

# Лекция №10

## Полевые работы по перенесению проекта в натуру

1. Элементы разбивочных работ
2. Построение на местности фигур разбивки
3. Организация полевых работ

# Элементы разбивочных работ

- Основными элементами разбивочных работ являются: проектный угол и проектная длина линии.
- Построение проектного угла заключается в отложении от пунктов геодезической основы предвычисленного значения направления и закрепление его на местности.
- Вычисление проектного угла выполняется по исходным координатам пунктов геодезической основы и проектным координатам разбиваемой точки.



Схема вычисления проектного угла

Вычисление проектного угла выполняется по следующим формулам:

$$\beta_{\text{ПР}} = \alpha_{2-A} - \alpha_{2-1}$$

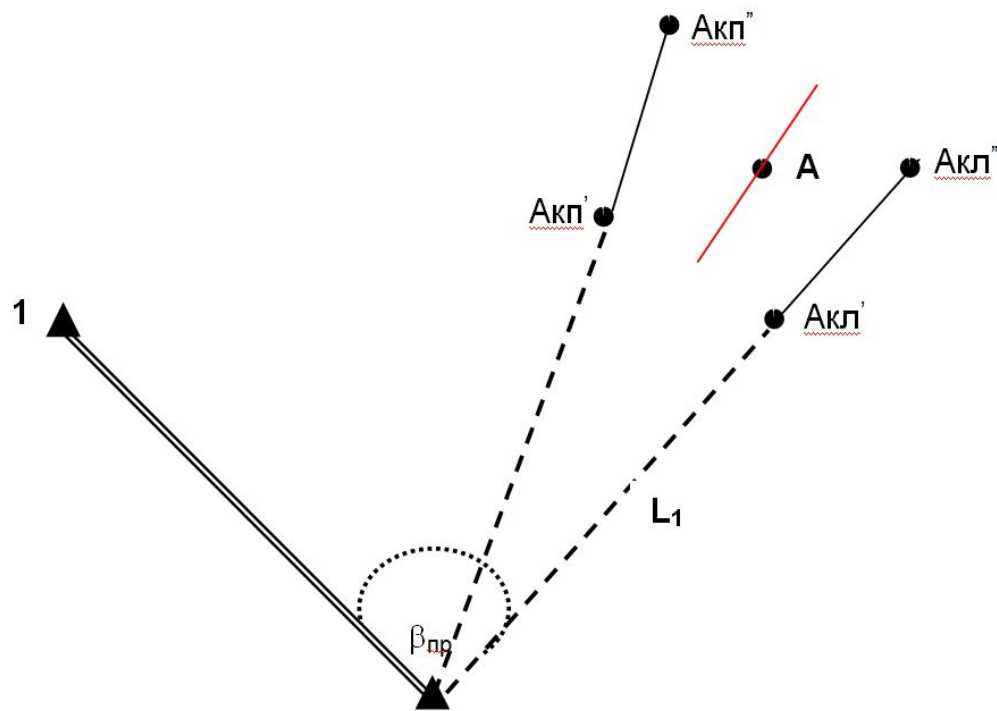
$$\alpha_{2-1} = \arctg \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2}$$

$$\alpha_{2-A} = \arctg \frac{Y_A - Y_2}{X_A - X_2}$$

- Технология построения на местности проектного угла заключается в следующем:
- Над исходным пунктом геодезического обоснования устанавливается теодолит, а над точкой 1 визирное приспособление;
- Теодолит наводится на точку 1 и снимается отчет по горизонтальному кругу, который, желательно, должен быть близок к нулю градусов.
- Затем вычисляется проектное значение угла, которое устанавливается на горизонтальном круге теодолита
- На расстоянии  $l_1$  (*оно должно быть меньше расстояния до проектной точки*) в биссектор визирной трубы теодолита вводится визирная цель, которая затем закрепляется на местности.
- После этого на расстоянии  $l_2$  (*оно должно быть больше расстояния до проектной точки*) повторяют указанные действия и получают вторую точку. Натягивая между закрепленными точками леску или проволоку, получают искомое проектное направление.



