

**ТЕМА 3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ
ПРИ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОМ
ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ**

**ЛЕКЦИЯ 5. ВЫНОС НА МЕСТНОСТЬ
ПРОЕКТНЫХ ТОЧЕК.
ТОЧНОСТЬ ПЛОЩАДЕЙ УЧАСТКОВ,
ПЕРЕНЕСЕННЫХ НА МЕСТНОСТЬ**

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- 1. Неумывакин, Ю.К. Земельно-кадастровые геодезические работы: Учеб. / Ю.К. Неумывакин, Перский М.И. – М.: КолосС, 2008.-183 с.
- 2. Маслов, А.В., Юнусов А.Г., Горохов Г.И. Геодезические работы при землеустройстве /А.В. Маслов, А.Г. Юнусов, Г.И. Горохов. – 2 изд. переаб. И доп. – М.: Недра, 1990.– 215 с.
- 3. Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Геодезическое обеспечение землеустроительных и кадастровых работ: Справ. пособие. – М.: Картгеоцентр – Геодезиздат, 1996.
- 4. Назаров. А.С. Координатное обеспечение топографо-геодезических и земельно-кадастровых работ. – Минск. - Учеб. центр по повышению квалификации и перепод. землеустроит. и картографо-геод. службы.–2008. – 83с.
- 5. Хаметов, Т. И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений/ Т. И.Хаметов.- М.: Издательство АСВ, 2002 – 200 с.
- 6. Современные электронные геодезические приборы: Информ. обзор / Научн.-исслед. респ. унитарн. предп. по землеустройству, геодезии и картографии «БелНИЦзем» / Сост. Д.А. Чиж, С.И. Помелов. – Мн., 2005. – 40 с.
- 7. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных систем ГЛОНАСС и GPS, ГКИНП (ОНТА)-02-262-02, Москва, ЦНИИГАиК 2002г.

ПЛАН ЛЕКЦИИ:

1. Способы выноса на местность точек и их

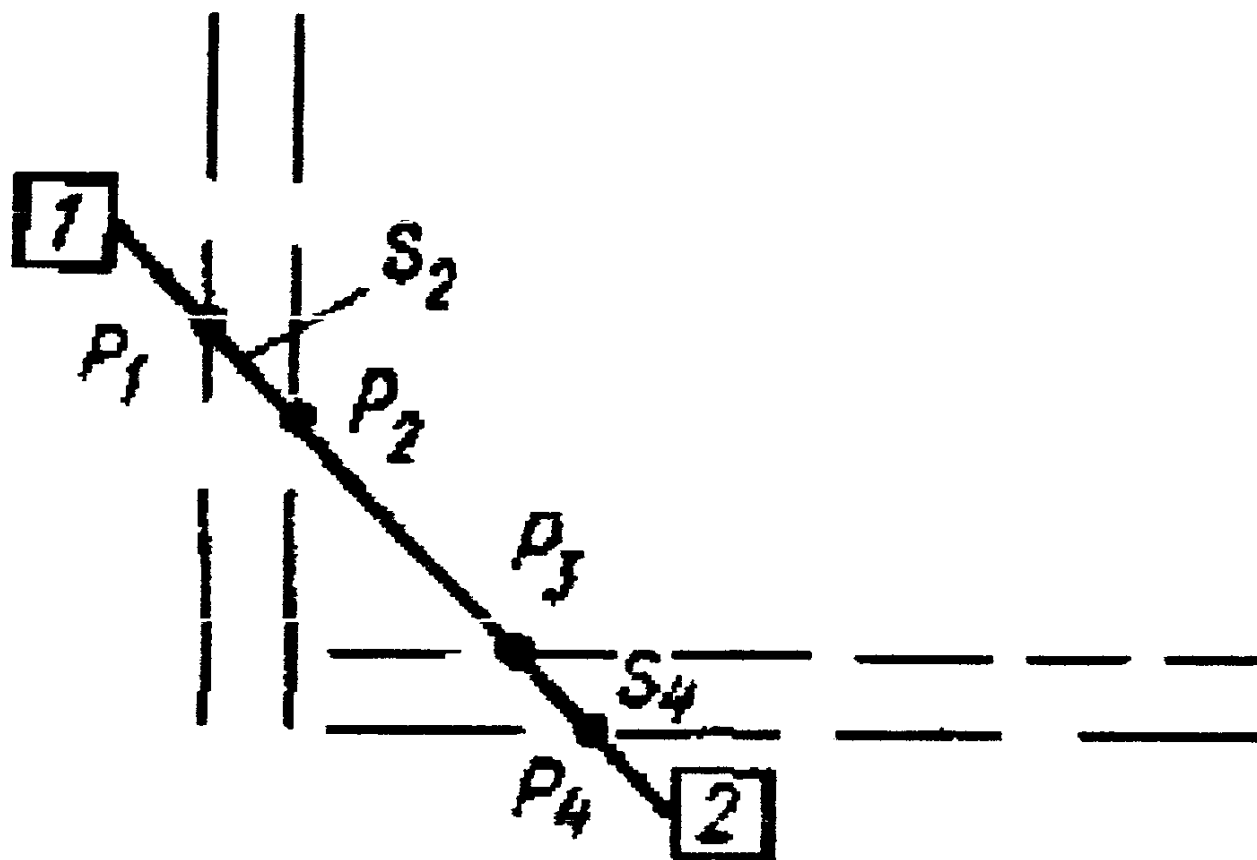
ТОЧНОСТЬ:

- 1) Способ измерений по створу**
- 2) Способ прямой линейной и угловой засечек**
- 3) Способ прямоугольных координат**
- 4) Способ проектного теодолитного хода**
- 5) Способ свободного выбора станций**

**2. Особенности перенесения проекта на
местность по материалам аэрофотосъемки**

**3. Точность площадей участков, перенесенных
на местность**

1) Способ измерений по створу



Необходимо определить на местности положения точек $P_1; P_2, \dots, P_n$, которые получаются в результате пересечения исходной прямой линии 1-2 с линиями проекта.

В камеральных условиях определяются отрезки S_1, S_2, \dots, S_n .

Для контроля необходимо иметь длину всего отрезка 1-2 (S_{1-2}).

Если S_{1-2} измерена с помощью измерителя и масштабной линейки, то допустимое расхождение в сумме измеренных отрезков с длиной S_{1-2} можно вычислить по формуле

$$f_{\text{доп}} = 0,16\sqrt{n+1} \text{ мм на плане,}$$

где n - число отрезков

Когда расстояние S_{1-2} найдено **из решения обратной геодезической задачи** по координатам пунктов 1 и 2, то величина f вычисляется по формуле

$$f_{\text{дон}} = 0,16\sqrt{n+5} \text{ мм на плане}$$

Если невязка допустима, то ее распределяют, вводя поправку поровну в каждый отрезок

В полевых условиях **инструментально**
провешивают исходную линию 1-2 и **измеряют**
ее, откладывая одновременно в ее створе
отрезки S_i и закрепляют точки колышками.

Относительные расхождения измеренной
длины с той, которая получена в камеральных
условиях,

не должны превышать $1/1500$ — $1/500$ длины
всей линии.

Если **относительное расхождение допустимо**, то каждую из первоначально намеченных точек передвигают вдоль опорной линии **на величину поправки**, пропорциональной длинам промеров S_i от исходного пункта.

В результате получают **окончательное положение исходных точек**, которые закрепляют знаками.

