границе листа таким образом, чтобы вся координатная сетка разместилась на листе.



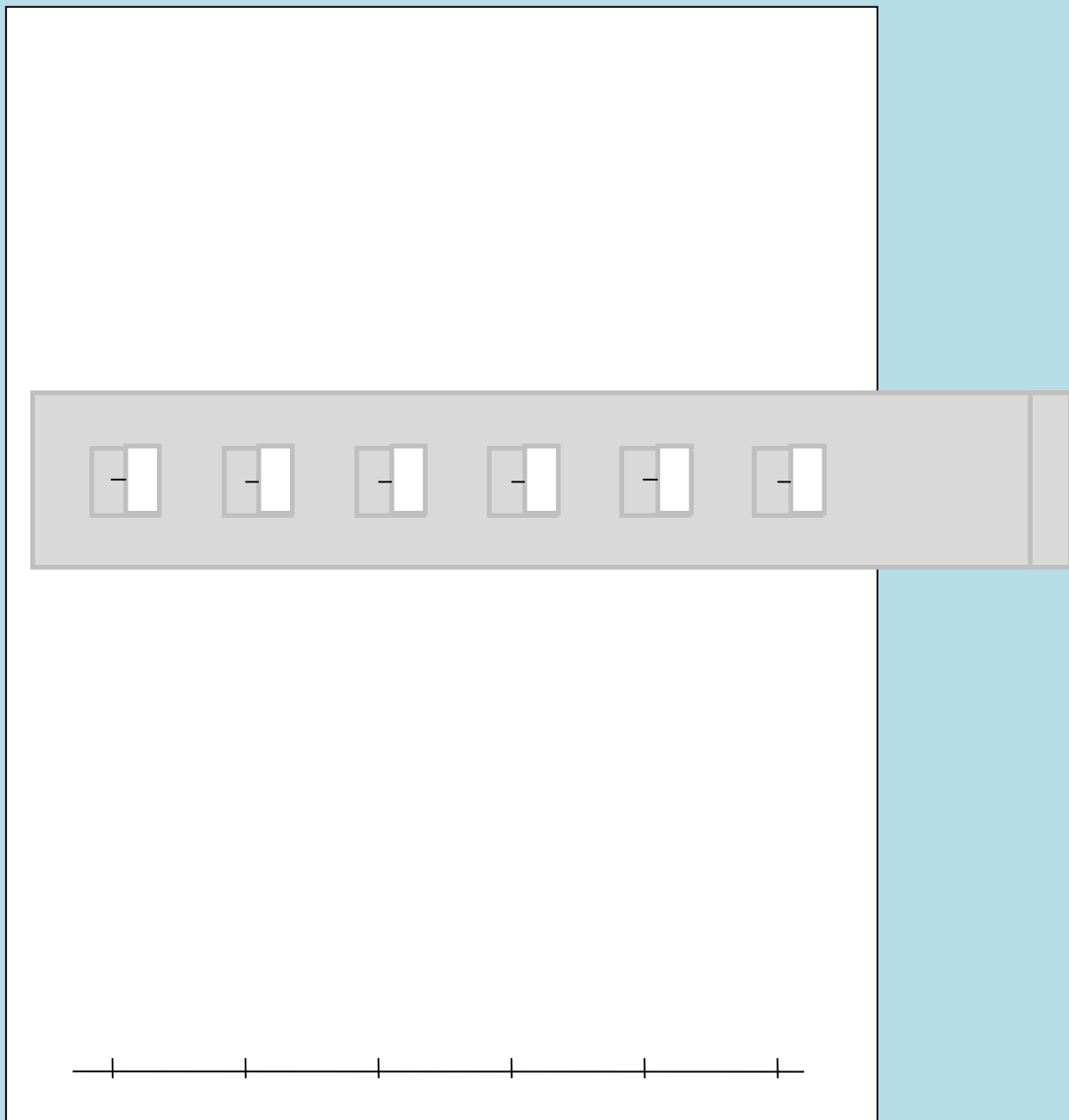


Линейка прикладывается к линии согласно рисунка и на линии делаются отметки через десять сантиметров.

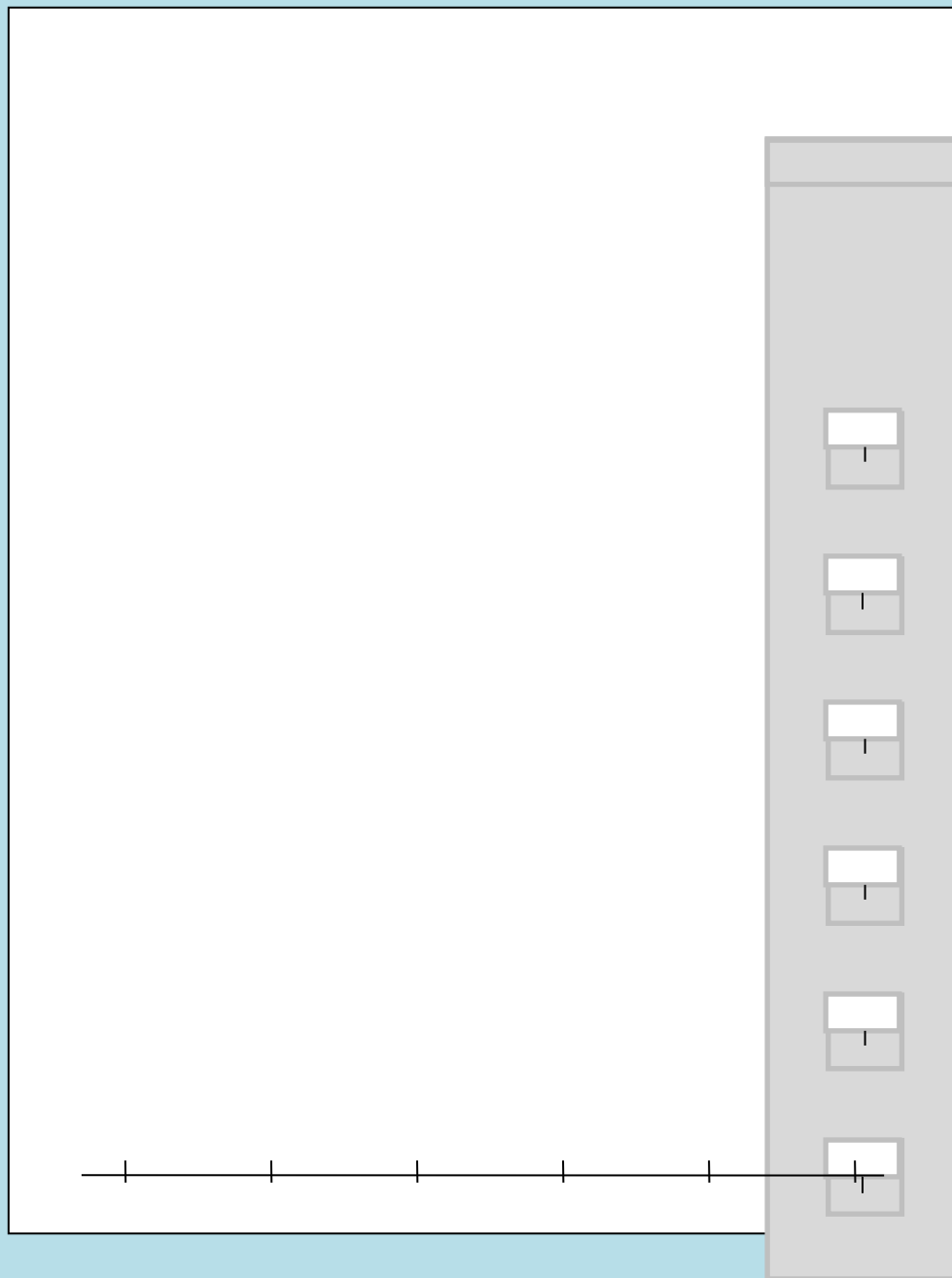


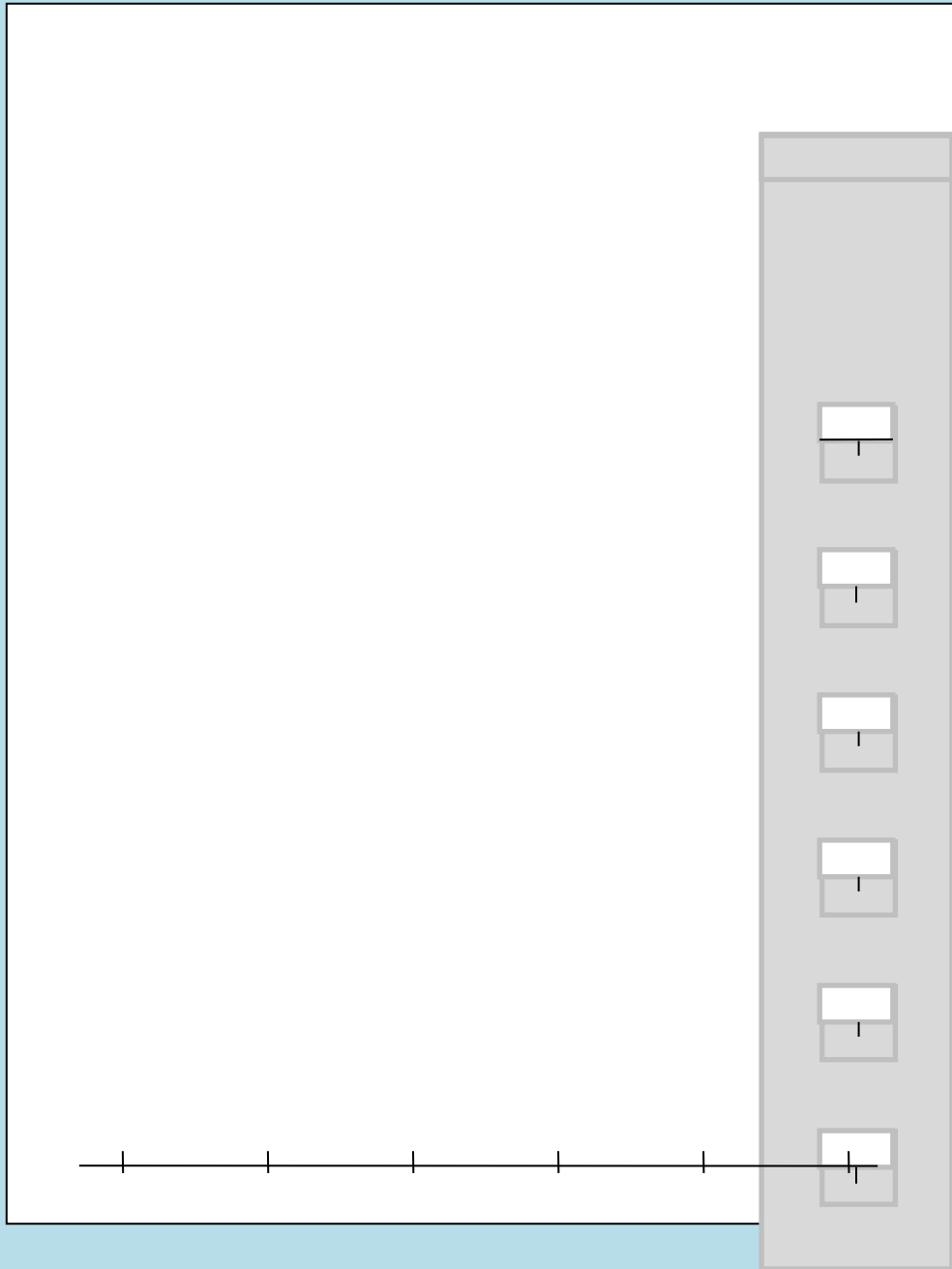


Далее линейка устанавливается вертикально на конечную точку отрезка.

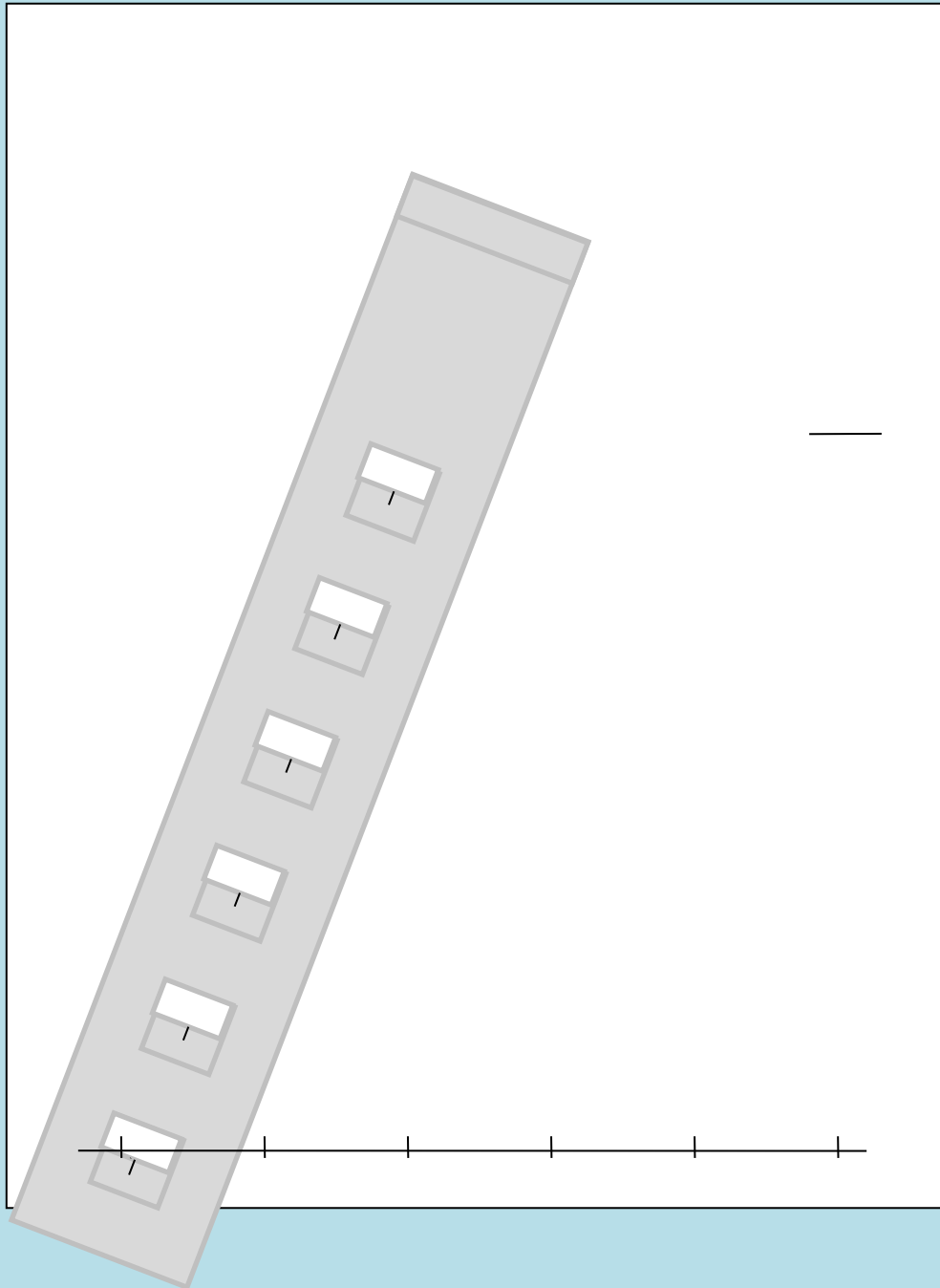


И вдоль всего окошка, отвечающего 50 см., проводится черта.