- Для повышения точности отложения проектного угла и исключения ряда инструментальных ошибок указанные операции выполняют при втором положении горизонтального круга. За окончательное значение проектного угла берут среднее значение.



*Методика построения на местности проектного направления*

- Построение проектной линии заключается в отложении от исходного пункта вычисленной заранее длины линии по заданному направлению.
- Горизонтальное проложение длины линии вычисляют по координатам пунктов исходной геодезической основы и проектным координатам разбиваемой точки.

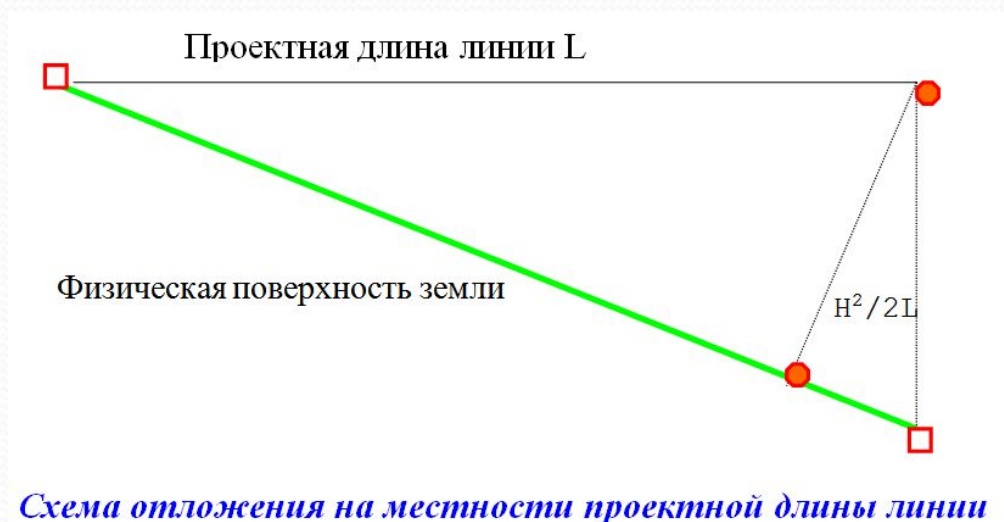




- Формулы для вычисления проектной длины линии имеют следующий вид:

$$L = \sqrt{(X_2 - X_A)^2 + (Y_2 - Y_A)^2} \quad L = \frac{(X_2 - X_A)}{\cos \alpha_{2A}} \quad L = \frac{(Y_2 - Y_A)}{\sin \alpha_{2A}}$$

- Если проектирование выполнялось графическим или механическим способом то поправку за наклон вводят при углах наклона более  $5^\circ$ , а при аналитическом способе проектирования — более  $1,5^\circ$ .
- При отложении проектной длины линии по наклонной поверхности, поправку за редуцирование следует прибавлять к полученному значению.



# Построение на местности фигур разбивки

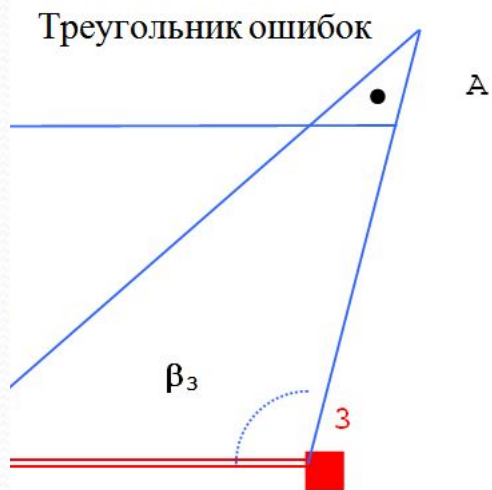
- Целью построения фигур разбивки является получение на местности поворотных точек, закрепляющих границы или положение запроектированных объектов.
- Основой для построения фигур разбивок являются пункты существующего на местности геодезического обоснования с исходными координатами и запроектированные на бумажном носителе или в электронном формате поворотные точки с аналитическими координатами.
- В качестве фигур разбивки могут быть использованы следующие геодезические построения:
  1. прямая угловая засечка,
  2. способ полярных координат,
  3. линейная засечка,
  4. обратная угловая засечка
  5. комбинированные построения, которые являются комбинацией перечисленных выше способов.