2) Способ линейной засечки

Данный способ применяют в том случае,

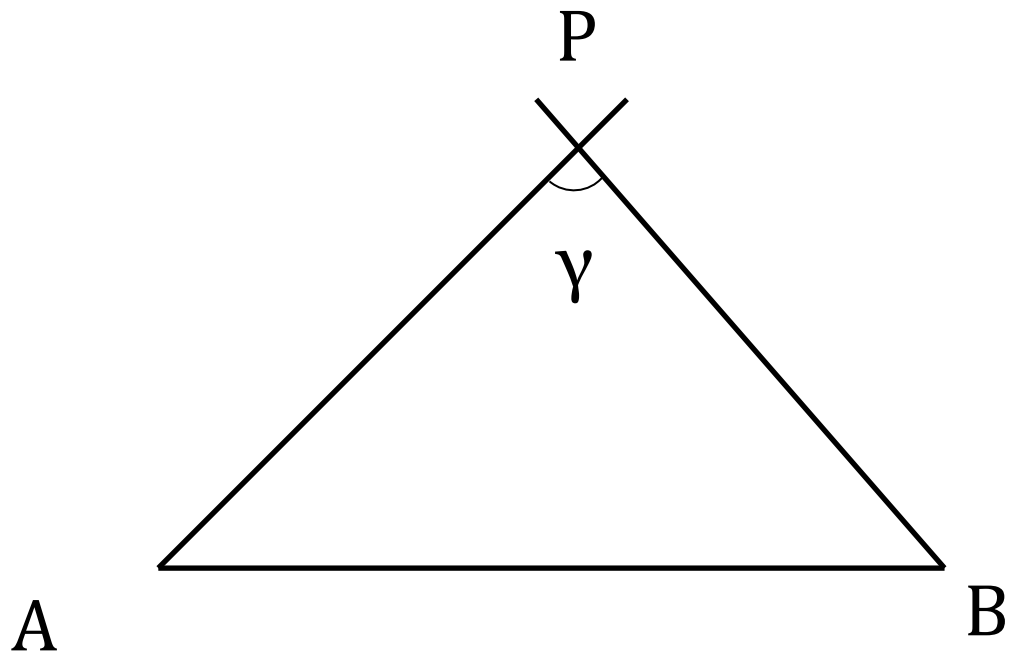
когда на плане и местности имеется

густая сеть геодезических пунктов

и расстояния от исходных пунктов

до проектных точек

не превышают длины мерного прибора



Ход выполнения работы

От исходных пунктов A и B с помощью ленты или рулетки радиусами, равными отрезкам a и b , описывают дуги, в пересечении которых будет находиться проектная точка P

Для повышения точности определения точки P необходимо, чтобы угол засечки не был меньше 40° и не превышал 140° .

Для контроля измерений необходимо иметь еще одну дополнительную исходную точку

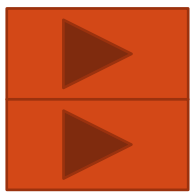
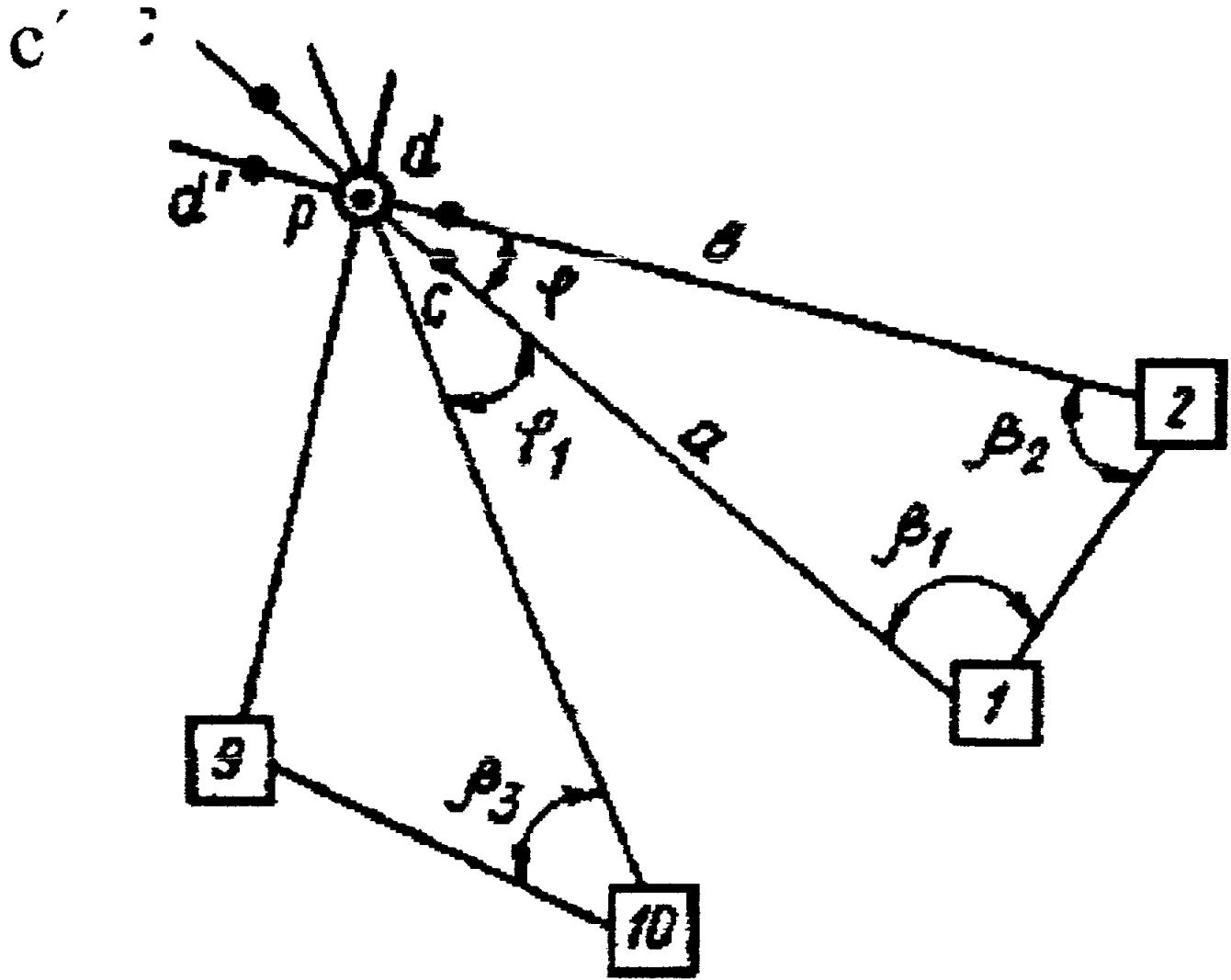
Точность перенесения проектной точки Р
на местность зависит от точности отложения
длины отрезков а и b
и величины угла при этой точке.