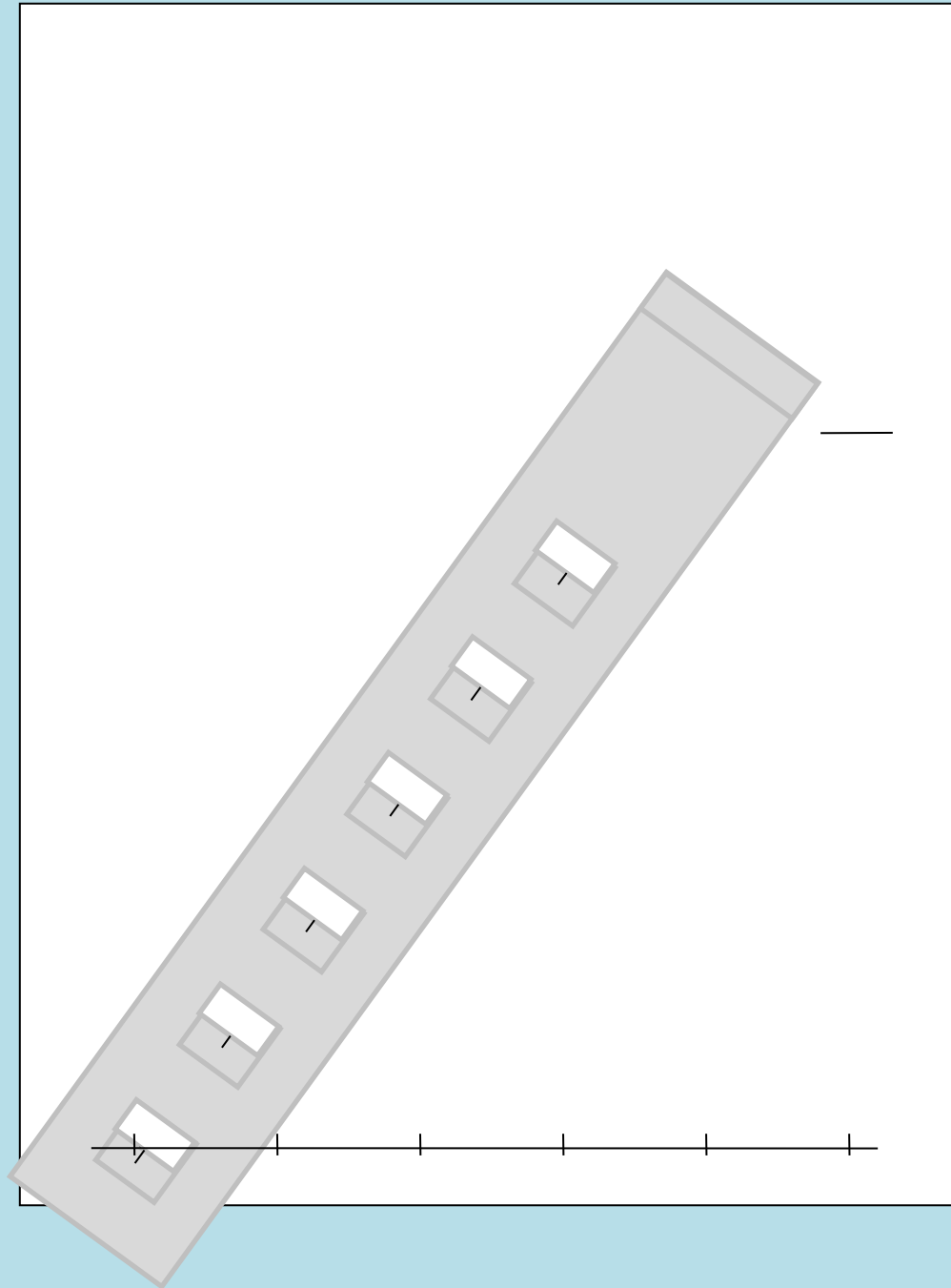




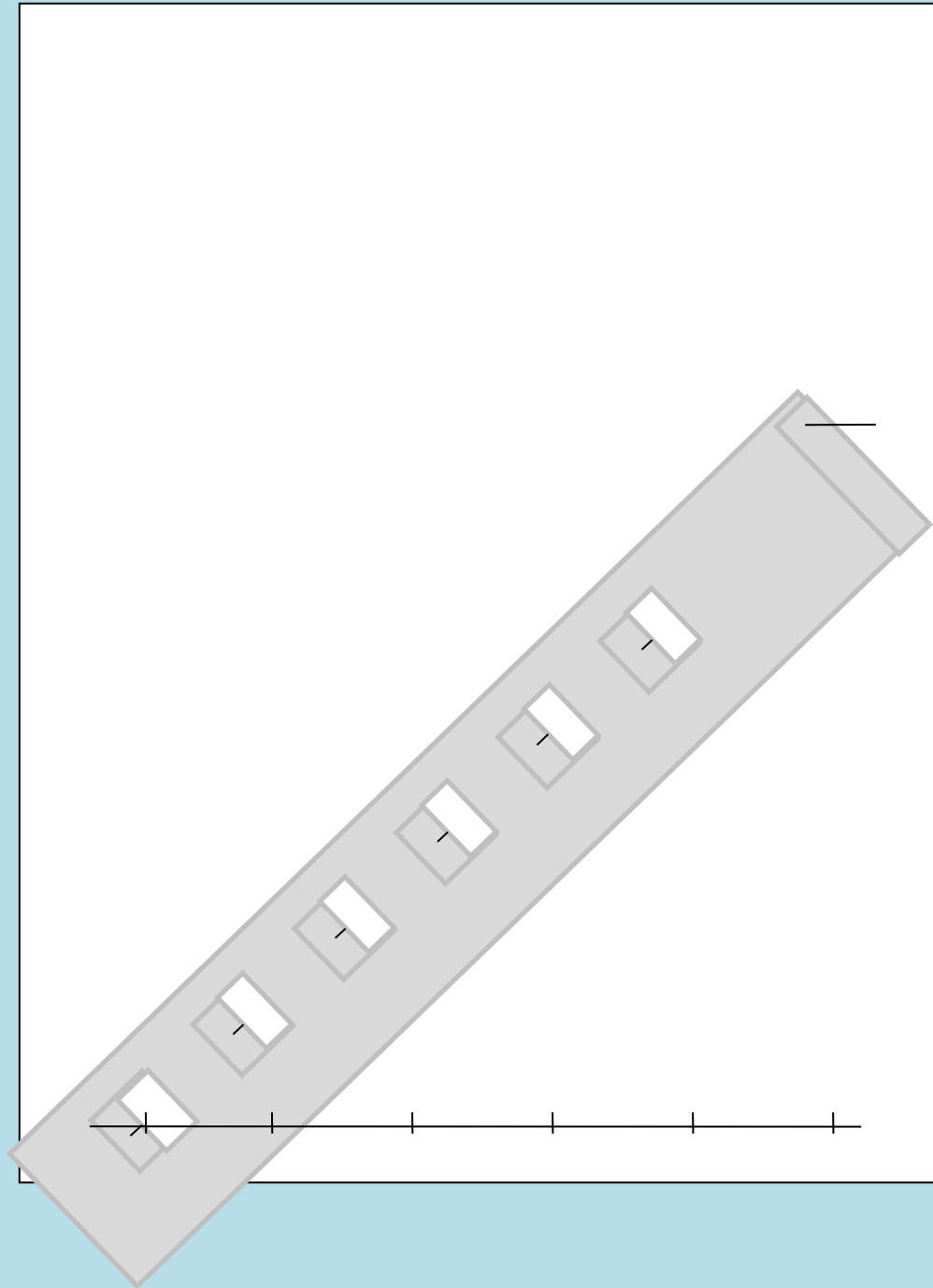
Линейка устанавливается на ноль отрезка согласно рисунка и поворачивается до тех пор, пока край линейки не пересечет отрезок, отложенный при ее вертикальном положении.



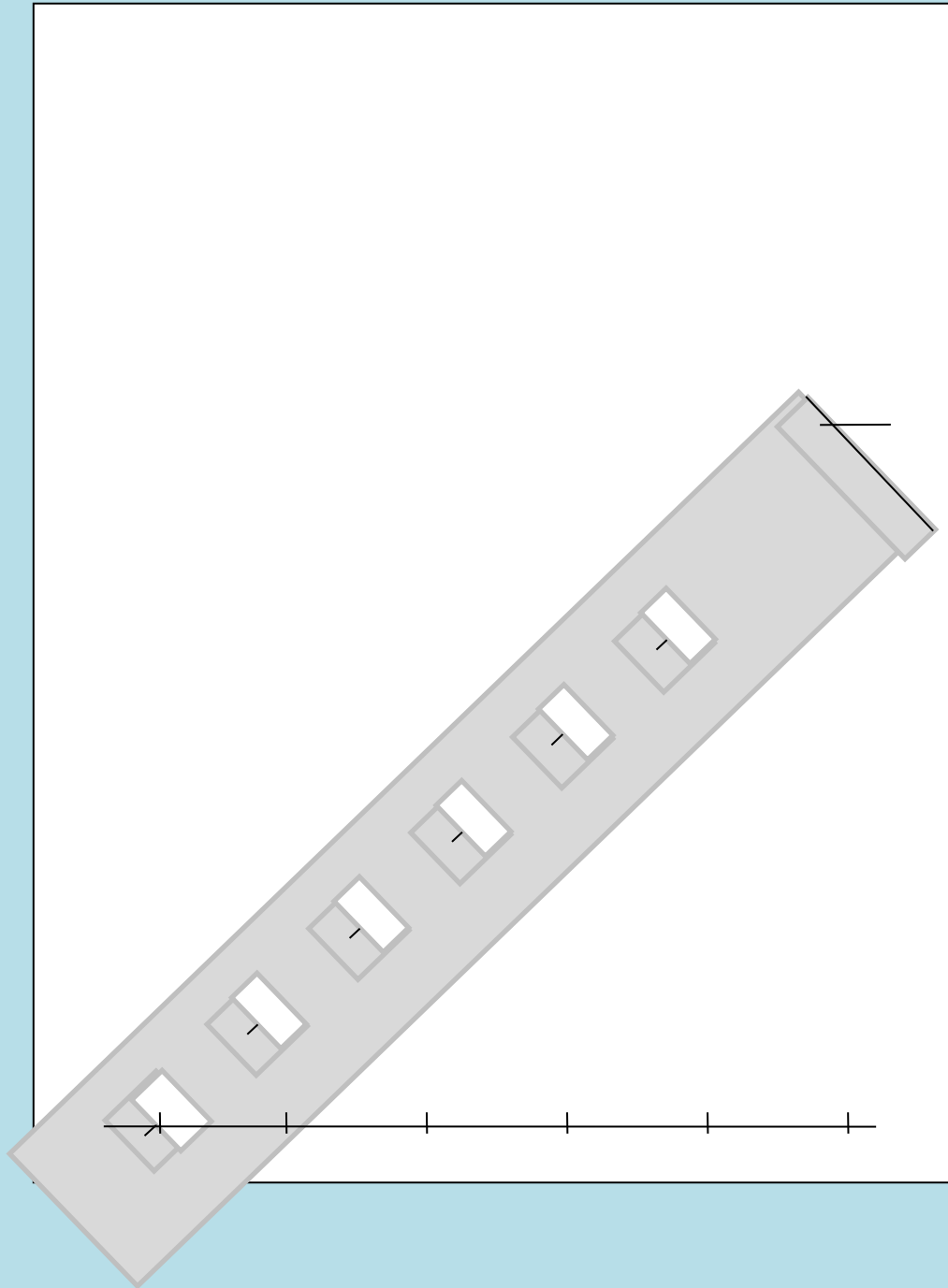




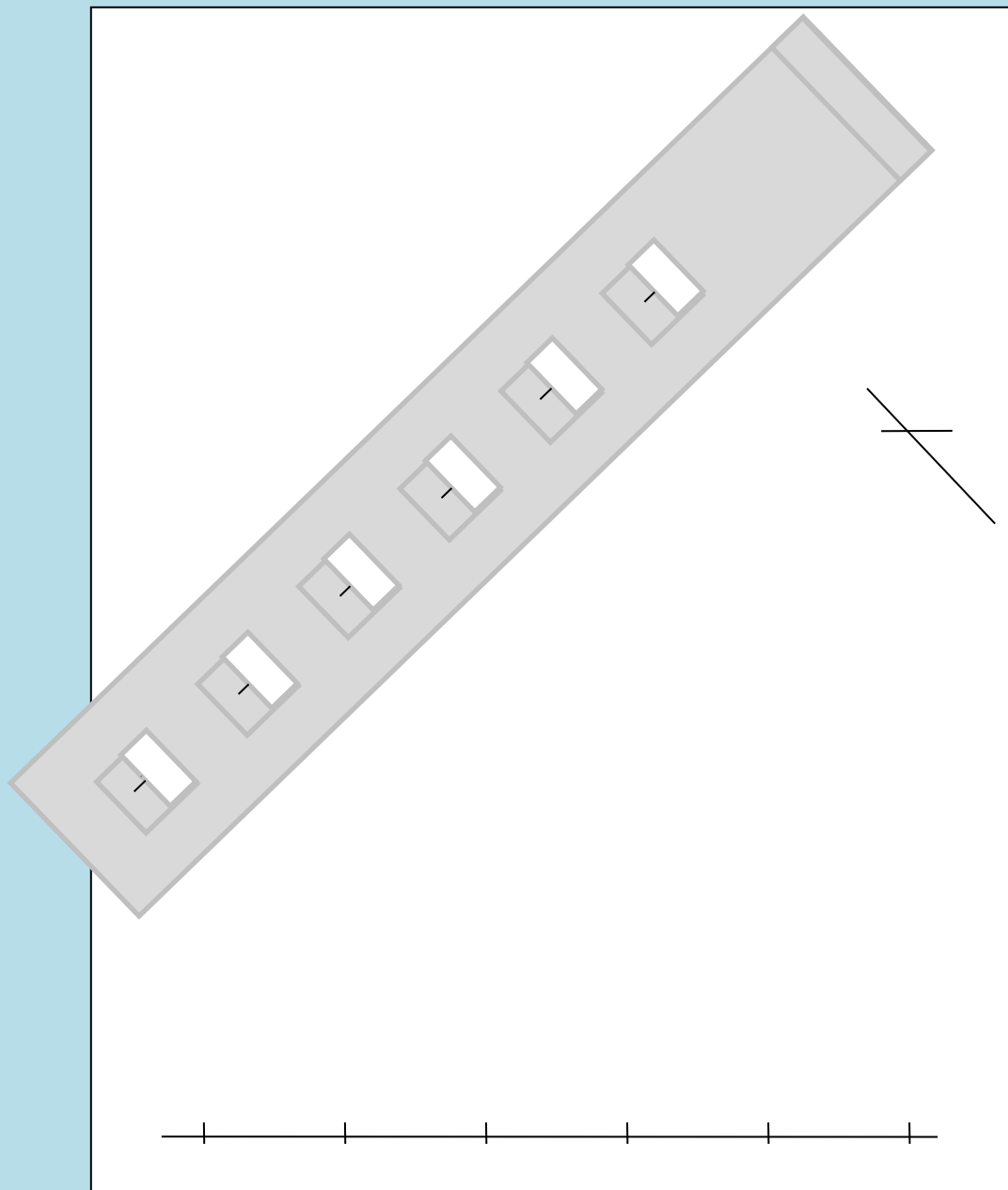
По краю линейки проводим линию.