- Схема разбивки проектной точки прямой угловой засечкой заключается в отложении от исходных пунктов геодезического обоснования проектных углов ( $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ) на разбиваемую точку (при этом, для контроля качества разбивки, желательно, чтобы число исходных пунктов было не менее трех).







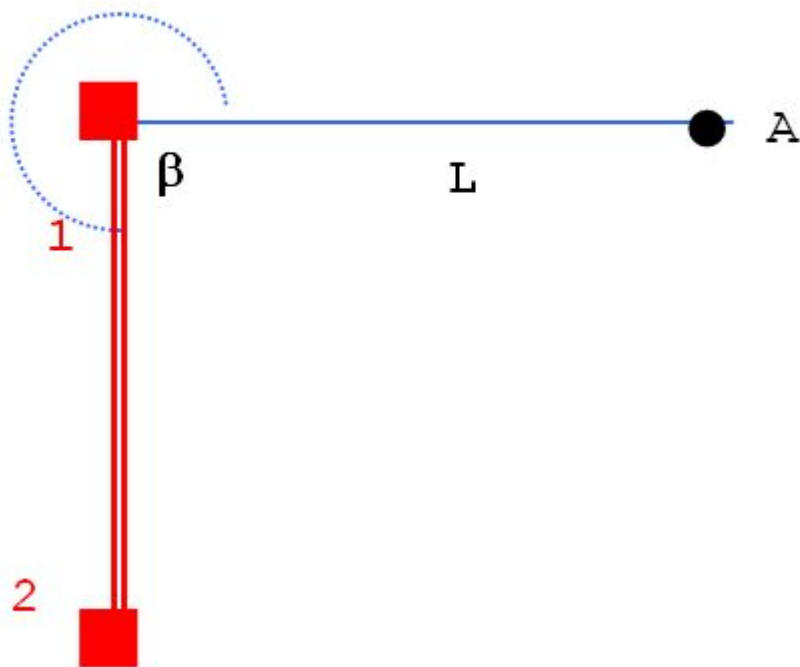
- В результате пересечения трех плоскостей получается треугольник ошибок, по размерам сторон которого оценивают качество выполненных разбивочных работ.
- Если сторона треугольника ошибок удовлетворяет условию
 
$$S_{\max} \leq 2m_M$$
- где  $m_M$  - заданная точность положения на местности межевого знака
- то качество разбивки признают удовлетворительным и за окончательное положение межевого знака принимают среднее значение в треугольнике ошибок
  - При работе только с двумя исходными пунктами геодезического обоснования, отсутствует треугольник ошибок и, как следствие, отсутствует контроль качества выполненных разбивочных работ.

- При проектировании точки прямой угловой засечкой следует придерживаться следующих основных условий:
  1. Исходные пункты геодезической основы необходимо выбирать максимально близко к разбиваемой точке;
  2. Углы засечки, по возможности, должны находиться в диапазоне от  $30^{\circ}$  до  $150^{\circ}$ . Оптимальное значение угла засечки, при котором будет отмечаться максимальная точность разбивки  $90^{\circ}$ .
- Недостатки данного способа:
  1. Сложность при закреплении разбивочных углов на больших расстояниях от исходных пунктов;
  2. Большие временные затраты при организации разбивочных работ (*переезды с одного исходного пункта на другой*);
  3. Зависимость точности вынесения проектной точки от величин углов разбивки.



- Разбивка проектной точки способом полярных координат заключается в отложении от одного пункта и одного дирекционного угла исходного геодезического обоснования разбивочного угла и длины линии.