$$m_p = \frac{m_s \sqrt{2}}{\sin \gamma}$$

Способ прямой угловой засечки

Данный способ применяется в том случае, когда на местности имеется **густая сеть геодезических пунктов** и **невозможно провести линейные измерения** от исходного пункта до определенной точки, обычно расположенной на значительном удалении

Камеральные работы по подготовке исходных данных для перенесения проекта на местность заключаются в вычислении проектных горизонтальных углов β_1 , β_2 , β_3 . Проектный угол β_3 необходим для контроля полевых построений



Построения проектных углов на местности выполняют одним или двумя теодолитами. В каждом из пунктов 1 и 2 (рис.) строят **при двух положениях** вертикального круга соответственно углы β_1, β_2 . Положение проектной точки P получают на пересечении направлений 1 - P и 2 - P



В месте примерного пересечения лучей на каждом из направлений 1-Р и 2-Р намечают по две точки s и s' , d и d' . Затем натягивают тонкий шпагат соответственно между точками s и s' , d и d' и в месте пересечения отмечают на местности положение точки P

Точность перенесения точки P на местность данным способом **зависит** от точности построения проектных углов, величины угла при проектной точке P и расстояний a и b от исходных пунктов до определяемой точки



Среднюю квадратическую ошибку в положении проектной точки относительно исходных пунктов вычисляют по формулам:

$$m_p = \frac{m_\beta}{\rho \sin \varphi} \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$m_p = \frac{m_\beta \cdot b}{\rho \sin \varphi} \sqrt{\sin^2 \beta_1 + \sin^2 \beta_2}$$

где m_p - средняя квадратическая ошибка
построения проектной точки;

m_β - средняя квадратическая ошибка
построения угла;

φ - угол засечки;

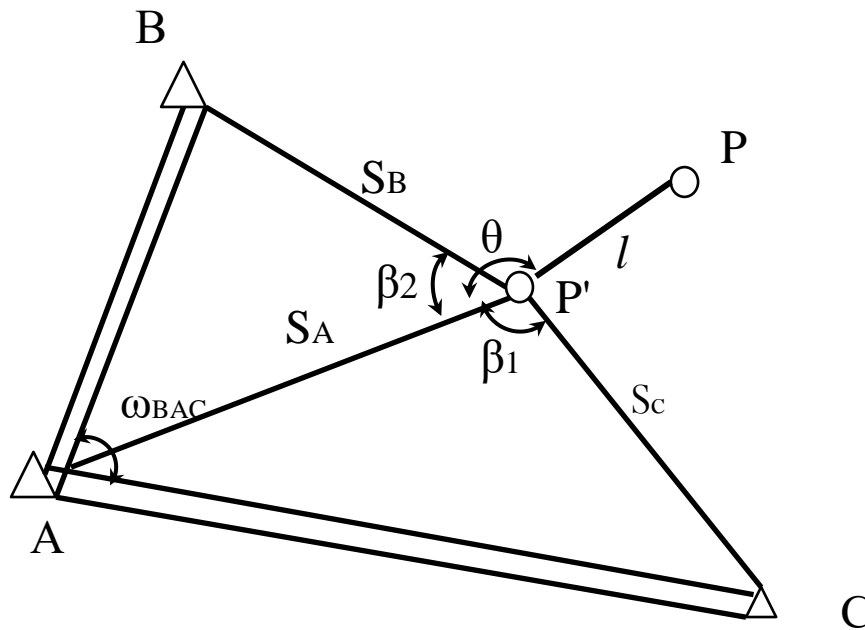
$b (S_{1-2})$ - базис.