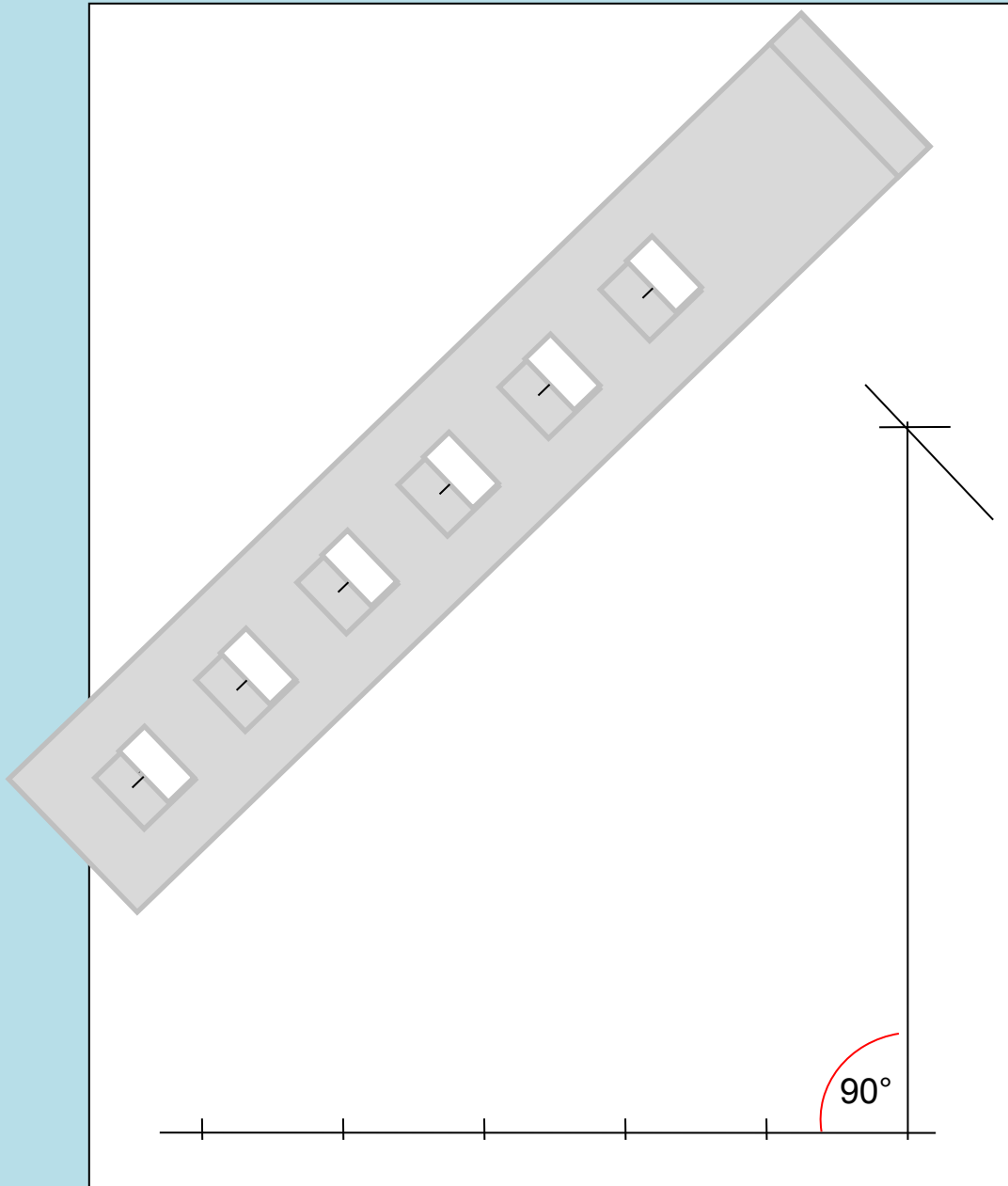


По краю линейки проводим линию.

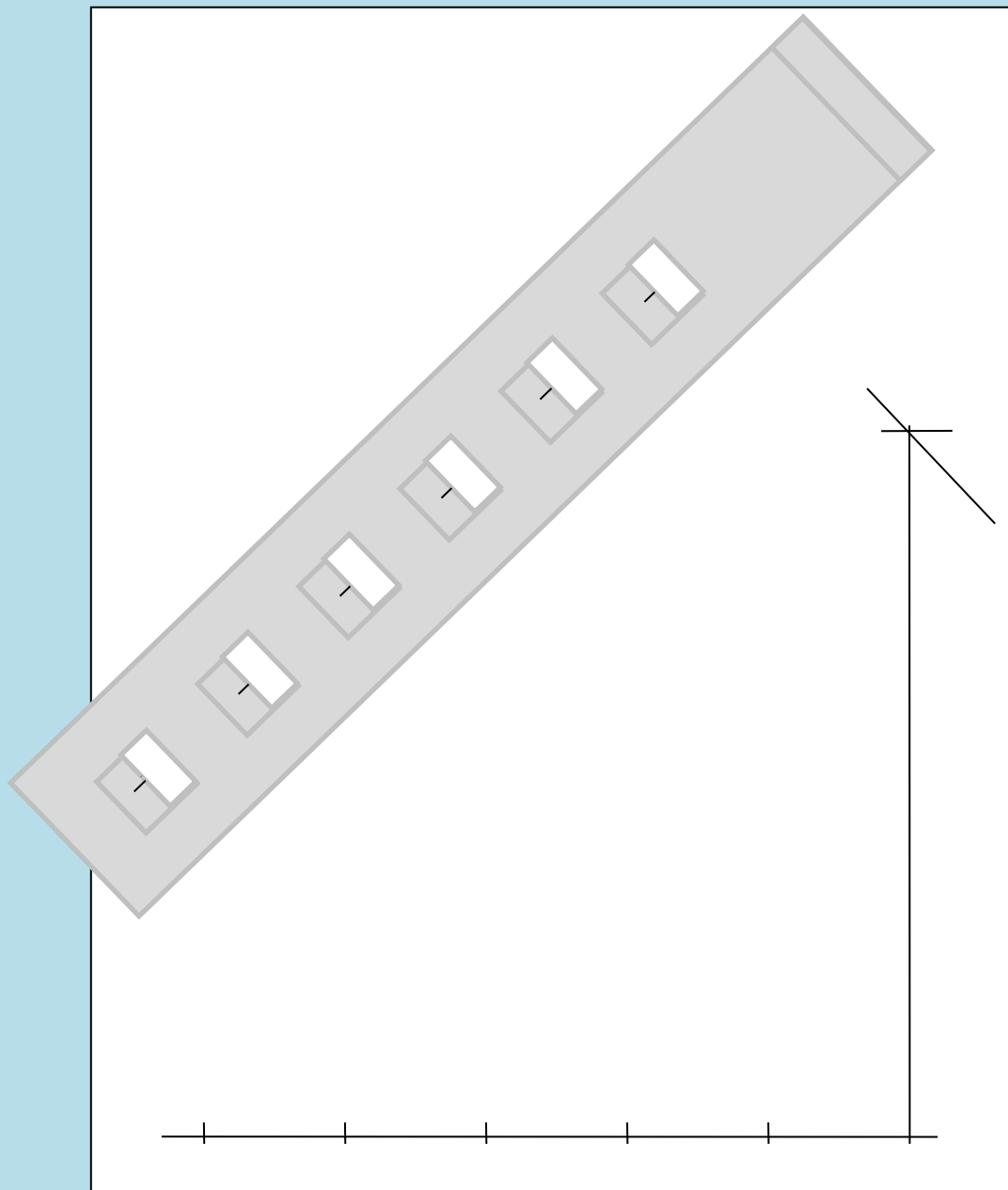


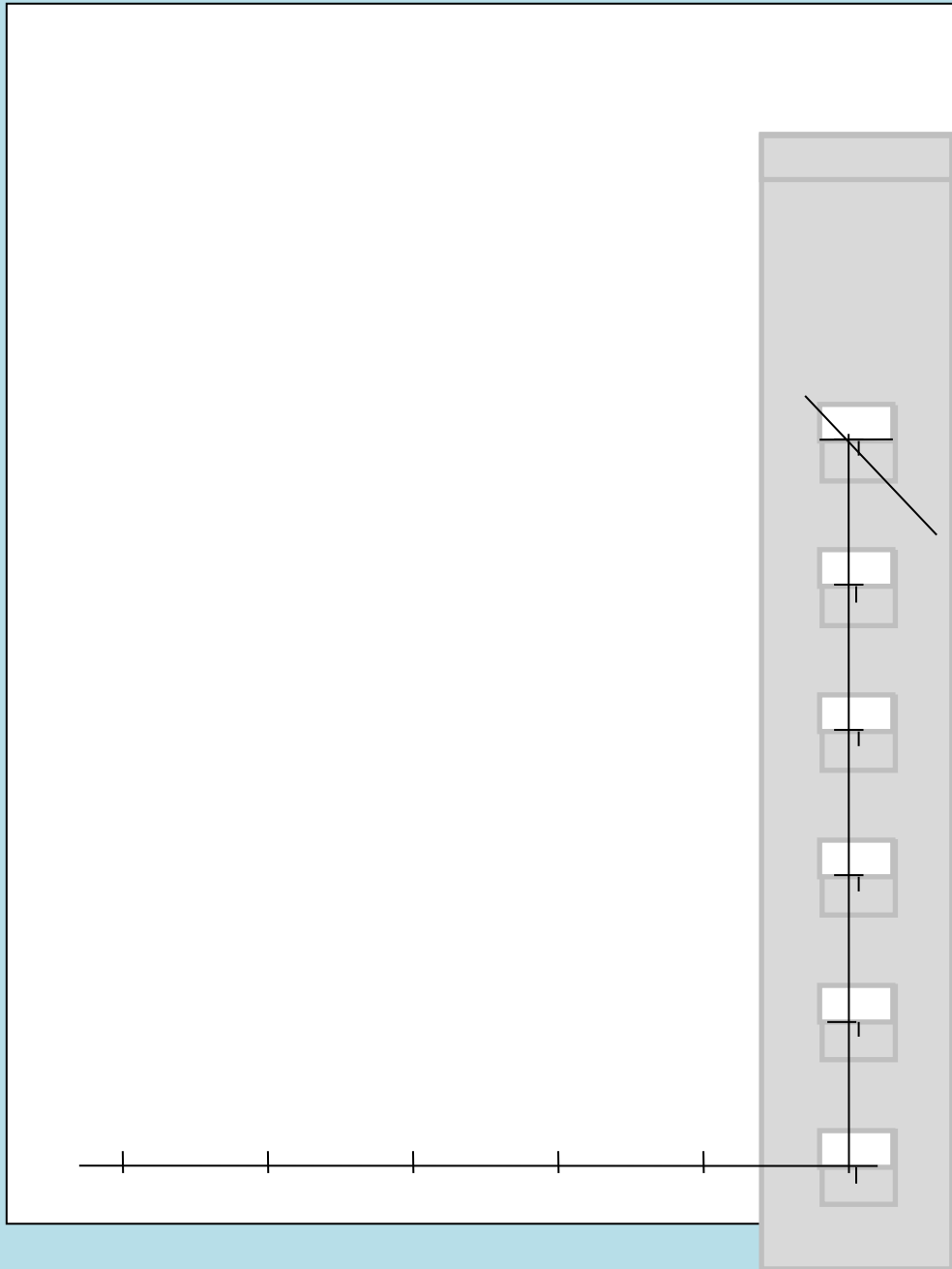
Пересечение двух отрезков даст точку, из которой опущенная на нижний отрезок линия, будет строго перпендикулярна ему.



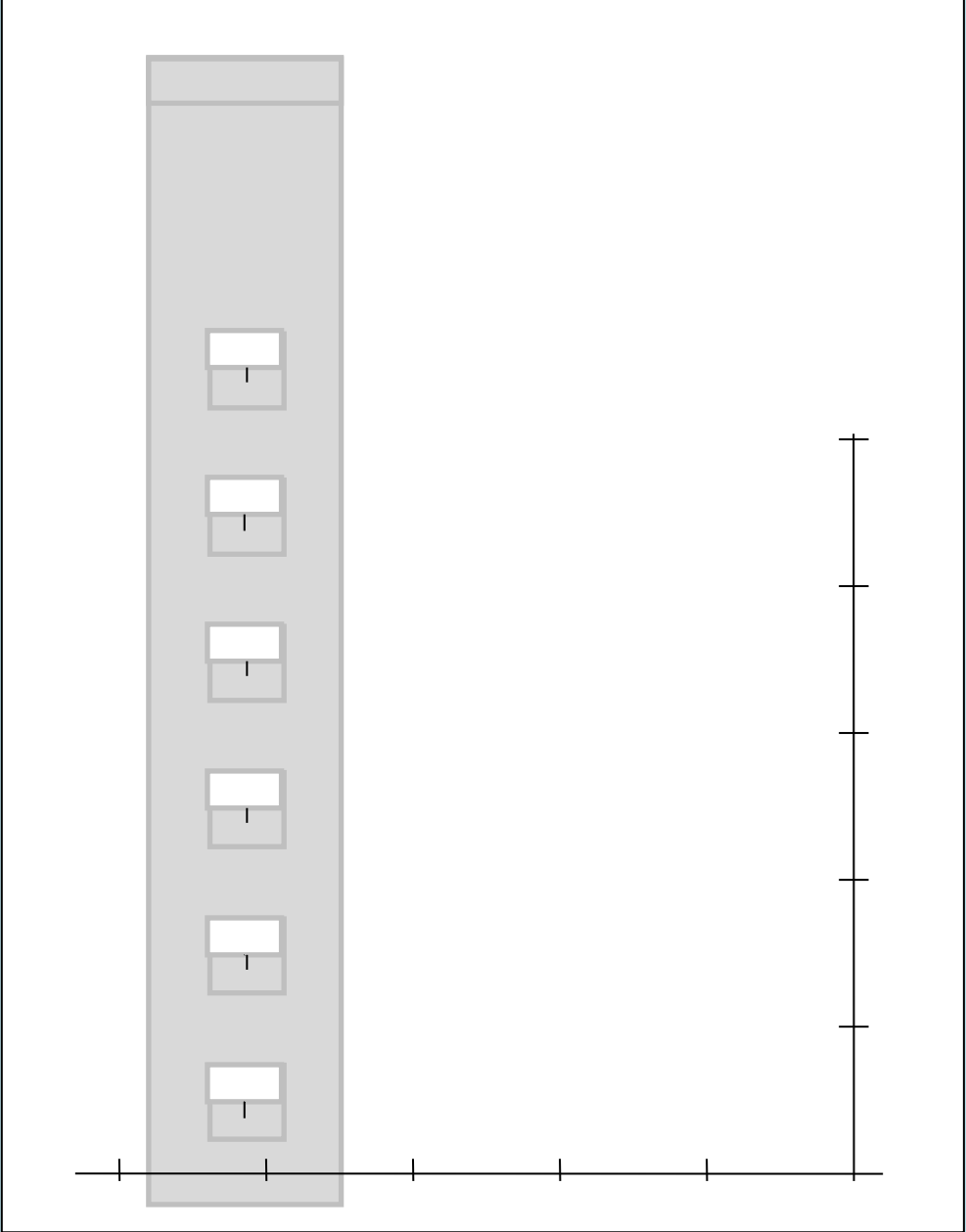


Установив линейку вертикально, разбиваем полученную линию на отрезки длиной 10 см.