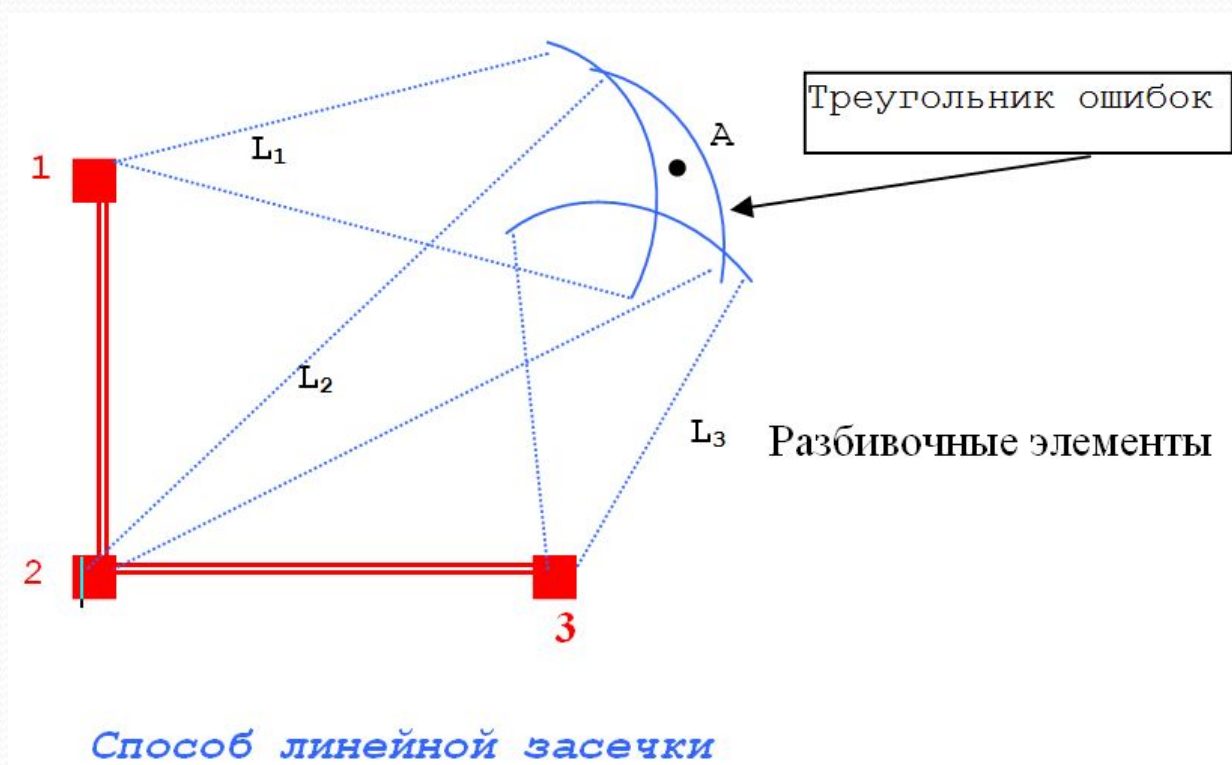
### *Способ полярных координат*





- При использовании этого способа разбивки следует учитывать следующие достоинства:
  1. Конструкция фигуры разбивки не оказывает влияния на точность выносимой проектной точки;
  2. Для выполнения разбивки необходимо только один исходный пункт и один исходный дирекционный угол;
  3. Простая организация работ на коротких длинах линий.
- Недостатки способа:
  1. Отсутствует контроль качества разбивки проектной точки;
  2. Сложность при организации работ на больших длинах линий.

- Разбивка проектной точки линейной засечкой заключается в отложении от исходных пунктов геодезического обоснования разбивочных длин линий ( $L_1, L_2, L_3$ ).
- Для контроля качества выполнения разбивки исходных пунктов должно быть не менее 3. (*Проверка качества разбивочных работ выполняется по аналогии с прямой угловой засечкой*)





● При проектировании такой фигуры разбивки следует придерживаться следующих условий:

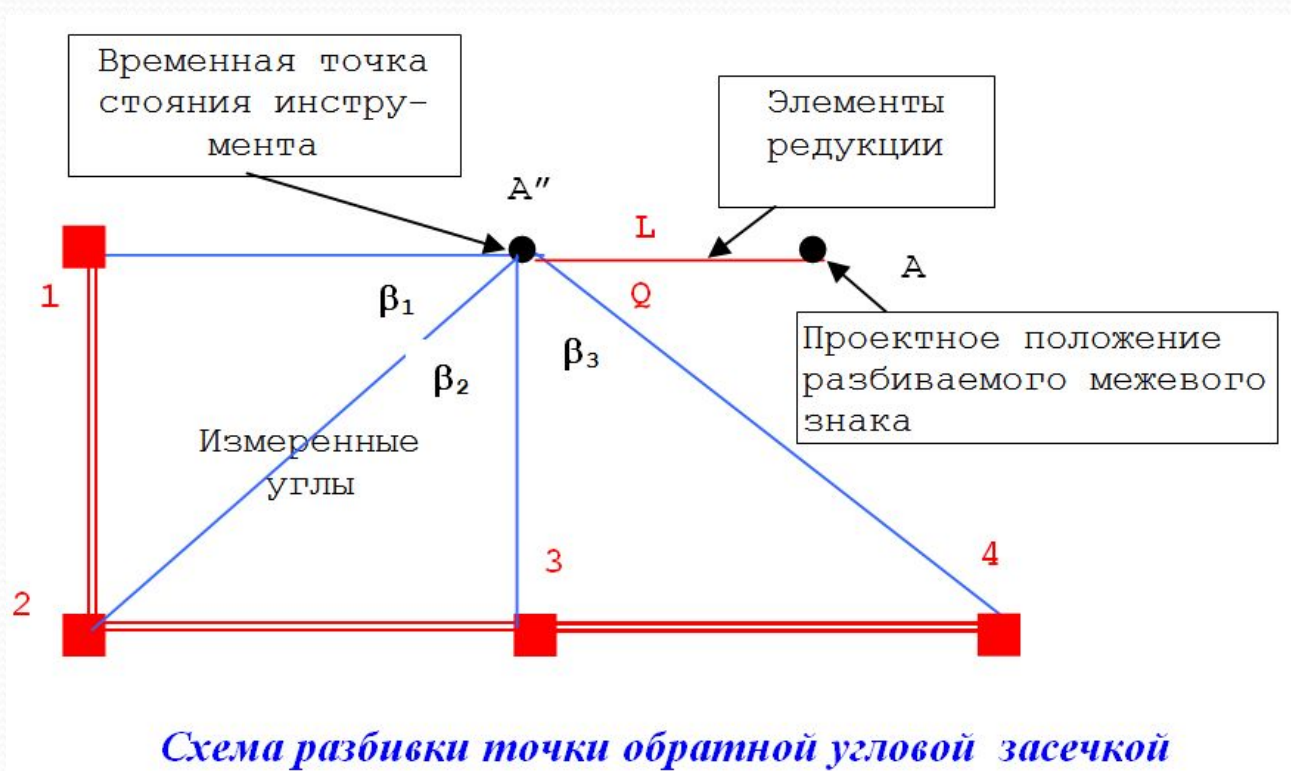
1. Углы засечки (углы между смежными направлениями на разбиваемой точке), по возможности, должны находиться в диапазоне от  $30^{\circ}$  до  $150^{\circ}$ . Оптимальное значение угла засечки, при котором будет отмечаться максимальная точность разбивки  $90^{\circ}$ ;
2. Длина разбивочных элементов не должна превышать длину мерного прибора ( $L_i < L_{\text{ПРИБ}}$ ).

● Недостатки данной схемы:

1. Зависимость точности вынесения проектной точки от величин углов разбивки;
2. Сложность в использовании светодальномеров;
3. Зависимость длины разбивочных элементов от длины мерного прибора (*как правило, используется металлическая рулетка длиной 50м.*).



- Разбивка точки обратной угловой засечкой заключается в измерении с временной точки стояния инструмента углов ( $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ ) на не менее чем 4 исходных пункта геодезического обоснования, а затем редуцировании временной точки в проектное положение ( $Q, L$ ).