При выборе исходных пунктов для перенесения на местность точки P необходимо стремиться к тому, чтобы угол φ был не менее 40° и не более 140° .

Наилучшим вариант тот, при котором стороны a и b будут равны между собой

Способ обратной угловой засечки

Данный способ основан на принципе редуцирования



Ход выполнения работ:

- 1) В точке P' устанавливают теодолит
- 2) С требуемой точностью измеряют углы не менее, чем на три исходных пунктах с известными координатами.
- 3) По формулам обратной засечки вычисляют координаты приближенно определенной точки P' .
- 4) Сравнивают их с проектными значениями.

По разности координат вычисляют величины редукции (угловой и линейный элемент) и смещают точку в проектное положение.

Для контроля на этой точке измеряют углы, вновь вычисляют координаты и сравнивают их с проектными.

В случае недопустимых расхождений все действия повторяют.

Ошибку положения пункта определяют по приближенной формуле:

$$m_p = \frac{m_\beta \cdot S_A}{\rho \sin(\beta_1 + \beta_2 + \omega_{BAC})} \cdot \sqrt{\left(\frac{S_B}{S_{AB}}\right)^2 + \left(\frac{S_C}{S_{AC}}\right)^2}$$

где S - расстояние от определяемого

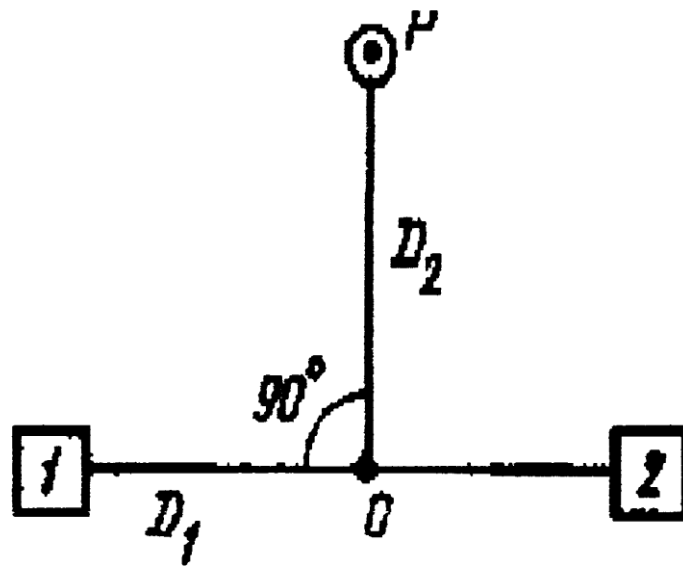
до соответствующих опорных пунктов;

b - расстояние между соответствующими опорными пунктами;

ω_{BAC} угол между исходными сторонами.

Способ прямоугольных координат

Данный способ **имеет преимущество** в том случае, когда на плане и местности имеется довольно **густая сеть исходных пунктов**



От исходной линии, например 1-2 (рис.), проектная точка P может быть определена с помощью **двух**
отрезков

$$D_1 = x \text{ и } D_2 = y,$$

один из которых откладывают по направлению линии 1-2, а другой D_2 - по перпендикуляру к ней.

Полевые работы:

От исходной точки по направлению к 1-2 откладывают отрезок D_1 и намечают точку O .

В данной точке строят прямой угол и по полученному направлению откладывают отрезок D_2 , в результате чего получают проектную точку P .