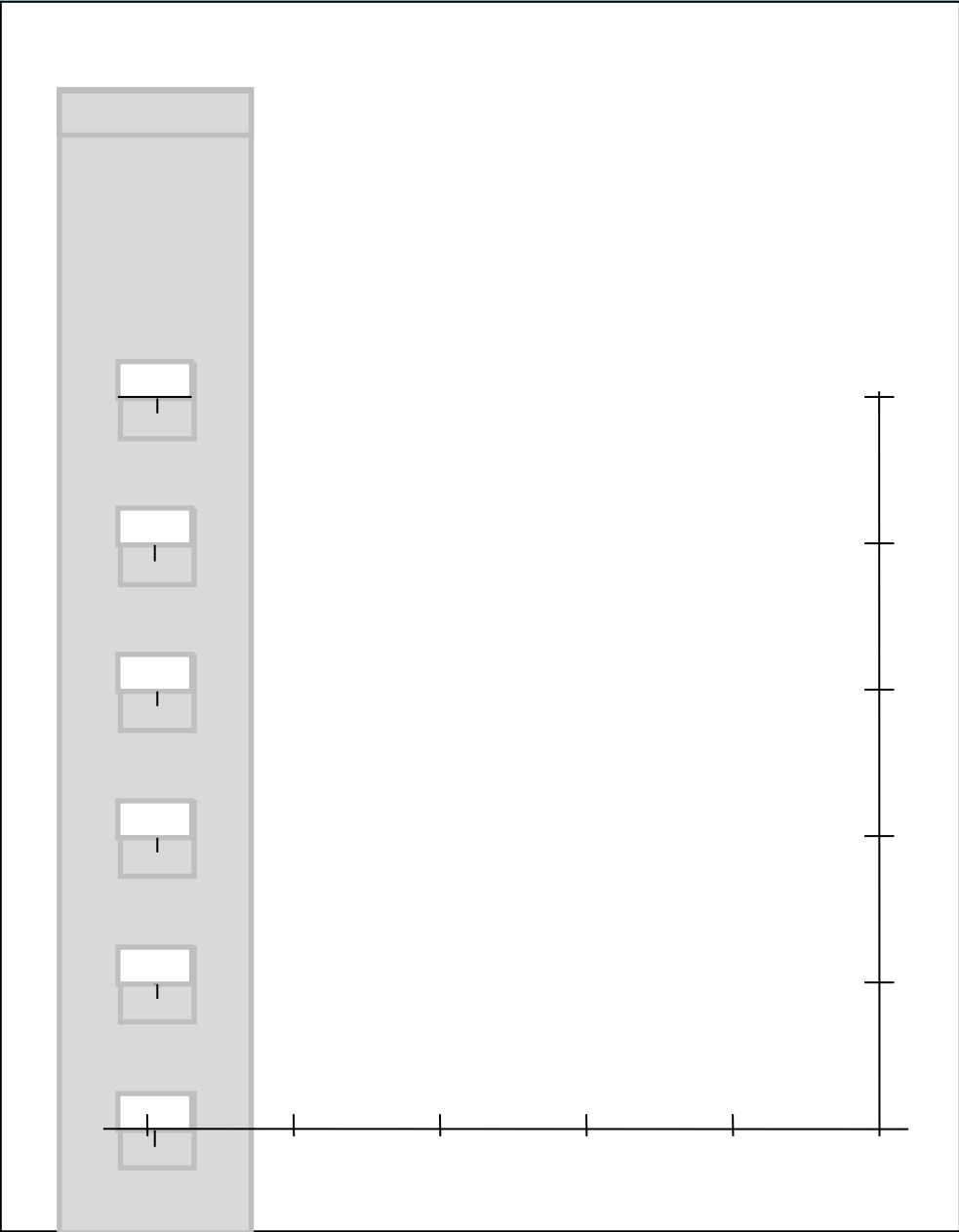


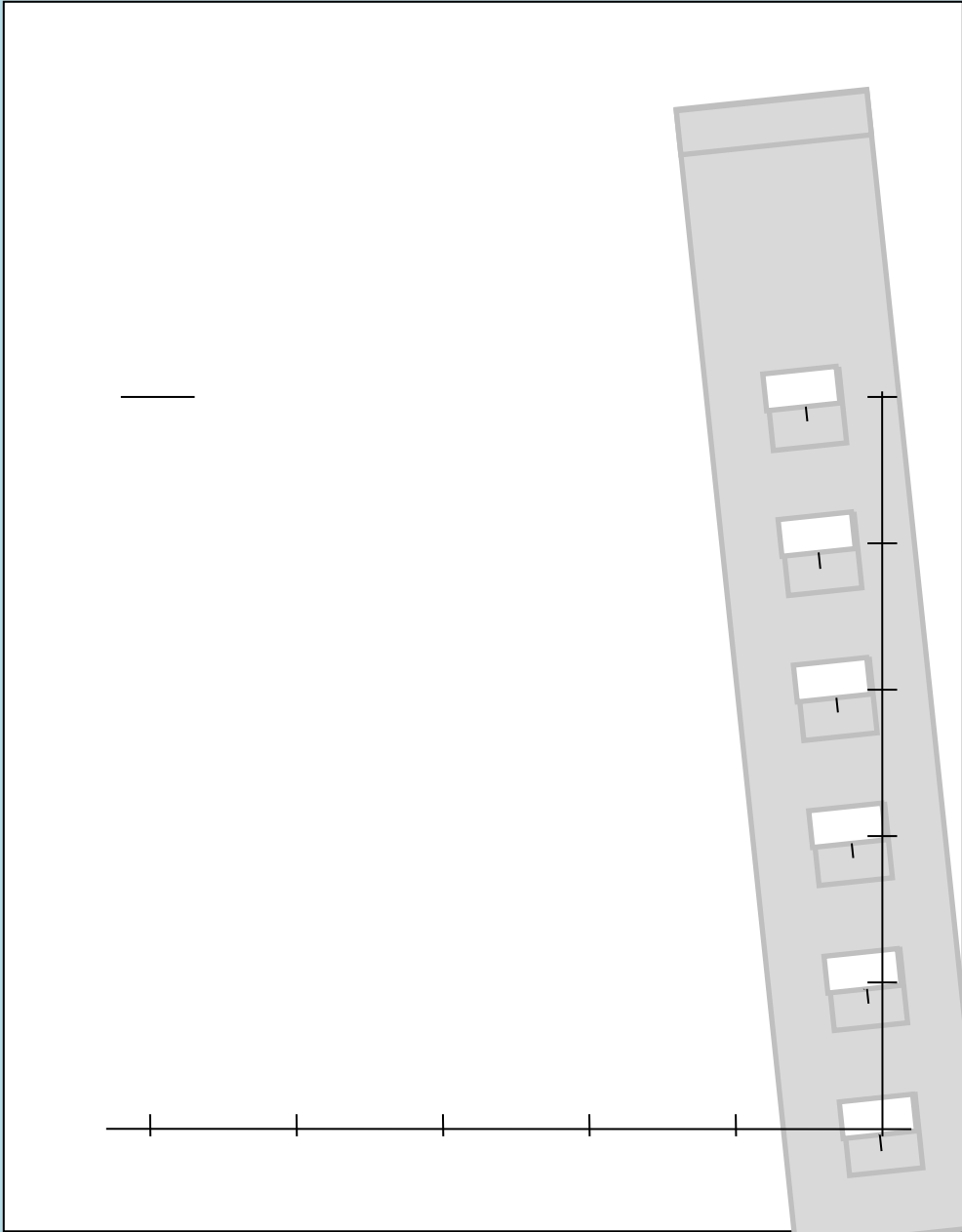


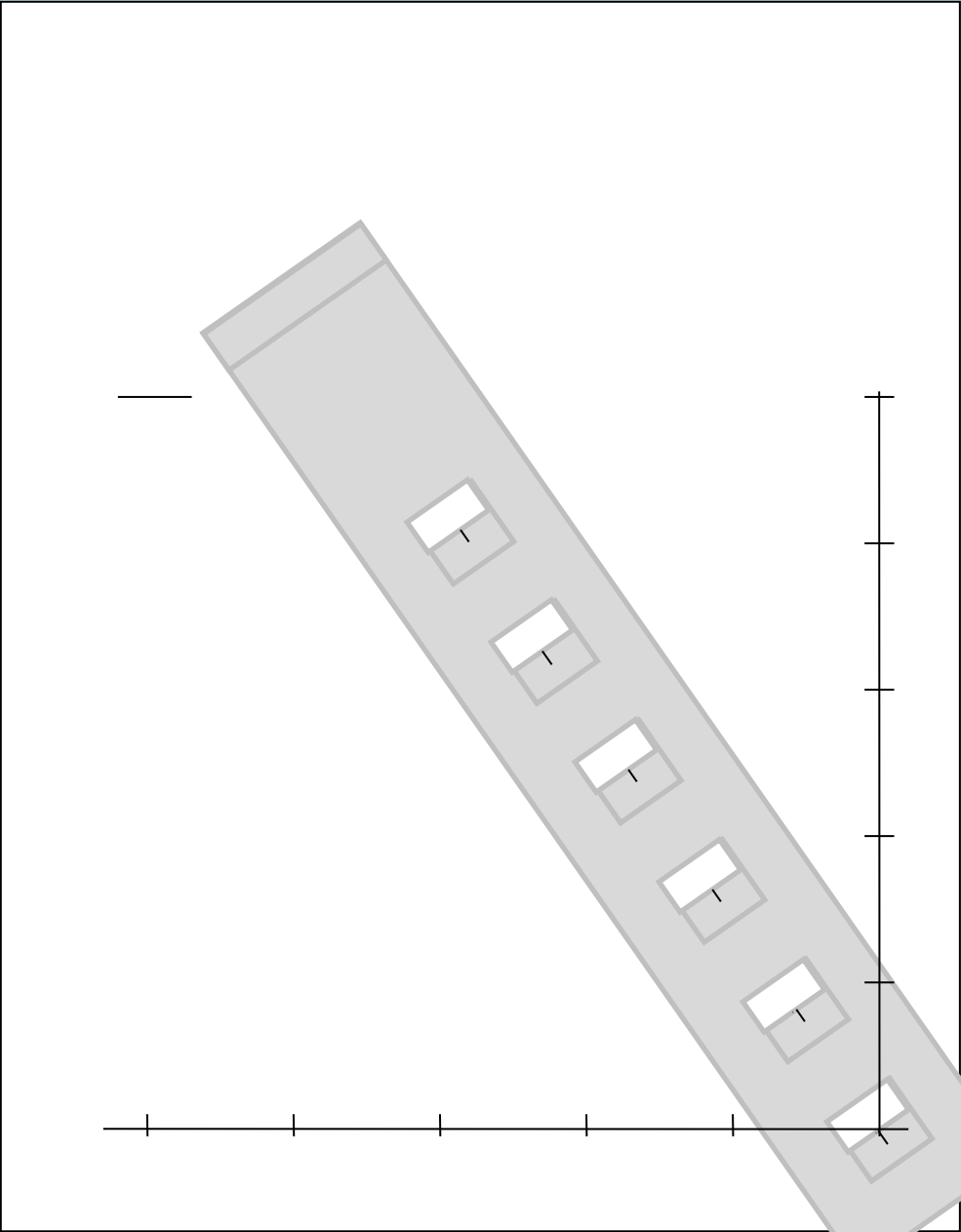
Переносим линейку на начало горизонтального отрезка и получаем вертикальную линию разделенную на отрезки по 10 см., проходящую через начало горизонтального отрезка.