● Технологическая схема разбивки проектной точки способом обратной угловой засечки заключается в следующем:

1. Устанавливают теодолит на временную точку  $A'$  и измеряют углы на исходные пункты геодезического обоснования 1,2,3,4. При этом желательно расположение временной точки  $A'$  вблизи проектного положения  $A$ ;
2. Выполняют математическую обработку результатов геодезических измерений и вычисляют уравненные координаты временной точки стояния инструмента  $X_{A''}$ ,  $Y_{A''}$ ;
3. По разностям проектных и уравненных координат вычисляют угловой  $\theta$  и линейный элемент  $L$  для редуцирования временной точки стояния инструмента из временного в проектное положение  $A$  (по аналогии со способом полярных координат);

$$\theta = \alpha_{A''-A} - \alpha_{A''-1}; \quad \alpha_{A''-A} = \arctg \frac{Y_A - Y_{A''}}{X_A - X_{A''}}; \quad \alpha_{A''-1} = \arctg \frac{Y_1 - Y_{A''}}{X_1 - X_{A''}}.$$

$$L = \sqrt{(X_{A''} - X_A)^2 + (Y_{A''} - Y_A)^2}.$$



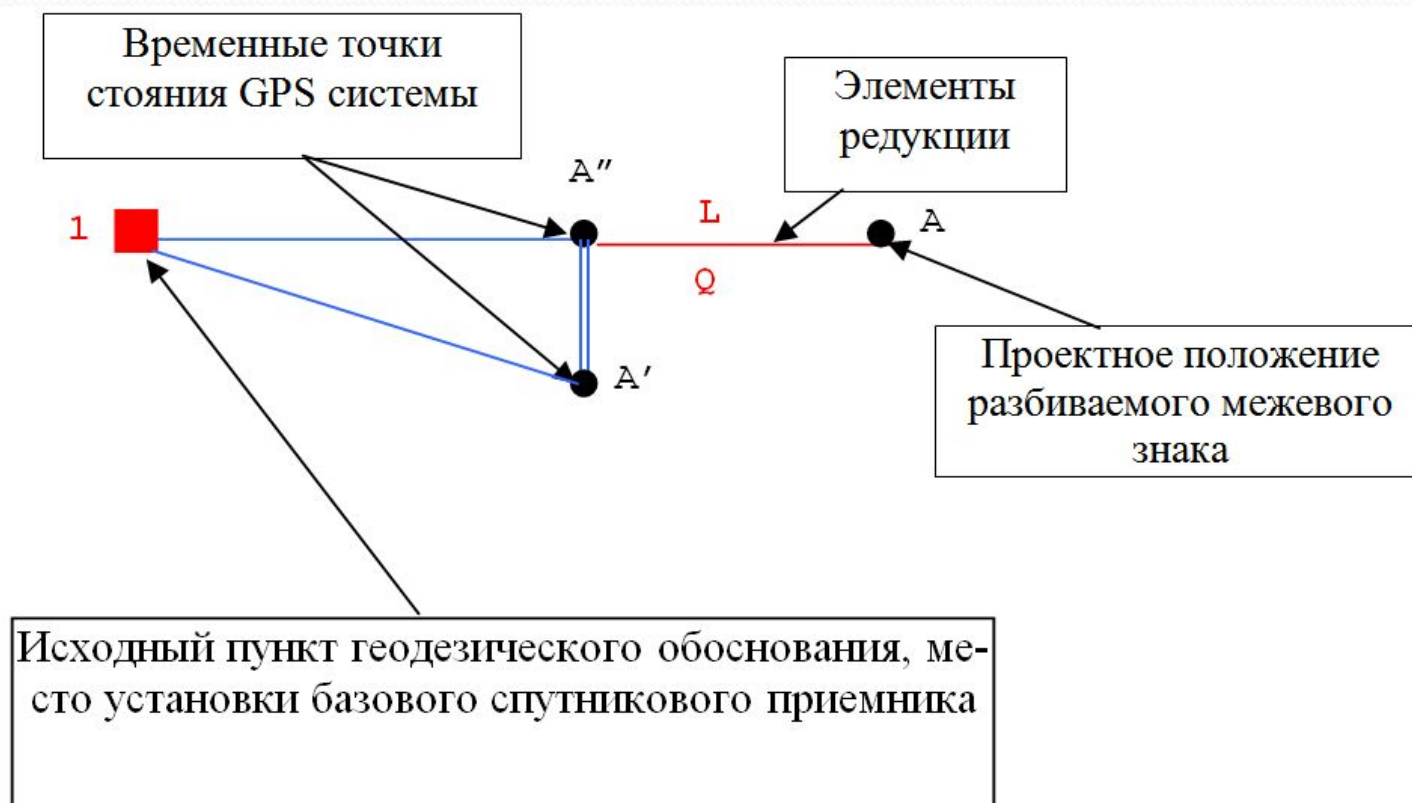
4. Откладывают элементы редуцирования и закрепляют на местности проектное положение искомой поворотной точки.
5. Для контроля качества выполненной разбивки с полученного в натуре проектного положения измеряют углы на исходные пункты геодезического обоснования. По разности координат, полученных из уравнивания и их проектных значений, делают заключение о качестве выполненной разбивки.