Точность положения точки P относительно
исходной линии на местности зависит
**от точности откладывания проектных расстояний,
построения прямого угла и длины проектных
отрезков.**

Среднюю квадратическую ошибку положения проектной точки относительно исходной линии вычисляют по формуле

$$m_p = \sqrt{m_{D1}^2 + m_{D2}^2 + D_2^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2}}$$

Способ полярных координат

Данный способ применяют тогда, когда имеется возможность измерить расстояние от исходного пункта до проектной точки.

Разбивку производят с пунктов теодолитных или полигонометрических ходов, когда эти пункты расположены сравнительно недалеко от выносимых на местность точек

Сущность работы по перенесению на местность проектной точки Р заключается в построении проектного горизонтального угла β и откладывании по полученному направлению проектного расстояния S

Точность определения положения точки Р
относительно опорной точки будет зависеть **от**
точности построения проектного угла и отложения
проектного расстояния.

Среднюю квадратическую ошибку **положения**
проектной точки на местности относительно
разбивочной сети (**без учета ошибок**
закрепления точки, ошибок исходных данных и
ошибок центрирования) вычисляют по формуле

$$m_p = \sqrt{m_s^2 + S_{AP}^2 \frac{m_\beta^2}{\rho^2}}$$

где m_s, m_β — соответственно, средние

квадратические ошибки полярного расстояния S и
полярного угла β ;

ρ - число угловых секунд или минут в радиане.

Если **проектная точка** находится
на значительном расстоянии от исходного пункта,
то приходится **несколько раз** откладывать
полярным способом проектные углы и расстояния,
прокладывая ход.

Такой способ называют
способом проектного хода (полигона)

При точных разбивочных работах углы хода уравнивают, вычисляют по ним и проектным расстояниям координаты точек, сравнивают их с проектными и при необходимости редуцируют проектное положение

Точность положения проектных точек на местности
зависит от точности построения проектных углов,
отложения длин проектных линий.

Наибольшую ошибку следует ожидать
в середине теодолитного хода

Среднюю квадратическую ошибку
в положении точки, находящейся
в середине вытянутого проектного хода
с равными сторонами и увязанного
на местности по способу параллельных линий,
можно вычислить по формуле:

$$m_p^2 = \frac{N}{4} m_D^2 + \frac{N^2 + 2}{48N} \cdot \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot \left(\sum D \right)^2$$

где m_D - средняя квадратическая ошибка откладывания
сторон теодолитного хода;

m_β - средняя квадратическая ошибка построения
проектного горизонтального угла;