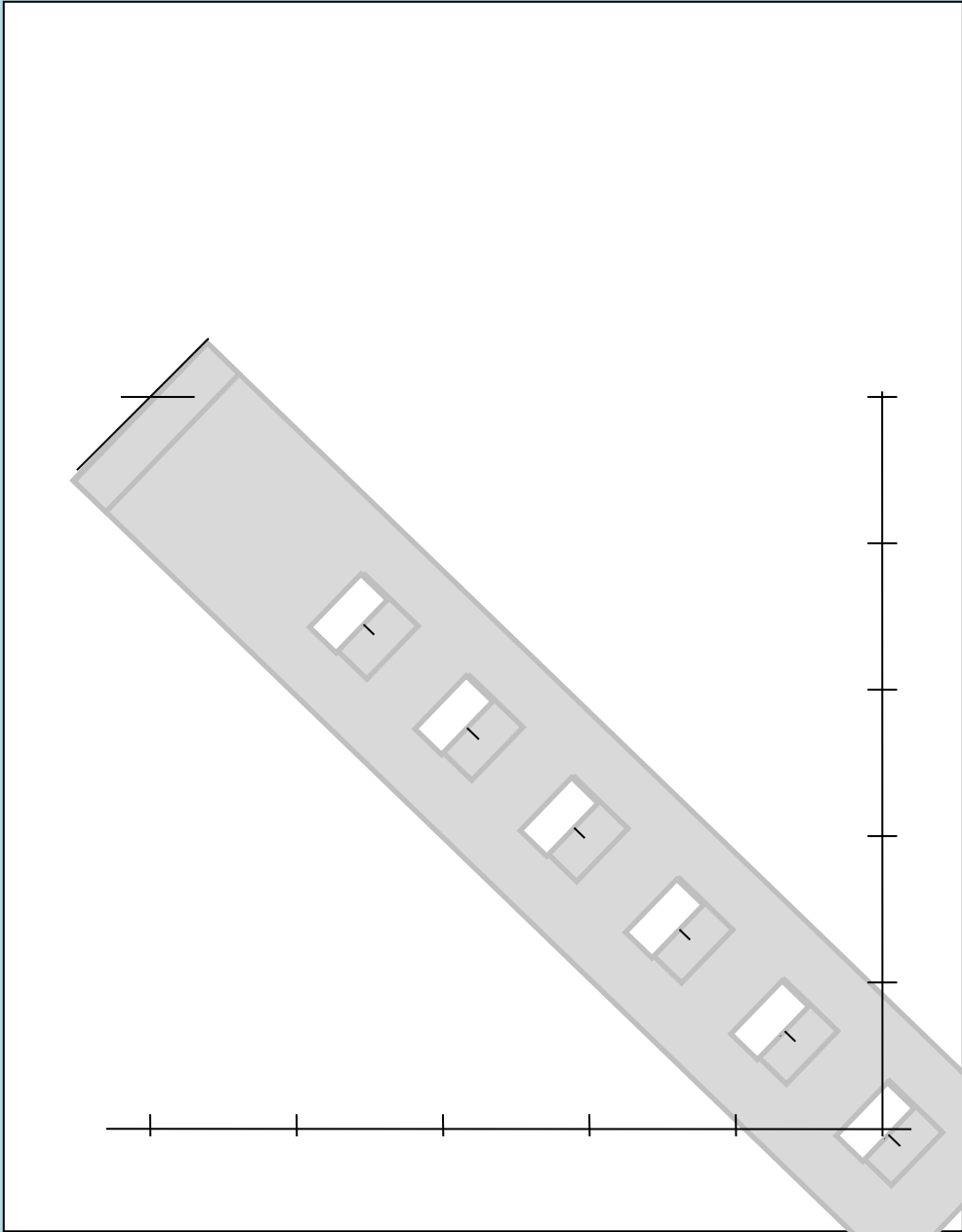


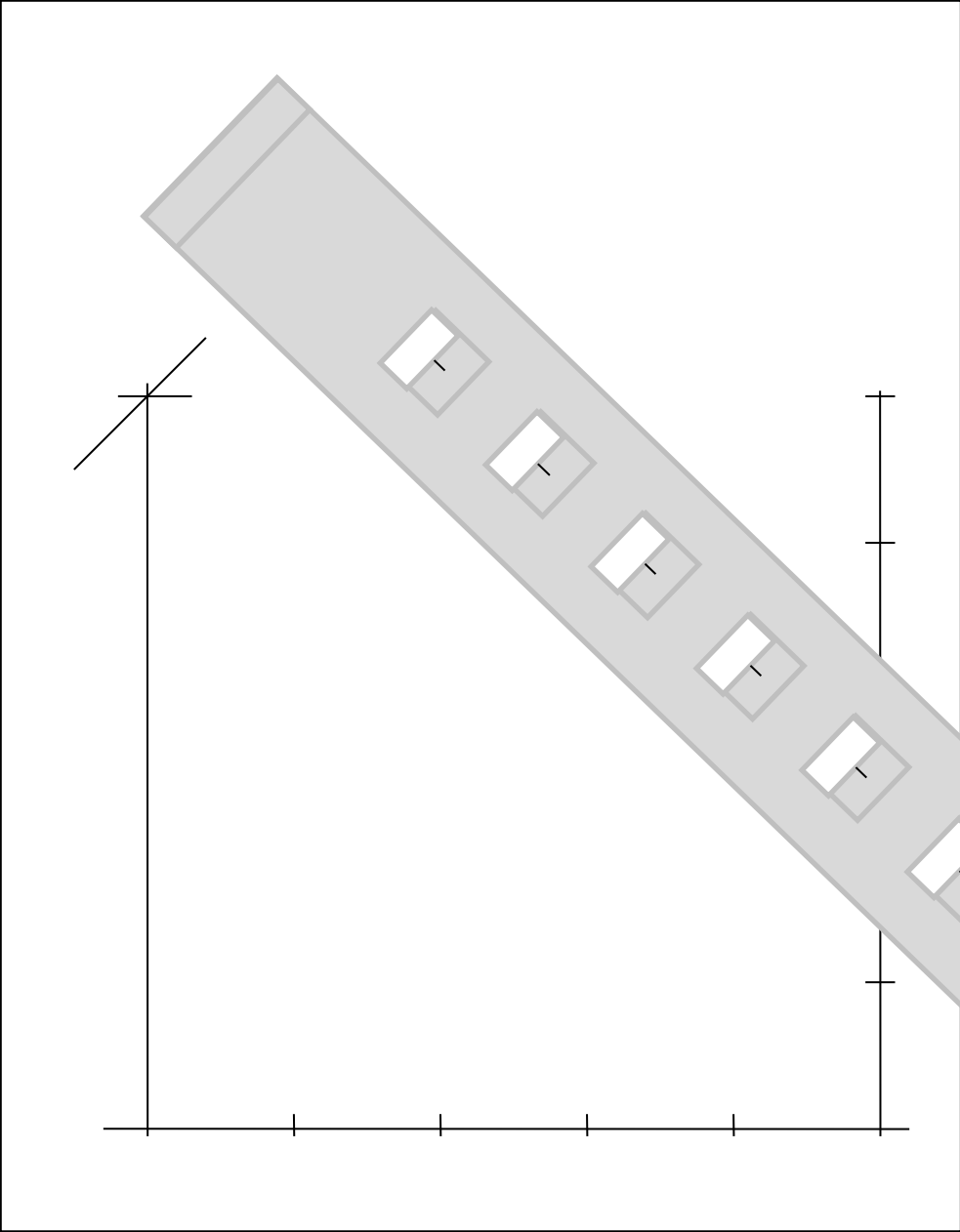


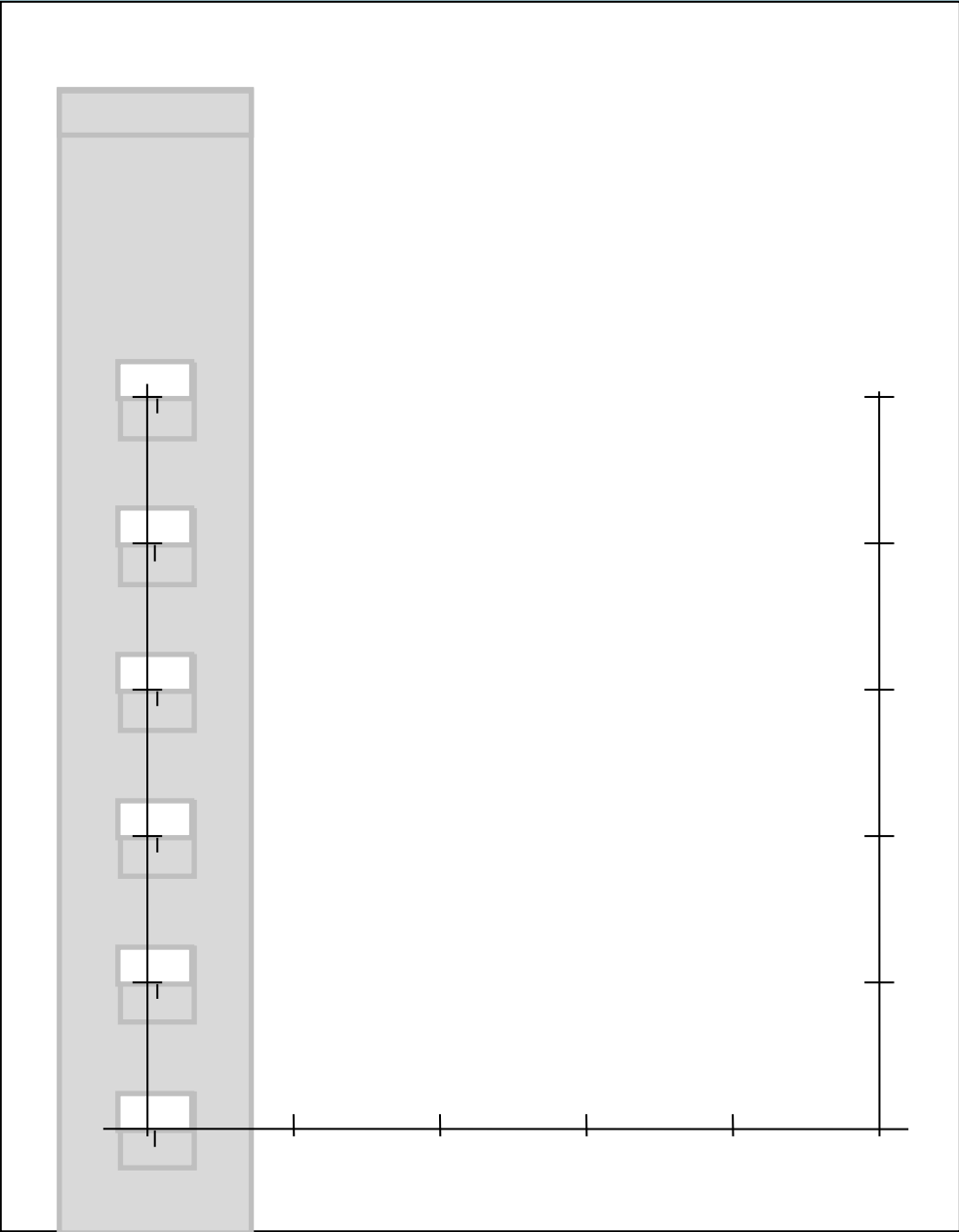


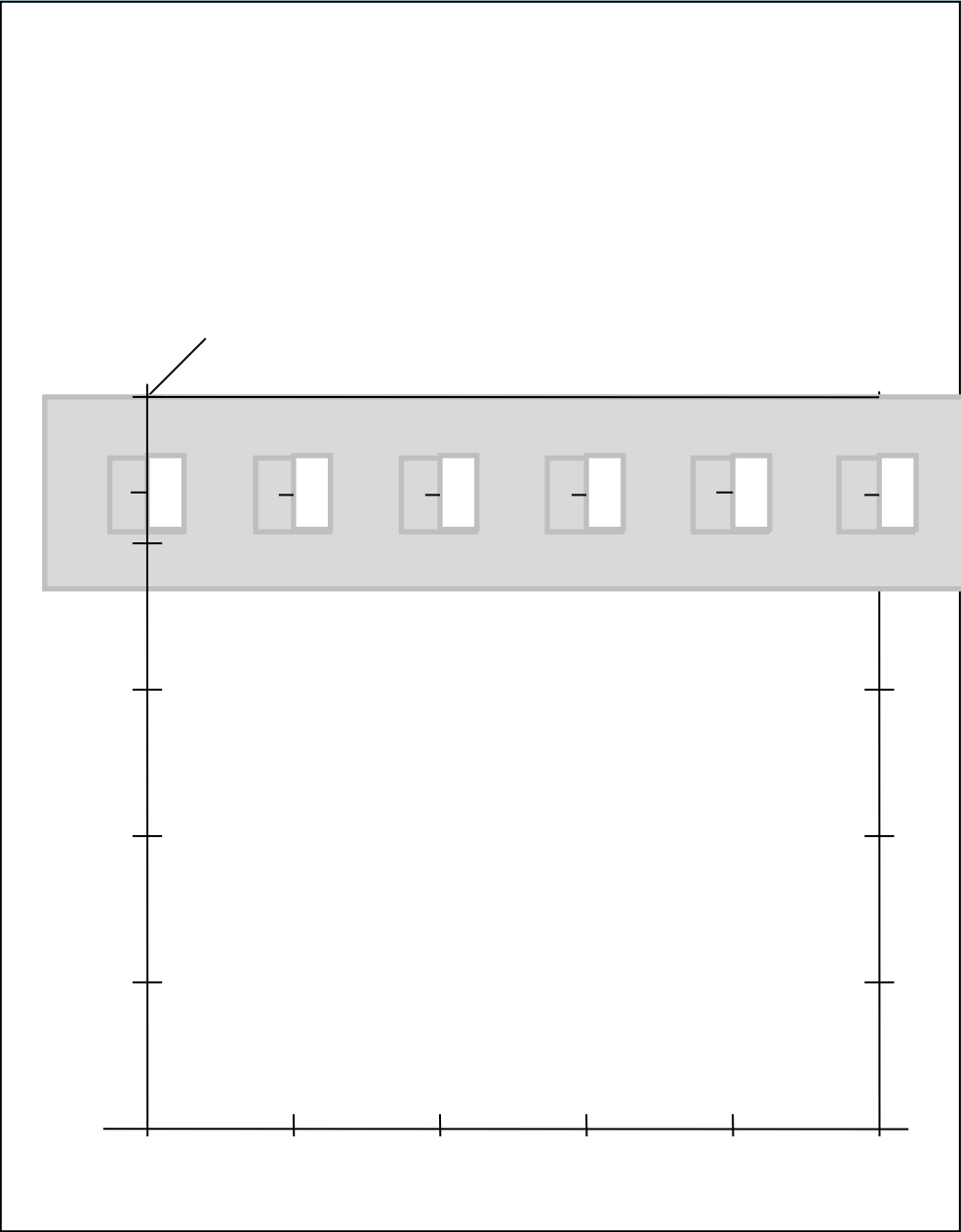




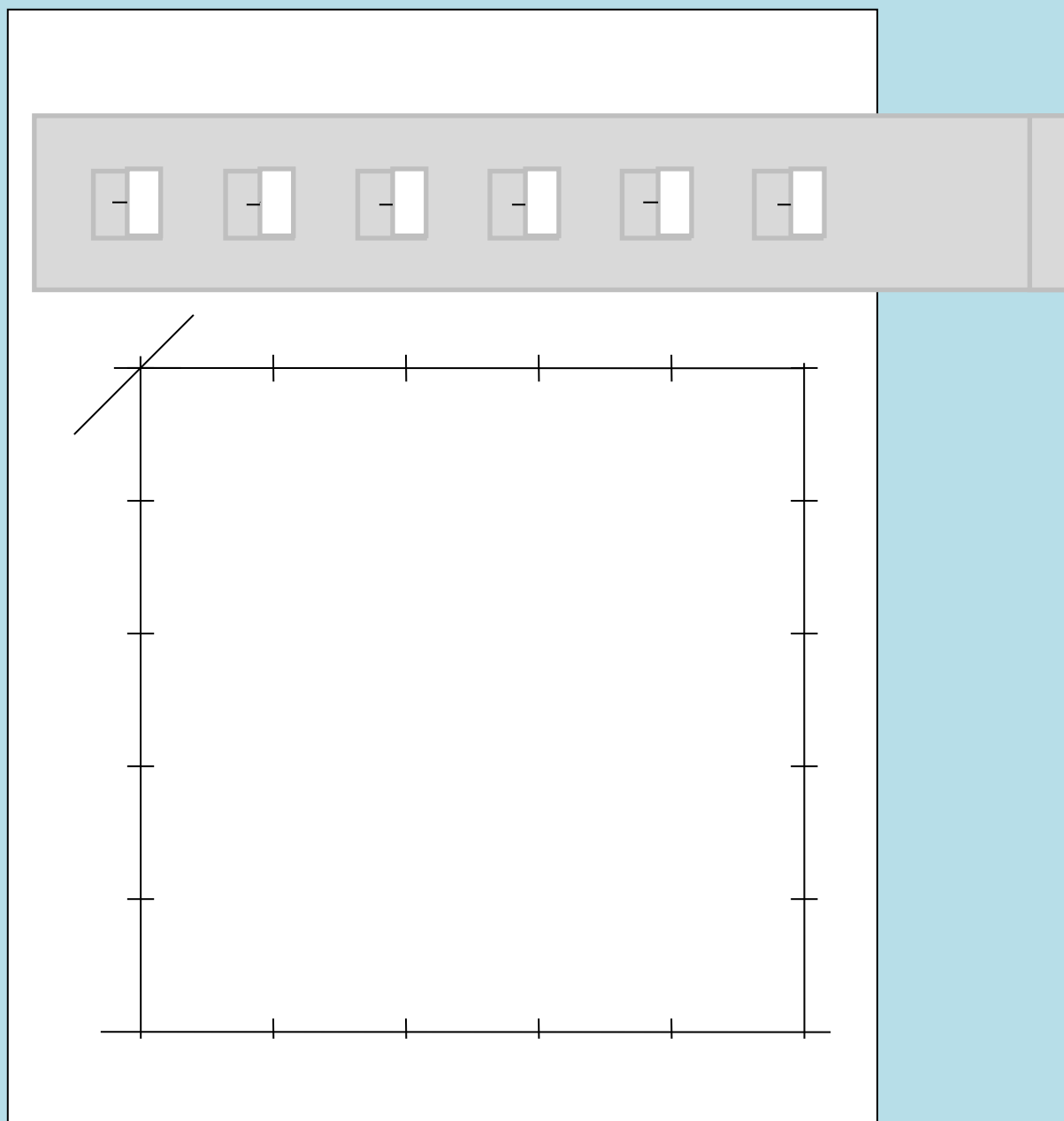








Соединив полученные отрезки получаем координатную сетку.