$$X_A^{\text{ПРОЕКТ}} - X_A^{\text{ФАКТ}} = \Delta_X; \quad Y_A^{\text{ПРОЕКТ}} - Y_A^{\text{ФАКТ}} = \Delta_Y; \quad \Delta = \sqrt{\Delta_X^2 + \Delta_Y^2} \leq m_A.$$



- При проектировании разбивки проектной точки способом обратной угловой засечки следует учитывать следующие факторы:
  1. Простая организация работ. Углы измеряются, а не откладываются, только на одной точке (*сравните со способом прямой угловой засечки*);
- Недостатки:
  1. В полевых условиях необходимо выполнять уравнивание результатов геодезических измерений и вычислять элементы для редуцирования временной точки стояния инструмента  $A'$  (*во всех остальных способах разбивки разбивочные элементы вычисляются в камеральных условиях до начала разбивочных работ*);
  2. Точность разбивки точки способом обратной угловой засечки зависит от ее расположения относительно “опасного круга” (“опасным кругом” называют окружность, проходящую через исходные пункты и разбиваемую точку). Чем ближе разбиваемая точка к опасному кругу, тем ниже ее точность и наоборот.

- Комбинированный способ основан на использовании GPS - технологий и метода редуцирования. Принципиальная схема такого способа приведена на рисунке.



*Схема разбивки межевого знака комбинированным способом*



● Технологическая схема разбивки проектной точки (межевого знака) комбинированным способом заключается в следующем:

1. Устанавливают GPS приемники на временные точки  $A'$  и  $A''$ , таким образом, чтобы они располагались, по возможности, вблизи проектного положения  $A$  и между ними была прямая оптическая видимость.
2. Выполняют сеансы спутниковых определений, в результате которых вычисляются уравненные координаты временных точек стояния GPS приемников:  $X_{A'}$ ,  $Y_{A'}$  и  $X_{A''}$ ,  $Y_{A''}$ ;
3. Для контроля правильности определения координат временных точек стояния GPS приемников измеряют расстояние  $S_{A'-A''}$ ;

$$S_{A'-A''}^{\text{ИЗМ}} - S_{A'-A''}^{\text{GPS}} = S_{A'-A''}^{\text{ИЗМ}} - \sqrt{(X_{A'} - X_{A''})^2 + (Y_{A'} - Y_{A''})^2} \leq \frac{m_A}{t},$$

где  $t$  – задаваемый коэффициент допустимого влияния ошибок на точность получения на местности координат поворотной точки.



- По разностям проектных и уравненных координат вычисляют угловой  $\theta$  и линейный элемент  $L$  для редуцирования временной точки стояния инструмента в проектное положение  $A$  (способ полярных координат);

$$\theta = \alpha_{A''-A} - \alpha_{A''-A'}; \quad \alpha_{A''-A} = \arctg \frac{Y_A - Y_{A''}}{X_A - X_{A''}}; \quad \alpha_{A''-A'} = \arctg \frac{Y_{A'} - Y_{A''}}{X_{A'} - X_{A''}}.$$

$$L = \sqrt{(X_{A''} - X_A)^2 + (Y_{A''} - Y_A)^2}.$$

- Откладывают элементы редуцирования и с полученного проектного положения межевого знака выполняют сеанс спутниковых измерений на базовый исходный пункт геодезического обоснования. По разности координат, полученных из спутниковых определений и их проектных значений, делают заключение о качестве выполненной разбивки.

$$X_A^{\text{ПРОЕКТ}} - X_A^{\text{GPS}} = \Delta_X; \quad Y_A^{\text{ПРОЕКТ}} - Y_A^{\text{GPS}} = \Delta_Y; \quad \Delta = \sqrt{\Delta_X^2 + \Delta_Y^2} \leq m_A.$$

- При проектировании комбинированным способом можно отметить следующие положительные моменты:
- 1. Простая организация работ. Для выполнения сеансов спутниковых наблюдений необходимо использовать только один исходный пункт;
- 2. Точность разбивки межевого знака комбинированным способом не зависит от конструкции фигуры разбивки.