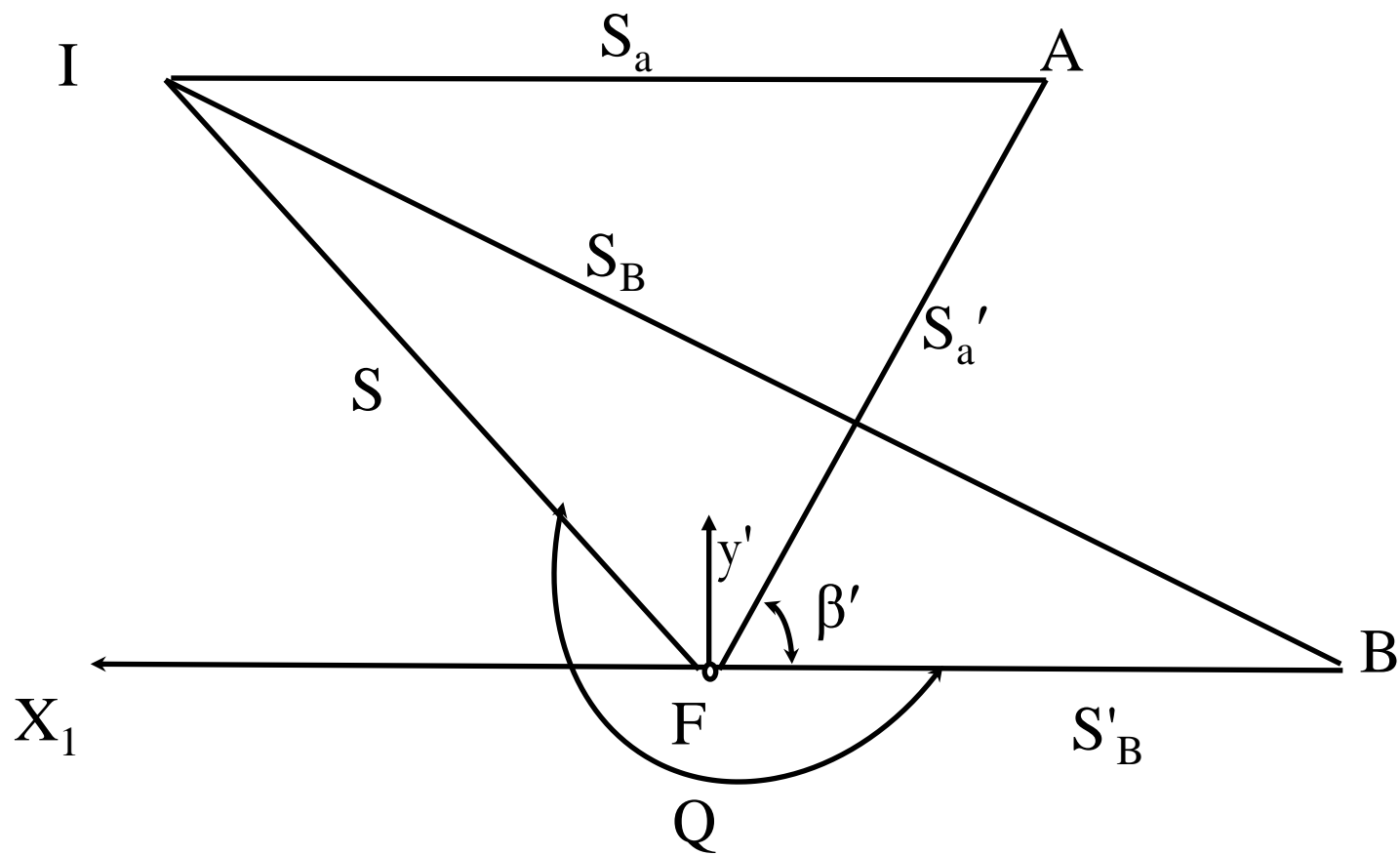
$\sum D$ - длина теодолитного хода;

N – число сторон

Применение метода свободного выбора станции при разбивочных работах

Использование при разбивочных работах новых измерительных средств дало возможность реализовать новую технологию под названием
«метод свободного выбора станции»

При реализации данного метода
местоположения проектных точек
определяются от пунктов исходной разбивочной
сети сразу с необходимой точностью



Электронный тахеометр устанавливают вблизи
выносимых точек и известными способами
(обратная, линейная, комбинированная засечка)
определяют координаты точки стояния прибора

Полученные координаты сравнивают с проектными координатами выносимых точек и, задавшись методом разбивки проектных точек, вычисляют в поле необходимые разбивочные элементы (полярный угол и полярное расстояние).

Затем выполняют соответствующие построения и фиксируют на местности проектное положение выносимых точек

Пусть требуется вынести на местность точку I.

В качестве исходных используются пункты A и B.

Измерив расстояния S'_a и S'_b и угол β'
с пункта F (свободная станция) на опорные пункты
A и B вычисляют разности

$$\Delta S_a = S'_a - S_a$$

$$\Delta S_b = S'_b - S_b$$

Редукционные элементы y_1 , x_1
вычисляются по формулам

$$y_1' = \frac{\Delta S_a}{\sin \beta'} - \frac{\Delta S_b}{\operatorname{tg} \beta'}$$

$$x_1' \approx -\Delta S_b$$

В случае использования для разбивки метода
полярных координат

$$Q = 180^{\circ} + \operatorname{arctg} \frac{y_1'}{x_1'}$$

$$S = \sqrt{(x_1')^2 + (y_1')^2}$$

**2. Особенности перенесения
проекта на местность
по материалам аэрофотосъемки**

Если проектирование участков выполнялось
аналитическим способом, то выбор способа
перенесения проекта на местность не зависит
от вида съемки, после проведения, которой
получен плановый материал

Если проектирование производилось механическим и графическим способами, то в качестве опорных при перенесении проекта часто используют точки и контуры, опознаваемые на местности.