Сетку с меньшим числом квадратов можно построить с помощью линейки, измерителя и прямоугольного треугольника.

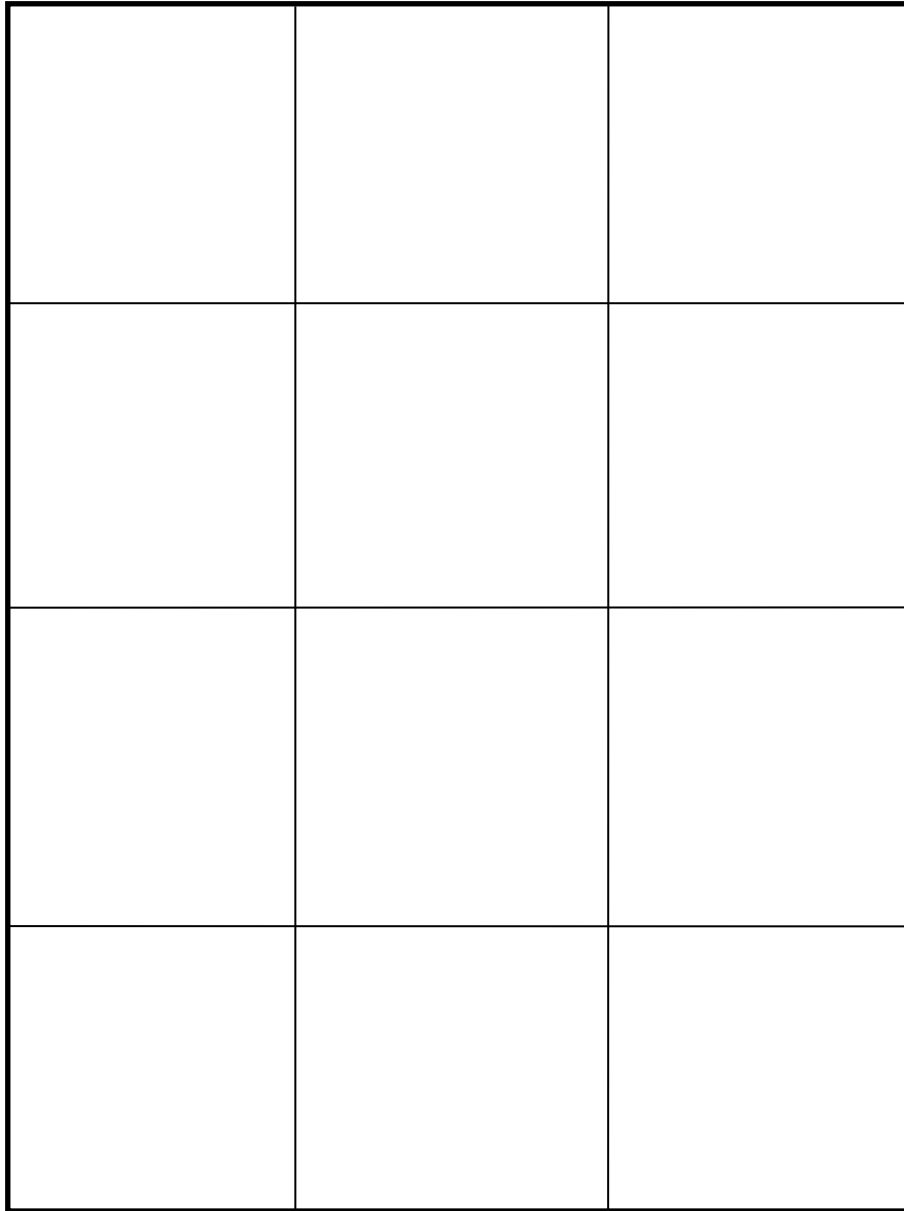
Например строим рамку с размерами  $3 \cdot 4$  квадрата.

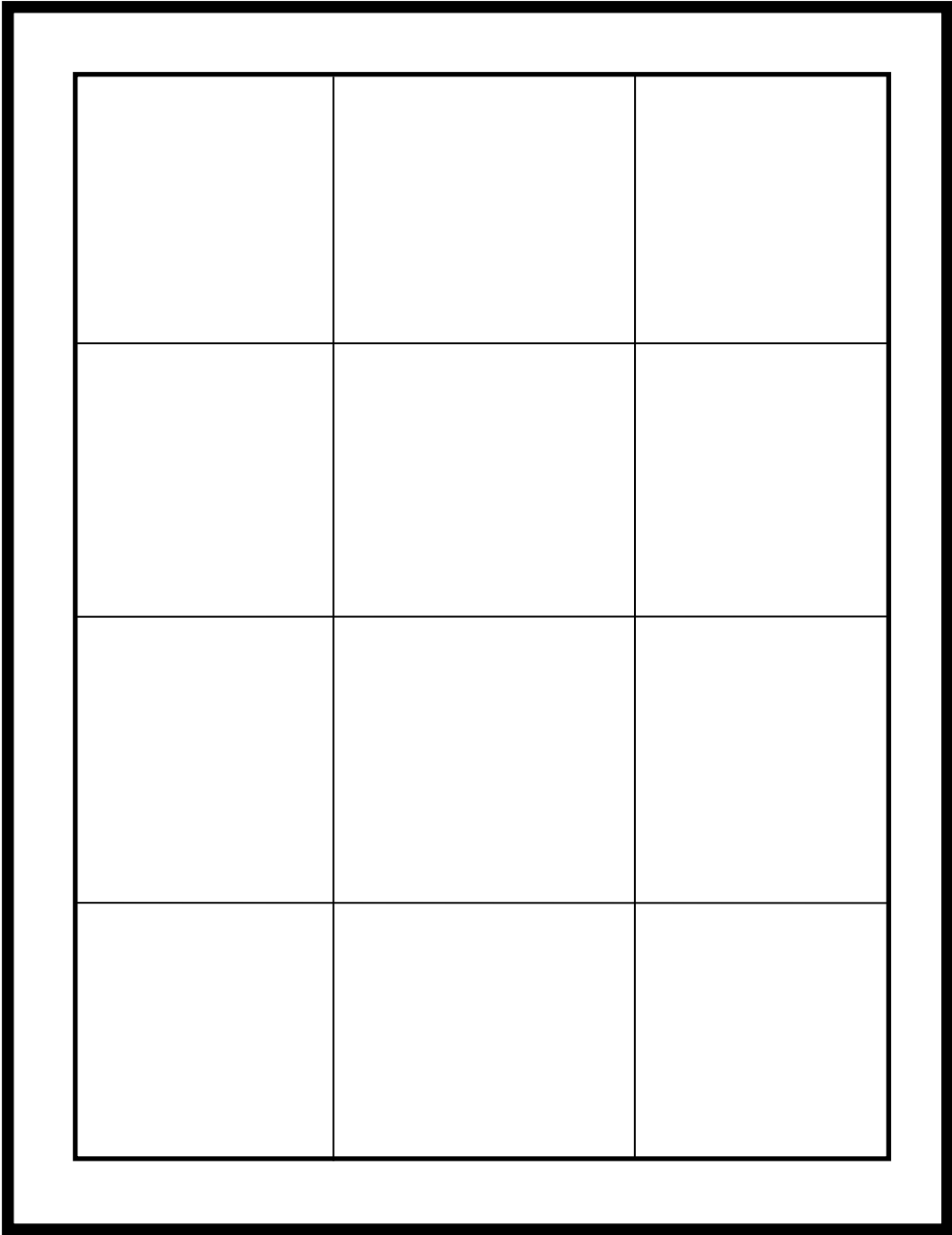


40CM.

30 CM.

Вокруг первой рамки, на расстоянии 1 см от ее края, строим вторую, с толщиной линии 2 мм.





2.

### **Оцифровка координатной сетки.**

Оцифровка координатной сетки производится следующим образом:

- а. Из координатной ведомости выбираются точки с наименьшими значениями координат. Например координата по оси X равна 370. Напротив нижней оси сетки квадратов подписываем число меньше значения 370 и кратное 50, так как строим план в масштабе 1: 500, а 10 см., в 1:500 масштабе, равно 50 метрам. Такими числами могут быть 350 и 300, Начинаем оцифровку с 300.

№ точек Теод. хода	Измеренные углы $\beta$ и	Поправки в углы $\sigma\beta$	Уравненные углы $\beta$	Дирекционные углы $\alpha$	Румбы		Горизонт. Проложение d	Вычисленные приращения координат		Поправки в приращен. координат		Исправлен. Приращен. координат		Координаты точек	
					Назв. ан.	Величина		$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	$\pm\sigma X$	$\pm\sigma Y$	$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	71°12'		71°12'											370	470
				270°47'	СЗ	89°13'	90.08	1.23	-90.07	0.01	0	1.24	-90.07		
II	85°23,5'	+0.5'	85°24'											371.24	379.93
				5°23'	СВ	5°23'	121.23	120.69	11.37	0.01	0	120.70	11.37		
III	60°48'		60°48'											491.94	391.30
				124°35'	ЮВ	55°25'	61.12	-34.69	50.32	0.01	0	-34.68	50.32		
IV	142°35,5'	+0.5'	142°36'											457.26	441.62
				161°59'	ЮВ	18°01'	91.77	-87.27	28.38	0.01	0	-87.26	28.38		
														370	470

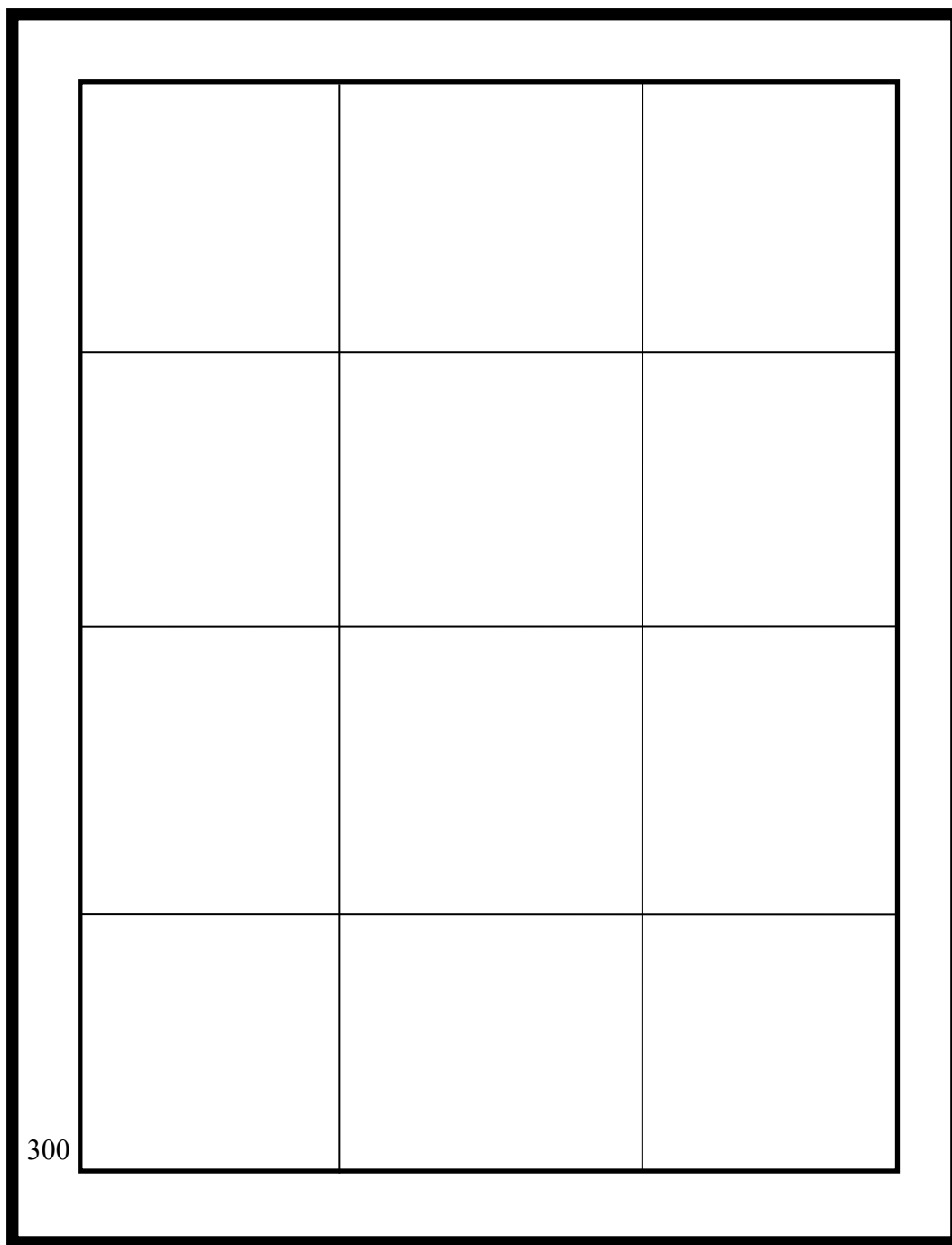
$\Sigma\beta_{п} = 359^{\circ}59'$	$P = 364.2$  $f_p = 0.04$	$\Sigma+ 121.92$	$\Sigma+ 90.07$	$\Sigma+ 121.94$	$\Sigma+ 90.07$
$\Sigma\beta_{т} = 360^{\circ}$		$\Sigma-121.96$	$\Sigma- 90.07$	$\Sigma- 121.94$	$\Sigma- 90.07$
$f\beta_{п} = -1'$		$f_x = -0.04$	$f_y = 0$		
$f\beta_{доп} = \pm 2'$					

$$f_{отн.} = 0.0001$$

$$1/N_{пол.} = 1/9105 \quad 1/N_{доп.} = 1/2000$$

Производим оцифровку по оси X через 50 метров.