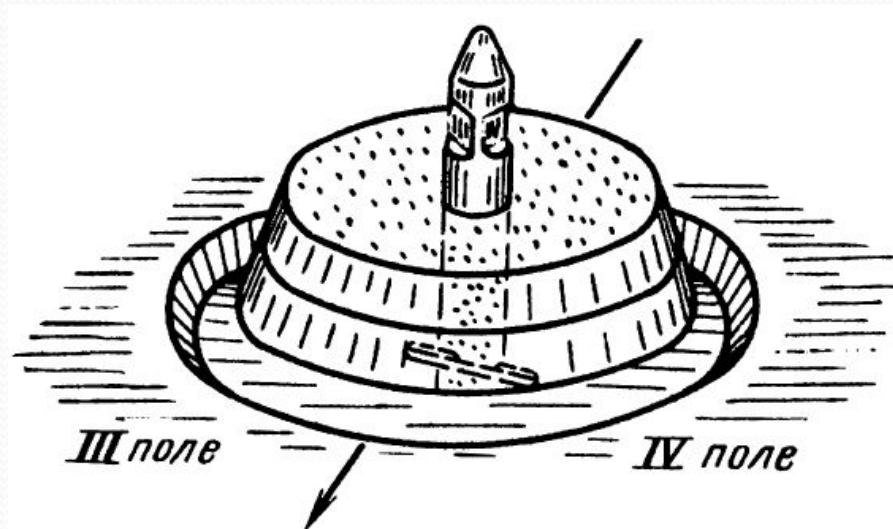


# Организация полевых работ

- После составления разбивочных чертежей продумывают организацию полевых работ по перенесению проекта.
- По предварительному проекту определяют необходимое число граничных знаков (железобетонных или деревянных столбов, железных, гончарных или асбестовых труб, обрезков углового железа) и заблаговременно заказывают их изготовление.

Знаки изготавливают длиной не короче 1 м и толщиной около 0,1 м, позволяющей написать номера полей, на границе которых будет поставлен такой знак.

Для надежного закрепления знака в земле нижнюю часть знака делают шире или вставляют поперечную втулку, крестовину.



- Перенесение проекта в натуру производится согласно разбивочному чертежу, на котором отмечена исходная точка, направление движения мерного прибора, записаны все промеры между проектными и опорными точками, определяющие положение проектных точек.
- На концах каждой опорной линии, на которой получают положение проектных точек, устанавливают вехи, длинные линии провешивают.
- Линии при перенесении проекта отмеряют от одной опорной точки до другой в направлении, указанном на разбивочном чертеже.
- Если линия проходит по наклонной местности, то мерный прибор передвигают вперед на величину поправки за наклон в длину данного промера.



- Достигнув конца опорной линии, записывают на разбивочном чертеже результат ее измерения, который, из-за погрешностей, будет отличаться от контрольного промера, записанного на разбивочном чертеже при его составлении.
- Разность результатов измерения не должна превышать допускаемого расхождения.
- Если опорными являются контурные точки, то это расхождение допускается до 1 мм на плане.
- Расхождение, превышающее указанный предел, увязывают путем передвижки кольев в створе опорной линии пропорционально сумме промеров от начала опорной линии.

- При перенесении проекта в натуру снимают контуры угодий, которые появились после съемки или корректировки плана. Результаты съемки наносят на план и по ним уточняют площади проектных участков и угодий.
- При создании геодезического обоснования с помощью светодальномерной техники и при использовании ее для перенесения проекта в натуру практически не возникает необходимость вводить поправки в положения проектных точек из-за расхождений с контрольными промерами, так как точность светодальномерных измерений, как правило, выше требований, предъявляемых к точности линейных измерений.





# Лекция окончена

*Благодарю за внимание*