Максимальное сокращение количества измерений и уменьшение длин промеров достигается правильным чтением аэрофотоснимков и выбором в качестве опорных ближайших точек, опознавание которых не подлежит сомнению

Наилучшим фотоматериалом для опознавания контурных точек, используемых в качестве опорных, являются **недешифрованные контактные отпечатки**, т.к. процесс увеличения или трансформирования аэрофотоснимков, а также репродуцирование мозаичных фотопланов всегда снижает резкость изображения, в особенности мелких объектов местности

В качестве **опорных**, помимо контурных точек широко используют прямые линии контуров, дорог, канав и пр., опознаваемые на аэрофотоматериалах.

Для **повышения точности** при проведении подготовительных работ, проектировании и перенесении проекта на местность, **используют закрепленные на местности опознаки**

Точность перенесения проекта на местность по
аэрофотоматериалам примерно
такая же, как и **по планам наземных съемок**

3. Точность площадей участков, перенесенных на местность

1. Если принять **с.к.о. измерения линий** мерным прибором равной **1:2000**, то **с.к.о. площади** в зависимости от ошибок линейных измерений

будут

$$m_{pa} = \frac{P}{2000}$$

С такой же точностью будет **спроектирована**
площадь участка **аналитическим способом**
и **перенесена на местность**, т.к. ошибка площади
участка будет зависеть только от ошибок
измерений на местности при съемке
и при перенесении проекта на местность

2. Если применяют **графический способ** проектирования и **геодезическим обоснованием** при проектировании **служат** нанесенные на план **точки теодолитных ходов**, то на ошибку площадей участков будут влиять **три вида ошибок**:

а) ошибки измерений углов и линий на местности

$$m_{p1} = \frac{P}{2000}$$

б) ошибки нанесения точек теодолитных ходов

на план по координатам

$$m_{p2} = 0,018 \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})}$$

в) ошибки, свойственные графическому способу проектирования

$$m_{p3(\text{га})} = 0,01 \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})}$$

Суммарное влияние всех трех ошибок

$$m_{p(\text{га})} = \sqrt{m_{p1}^2 + m_{p2}^2 + m_{p3}^2 + m_{p4}^2}$$

m_{p1} - ошибка в площади за счет ошибок измерения углов и линий;

m_{p2} - ошибка в площади за счет ошибок нанесения или графического определения с плана координат точек;

m_{p3} - ошибка в площади за счет проектирования графическим способом;

m_{p4} - ошибка в площади за счет ошибок определения промеров графически по плану

3. Когда **графический способ проектирования** применяют **на плане** и **опорными** для перенесения проекта на местность **служат точки контуров ситуации**, на **ошибки площадей участков** будут влиять ошибки:

а) положения точек контуров ситуации на плане:

$$m_{ps} = 0,04 \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})}$$

б) свойственные графическому способу проектирования:

$$m_{rgr} = 0,01 \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})}$$

4. Проектирование производится **планиметром и опорными**
для перенесения проекта на местность служат
нанесенные на план пункты теодолитных ходов:

$$m_{\text{рмех}} = \frac{1}{\sqrt{2}} 0,7 \cdot p + \frac{1}{\sqrt{2}} 0,01 \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})} + 0,0003 \cdot P(\text{га})$$

На ошибки площадей участков будут влиять **ошибки**
нанесения точек теодолитных ходов на план
по координатам и **ошибки измерений углов и линий**
на местности:

$$m_{\text{рпл}} = \sqrt{m_{\text{рмех}}^2 + m_{\text{рк}}^2 + m_{\text{ра}}^2}$$

5. Проектирование проводится **планиметром** и **опорными** для перенесения проекта на местность **служат контуры ситуации**, тогда влияют:

а) ошибки положения контуров ситуации на плане

$$m_{ps} = 0,04 \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})}$$

б)

$$m_{p_{\text{мех}}} = \frac{1}{2} 0,7 \cdot p + \frac{1}{\sqrt{2}} 0,01 \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})} + 0,0003 \cdot P(\text{га})$$

$$m_{ps} = \sqrt{m_{ps}^2 + m_{p_{\text{мех}}}^2}$$

Все рассмотренные случаи (2-5)

по сравнению со случаем 1 дают значительно
большие ошибки, которые увеличиваются
с уменьшением масштаба плана.

Для вытянутых участков ошибки следует увеличить

в $\sqrt{\frac{1 + k^2}{2k}}$ раз. Ошибка площади уменьшается
с увеличением числа точек.