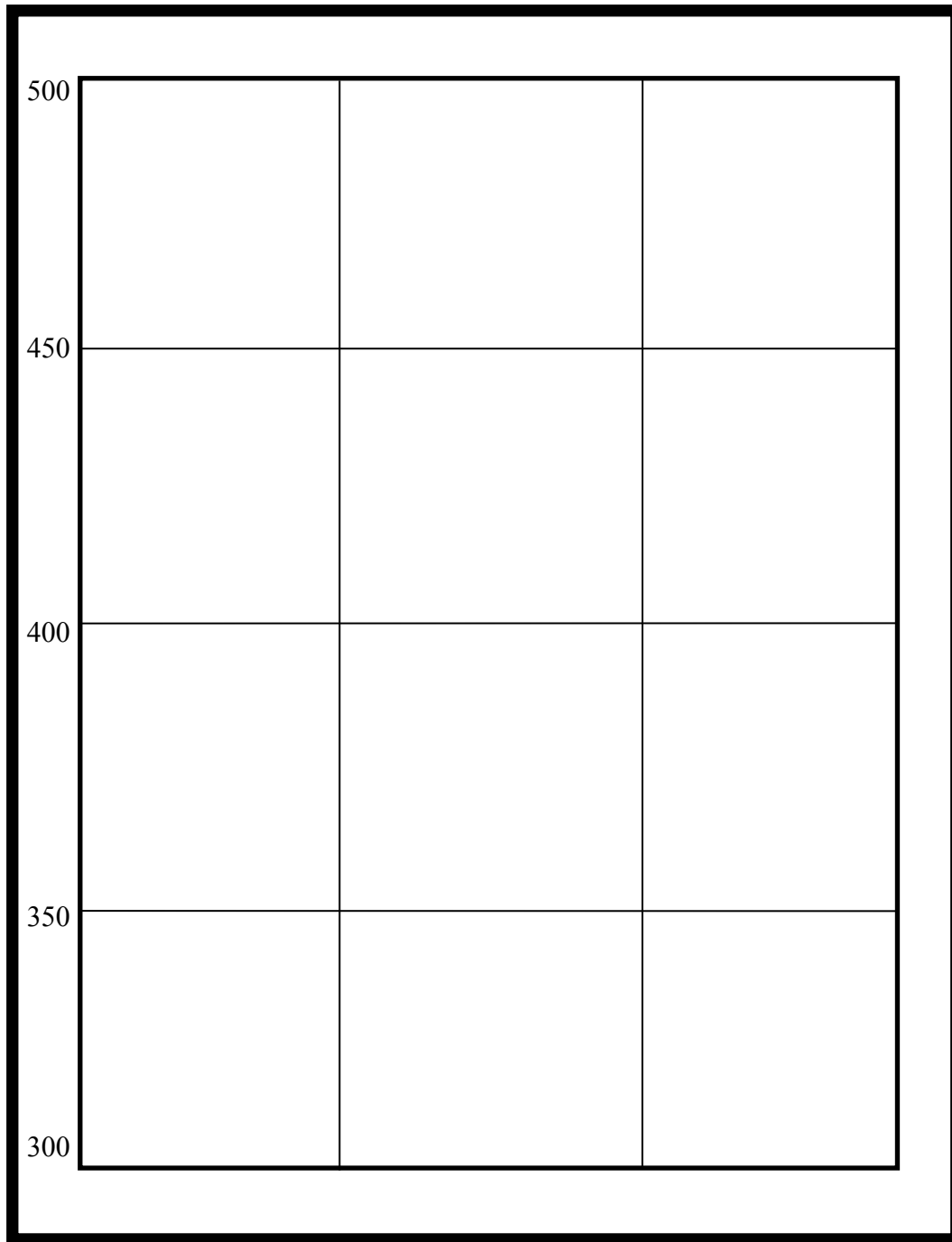
X



Y



X



Y

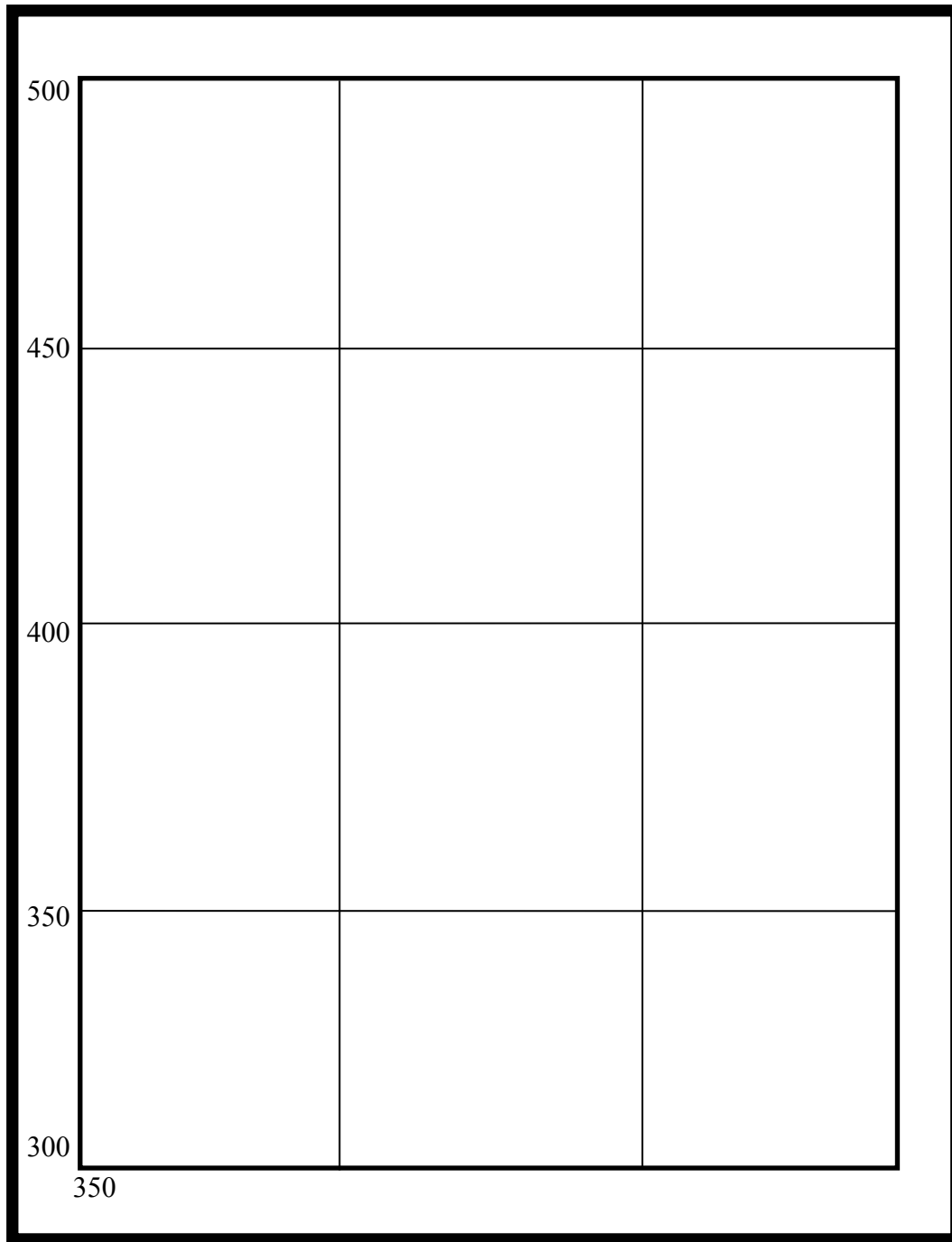
Выбираем наименьшую координату по оси Y, Такой координатой является 379.93. Начинаем оцифровку через 50 метров с 350.

№ точек Теод. хода	Измеренные углы $\beta$ и	Поправки в углы $\sigma\beta$	Уравненные углы $\beta$	Дирекционные углы $\alpha$	Румбы		Горизонт. Проложение d	Вычисленные приращения координат		Поправки в приращен. координат		Исправлен. Приращен. координат		Координаты точек			
					Назв. ан.	Величина		$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	$\pm\sigma X$	$\pm\sigma Y$	$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	X	Y		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
I	71°12'		71°12'											370	470		
				270°47'	СЗ	89°13'	90.08	1.23	-90.07	0.01	0	1.24	-90.07				
II	85°23,5'	+0.5'	85°24'											371.24	379.93		
				5°23'	СВ	5°23'	121.23	120.69	11.37	0.01	0	120.70	11.37				
III	60°48'		60°48'											491.94	391.30		
				124°35'	ЮВ	55°25'	61.12	-34.69	50.32	0.01	0	-34.68	50.32				
IV	142°35,5'	+0.5'	142°36'											457.26	441.62		
				161°59'	ЮВ	18°01'	91.77	-87.27	28.38	0.01	0	-87.26	28.38				
														370	470		
$\Sigma\beta_{п} = 359°59'$				P = 364.2				$\Sigma+$ 121.92	$\Sigma+$ 90.07	$\Sigma+$ 121.94		$\Sigma+$ 90.07					
$\Sigma\beta_{т} = 360°$				$f_{\beta} = 0.04$				$\Sigma-$ 121.96	$\Sigma-$ 90.07	$\Sigma-$ 121.94		$\Sigma-$ 90.07					
$f_{\beta_{п}} = -1'$								$f_x = -0.04$		$f_y = 0$							
$f_{\beta_{доп}} = \pm 2'$																	

$$f_{отн.} = 0.0001$$

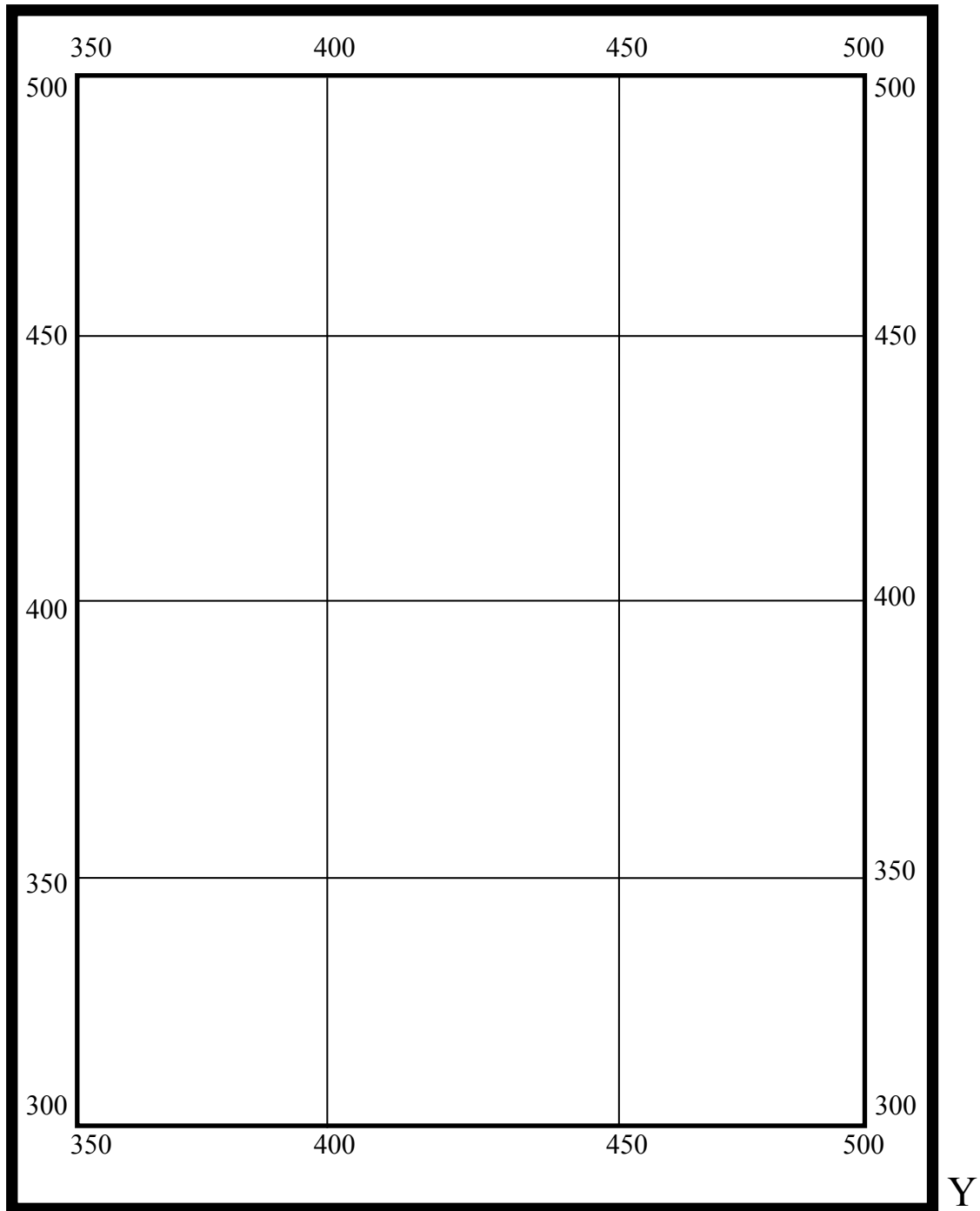
$$1/N_{пол.} = 1/9105 \quad 1/N_{доп.} = 1/2000$$

X



Y

X



Y

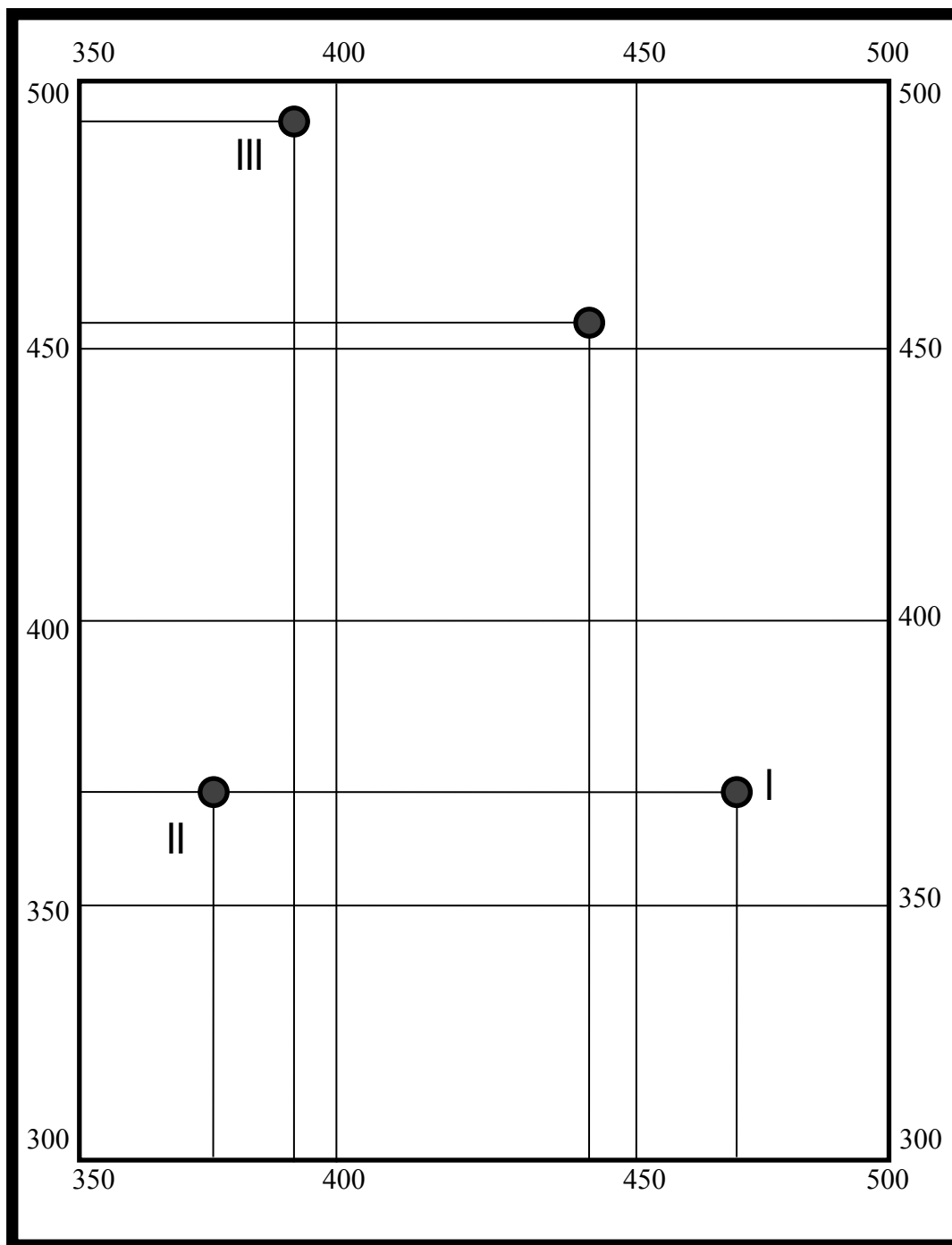
Из координатной ведомости, выносим точки по их координатам,  
на координатную сетку.

№ точек Теод. хода	Измеренные углы $\beta$ и	Поправки в углы $\sigma\beta$	Уравненные углы $\beta$	Дирекционные углы $\alpha$	Румбы		Горизонт. Проложение d	Вычисленные приращения координат		Поправки в приращен. координат		Исправлен. Приращен. координат		Координаты точек			
					Назв. ан.	Величина		$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	$\pm\sigma X$	$\pm\sigma Y$	$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	X	Y		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
I	71°12'		71°12'											370	470		
				270°47'	СЗ	89°13'	90.08	1.23	-90.07	0.01	0	1.24	-90.07				
II	85°23,5'	+0.5'	85°24'											371.24	379.93		
				5°23'	СВ	5°23'	121.23	120.69	11.37	0.01	0	120.70	11.37				
III	60°48'		60°48'											491.94	391.30		
				124°35'	ЮВ	55°25'	61.12	-34.69	50.32	0.01	0	-34.68	50.32				
IV	142°35,5'	+0.5'	142°36'											457.26	441.62		
				161°59'	ЮВ	18°01'	91.77	-87.27	28.38	0.01	0	-87.26	28.38				
														370	470		
$\Sigma\beta_{п} = 359°59'$				$P = 364.2$				$\Sigma+ 121.92$	$\Sigma+ 90.07$	$\Sigma+ 121.94$		$\Sigma+ 90.07$					
$\Sigma\beta_{т} = 360°$				$f\beta = 0.04$				$\Sigma-121.96$	$\Sigma- 90.07$	$\Sigma- 121.94$		$\Sigma- 90.07$					
$f\beta_{п} = -1'$								$f_x = -0.04$		$f_y = 0$							
$f\beta_{доп} = \pm 2'$																	

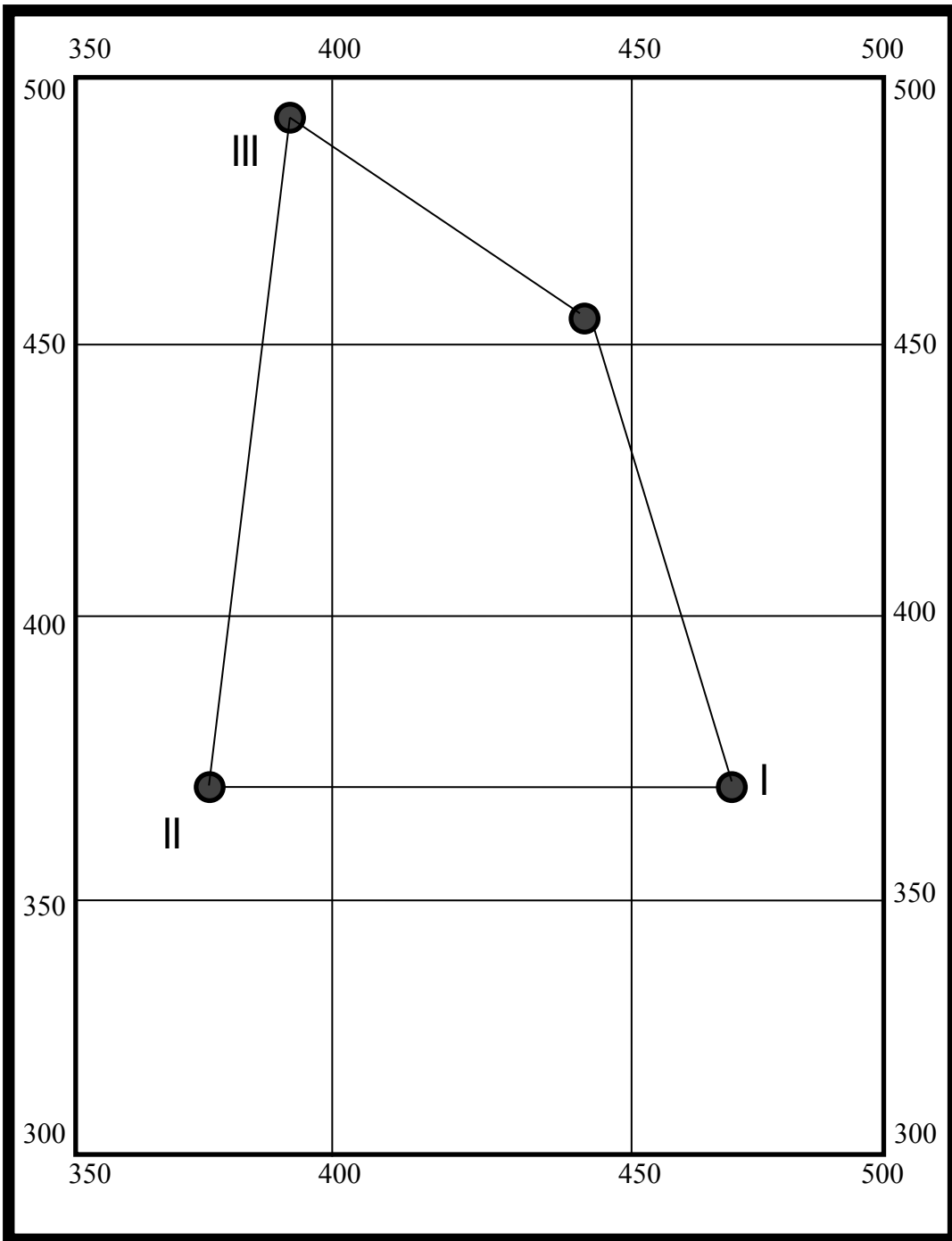
$$f_{отн.} = 0.0001$$

$$1/N_{пол.} = 1/9105 \quad 1/N_{доп.} = 1/2000$$

Соединив полученные точки получаем линию полигона.







Проведя линии теодолитного хода приступаем к выносу результатов съемки подробностей, которые подробно разобраны в презентации «Построение теодолитного плана», там же отображено окончательное оформление плана теодолитной съемки.

## **ЛИНЕЙНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ.**

### **Приборы для измерения линий, компарирование мерных приборов.**

Линейные измерения выполняются с помощью специальных мерных приборов или с помощью дальномеров. К приборам для непосредственного измерения линий относятся мерные ленты, рулетки, проволоки.

- Стальная 20 метровая штриховая лента с вырезами, в которые
- вставляются шпильки.

Против вырезов наносятся штрихи, расстояние между которыми и определяет длину ленты. Метровые деления ленты оцифрованы, полуметры отмечены заклепками, а дециметровые деления сквозными отверстиями. Число сантиметров оценивается на глаз. К концам ленты прикреплены ручки, служащие для натяжения ленты в процессе измерения. В измерительный набор входит комплект из 11 шпилек.

Шкаловые ленты имеют на концах шкалы с миллиметровыми делениями длиной 100 миллиметров. Длина ленты определяется расстоянием между нулевыми штрихами. Шкаловые ленты позволяют проводить измерение расстояний с повышенной точностью.

Стальные рулетки выпускаются различной длины, начиная от 2 до 100 метров. Деления на рулетках нанесены через 1 см. или через 1 мм. Инварные ленты или проволоки, производятся из сплава железа и никеля, который обладает наименьшим коэффициентом теплового расширения. Применяются при наиболее точных измерениях.

**Компарированием** называется сравнение мерного прибора с эталоном, длина которого измерена с особой точностью. Сравнение производится на компараторах, которые подразделяются на, лабораторные и полевые. Лабораторные компараторы устраиваются на ровном полу, на бетонных столбах или на полочках, укрепленных вдоль стен. Длина компаратора измеряется высокоточными приборами (инварными жезлами), которые регулярно сравниваются с эталоном длины. На концах компаратора прикрепляются металлические шкалы с миллиметровыми делениями длиной 150 мм. Компарлируемая лента укладывается на компаратор и натягивается (силой до 10кг.) , после чего берется отсчет по шкалам. Компарирование производится несколькими приемами, каждый раз сдвигая ленту вдоль шкалы компаратора. Окончательная длина вычисляется как среднее из нескольких приемов. При компарировании определяется температура воздуха, которая записывается в журнал. После компарирования получают уравнение рабочей ленты  $l_f = l_k \pm \Delta l$ , где  $l_f$  – фактическая длина ленты,  $l_k$  – номинальная длина рабочей ленты,  $\Delta l$  – поправка за компарирование.

Полевой компаратор представляет собой закрепленный на местности базис длиной около 120 метров, замеренный линейными приборами высокой точности. Базис измеряют рабочей лентой не менее 4 раз в прямом и обратном направлениях, после чего находится среднее значение из этих измерений. Поправка ленты за компарирование находится по формуле:

$$\Delta = \frac{D_k - D_{cp}}{n}$$

Где  $D_k$  – длина полевого компаратора,  $D_{cp}$  – среднее значение длины компаратора, полученное при измерении рабочей лентой,  $n$  – число уложений ленты.

Компарирование рабочей ленты может быть выполнено путем сравнения ее длины с длиной компарированной ленты. Расхождения между длинами двух лент измеряются линейкой с миллиметровыми делениями.

Полученная величина расхождения и является поправкой за компарирование  $\Delta$ .

Измерение длин линий с помощью ленты или рулетки производится в прямом и обратном направлениях. Выбранное направление предварительно провешивается ( т.е. вехи устанавливаются так, чтобы при взгляде с начальной точки измерения на конечную, они сливались в единое целое) с помощью теодолита, или на глаз если конечная веха не фиксируется теодолитом. При измерении линий измеряется температура воздуха и записывается в журнал измерений.

## **УЧЕТ ПОПРАВОК ПРИ ЛИНЕЙНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ. ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ.**

В измеренную длину ленты вводятся поправки за компарирование мерного прибора, за температуру, за наклон.

Поправка за компарирование ленты определяется по формуле:

$$\Delta D_k = (D/20) \cdot \Delta l$$

Где  $D$ - длина линии,  $\Delta l$  - поправка за компарирование, вводимая с обратным знаком. Если значение  $\Delta l$  меньше 3 миллиметров, поправка за компарирование не вводится.

Поправка за температуру вычисляется по формуле:

$$\Delta D_t = D\alpha (t_{\text{изм.}} - t_k)$$

Где  $\alpha$  - линейный коэффициент расширения стали ( $12 \cdot 10^{-6}$ ),  $t_{\text{изм.}}$ -средняя температура в период измерения,  $t_k$  – температура в период компарирования. При  $(t_{\text{изм.}} - t_k)$  менее  $8^\circ$  поправка  $\Delta D_t$  не вводится.

Поправка за наклон линии местности при угле более 1 градуса вычисляется по формуле:

$$\Delta D_v = D - d = D - D\cos\gamma = D(1 - \cos\gamma) \text{ или } \Delta D_v = 2D\sin^2 \gamma/2$$

Поправки могут быть получены из специальных таблиц. Если линия имеет отрезки разной крутизны, то поправки за наклон вычисляются для каждого отрезка.

Определяем проектную длину линии по формуле:

$$D = d + \delta D_k + \delta DV + \delta Dt = 36.17 + (-0.09) + 0.0065 - 0.03 = 36.056 \text{ м.}$$

Поправки за компарирование и температуру прибавляются или отнимаются в зависимости от знака, поправка за уклон всегда отнимается независимо от знака, при переносе длины с местности на план и наоборот.

Точность измерения стальной лентой зависит, главным образом, от характера местности. Различают три категории местности, в зависимости от которых устанавливается допустимая ошибка измерений:

1. Благоприятные условия ( ровная ,хорошо просматриваемая поверхность с твердым грунтом). Допустимая относительная ошибка измерений равна 1: 3000.
2. Средние условия (слабо кочковатая поверхность с переменным составом грунта) – 1: 2000.
3. Неблагоприятные условия (сильно кочковатая , болотистая местность) - 1:1000.

## Контрольные вопросы

1. Для чего проводится теодолитная съемка ?
2. Что измеряется при теодолитной съемке ?
3. Какие разновидности теодолитных ходов вы знаете ?
4. Какой ход называется висячим ?
5. Какие способы съемки подробностей вы знаете ?
6. В каких случаях целесообразно применять способ угловых засечек ?
7. Какие измерения производятся при нахождении положения точки способом полярных координат ?
8. Что такое невязки ?
9. Как определяется угловая невязка замкнутого полигона?
10. Определите сумму углов замкнутого 9-ти угольного полигона.
11. Формула, по которой определяется сумма правых углов разомкнутого полигона ?
12. Чему равна сумма приращений координат в разомкнутом полигоне ?
13. Как вычисляется абсолютная невязка периметра хода ?
14. Как определяется относительная невязка хода ?
15. В каких случаях измерения признаются правильными ?
16. Как разносятся невязки по осям X и Y?
17. Чему должна быть равна сумма поправок в приращения координат ?
18. Как определяются исправленные приращения координат?
19. Напишите формулы определения координат точек теодолитного хода ?
20. Как производится оцифровка координатной сетки ?
21. Какова последовательность построения плана теодолитной съемки ?
22. Как вводится поправка за компарирование ?
23. Чему равна поправка за температуру ?
24. При какой величине наклона поверхности, поправка за наклон не вводится ?