

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВУ»

ФАКУЛЬТЕТ ГОРОДСКОГО КАДАСТРА  
КАФЕДРА ГЕОДЕЗИИ И ГЕОИНФОРМАТИКИ

**Учебно-методическое обеспечение дисциплины  
«Геодезические работы при землеустройстве»**

Курс лекций по дисциплине  
для подготовки бакалавров очной формы обучения  
Направление «Землеустройство и кадастры»  
Профиль «Землеустройство»

Разработал ст. преподаватель кафедры А. А. Сафиев

Москва 2019 г.

**Целями** изучения дисциплины «Геодезические работы при землеустройстве» являются закрепление теоретических знаний и практическое знакомство с различными геодезическими видами работ при землеустройстве, ведении кадастра, градостроительстве и приобретение студентами практических навыков и компетенций ОПК-3, ПК-5, ПК-8, ПК-10 в сфере профессиональной деятельности.

**Задачами** освоения дисциплины «Геодезические работы при землеустройстве» является понимание её возможности и роли при решении задач землеустройства, городского кадастра, кадастра недвижимости. Практическое освоение знаний по выбору способов, приемов, технических средств и обеспечению требуемой точности при выполнении геодезических и проектно-изыскательных работ по землеустройству, кадастру недвижимости, планировке и застройке сельских населенных пунктов.

Тема:

**Преобразование плоских  
прямоугольных координат  
из одной системы в другую**

# Когда возникает задача преобразования?

В земельно-кадастровых геодезических работах эта задача чаще всего возникает в случае, когда соседние участки определены в разных системах координат.

**Например**, в г. Москве используют СК-42, в Московской области СКС-95, а лесничества применяют ведомственную систему координат квартальных столбов и т. п. Даже кадастровый учет в большинстве регионов РФ до недавнего времени велся в СК-63, а сейчас в СКС-95. Поэтому получив геодезические данные на район работ высока вероятность столкнуться с координатами в разных прямоугольных системах.

**В этом случае следует преобразовать** (перевычислить) координаты из одной плоской прямоугольной системы координат в другую, которая необходима вам для работы и оформления документации.

# Для решения задачи преобразования необходимо:

- иметь в наличии координаты **хотя бы двух связующих пунктов** в разных системах координат.

**При наличии более чем двух связующих пунктов** параметры преобразования следует вычислить с использованием метода наименьших квадратов при условии: сумма квадратов поправок к координатам связующих пунктов в двух системах координат должна быть минимальной.

Рассмотрим два случая перевычислений координат из старой (преобразуемой) системы в новую (преобразованную): с учетом и без учета масштабного множителя.

## Для решения задачи преобразования

### ИЗВЕСТНО:

– координаты точек  $A$  и  $B$  в старой (преобразуемой) системе координат:

$$X_A^C; Y_A^C; X_B^C; Y_B^C;$$

– координаты точек  $A$  и  $B$  в новой (преобразованной) системе координат:

$$X_A^H; Y_A^H; X_B^H; Y_B^H;$$

– координаты пунктов в старой (преобразуемой) системе координат:

$$X_i^C; Y_i^C.$$

# Случай 1.

**Перевычисление координат с учетом масштабного множителя.**

# Порядок вычислений:

1) Решить обратную геодезическую задачу в старой системе координат и вычислить:

$$S_{A-B}^C \text{ и } \alpha_{A-B}^C$$

2) Решить обратную геодезическую задачу в новой системе координат и вычислить:

$$S_{A-B}^H \text{ и } \alpha_{A-B}^H;$$

3) Вычислить угол разворота между двумя системами и масштабный множитель:

$$\Theta = \alpha_{A-B}^H - \alpha_{A-B}^C;$$

$$m = S_{A-B}^H / S_{A-B}^C;$$

4) Вычислить коэффициенты преобразования координат:

$$K_1 = m \cdot \cos \Theta;$$

$$K_2 = m \cdot \sin \Theta;$$

5) Вычислить преобразованные координаты в новой системе плоских прямоугольных координат путем последовательного перехода от пункта к пункту:

$$X^H_{i+1} = X^H_i + (X^C_{i+1} - X^C_i) \cdot K_1 - (Y^C_{i+1} - Y^C_i) \cdot K_2;$$
$$Y^H_{i+1} = Y^H_i + (Y^C_{i+1} - Y^C_i) \cdot K_1 + (X^C_{i+1} - X^C_i) \cdot K_2;$$

где  $i$  – порядковый номер преобразуемой точки.

В рассматриваемом примере первой является начальная точка  $A$ , тогда:

– для  $i=1$ :

$$X^H_1 = X^H_A; Y^H_1 = Y^H_A;$$

– для  $i=2$ :

$$X^H_2 = X^H_A + (X^C_1 - X^C_A) \cdot K_1 - (Y^C_1 - Y^C_A) \cdot K_2;$$

$$Y^H_2 = Y^H_A + (Y^C_1 - Y^C_A) \cdot K_1 + (X^C_1 - X^C_A) \cdot K_2;$$

– для  $i=3$ :

$$X^H_3 = X^H_2 + (X^C_3 - X^C_2) \cdot K_1 - (Y^C_3 - Y^C_2) \cdot K_2;$$

$$Y^H_3 = Y^H_2 + (Y^C_3 - Y^C_2) \cdot K_1 + (X^C_3 - X^C_2) \cdot K_2; \text{ и т. д.}$$

– для  $i=n$ :

$$X^H_n = X^H_{n-1} + (X^C_n - X^C_{n-1}) \cdot K_1 - (Y^C_n - Y^C_{n-1}) \cdot K_2;$$

$$Y^H_n = Y^H_{n-1} + (Y^C_n - Y^C_{n-1}) \cdot K_1 + (X^C_n - X^C_{n-1}) \cdot K_2;$$

б) Контролем перевычисления координат пунктов являются вычисленные координаты точки  $B$ :

$$1) X^{выч}_B = X^H_n + (X^C_B - X^C_n) \cdot K_1 - (Y^C_B - Y^C_n) \cdot K_2;$$

$$2) Y^{выч}_B = Y^H_n + (Y^C_B - Y^C_n) \cdot K_1 + (X^C_B - X^C_n) \cdot K_2;$$

**Контроль считается выполненным если выполняется условие:**

$$|X^{выч}_B - X^H_B| \leq 5 \text{ см};$$

$$|Y^{выч}_B - Y^H_B| \leq 5 \text{ см}.$$

## Случай 2.

**Перевычисление координат без  
учетом масштабного множителя.**

# Порядок вычислений:

1) Решить обратную геодезическую задачу в старой системе координат и вычислить:

$$S_{A-B}^C \text{ и } \alpha_{A-B}^C;$$

2) Решить обратную геодезическую задачу в новой системе координат и вычислить

$$S_{A-B}^H \text{ и } \alpha_{A-B}^H;$$

3) Вычислить угол разворота между двумя системами и расхождение в длинах горизонтальных проложений:

$$\Theta = \alpha_{A-B}^H - \alpha_{A-B}^C;$$

$$\Delta S = S_{A-B}^H - S_{A-B}^C;$$

4) Дважды вычислить в новой системе начало координат старой системы:

$$X^I_{нач} = X^H_A - X^C_A \cdot \cos \Theta + Y^C_A \cdot \sin \Theta;$$

$$Y^I_{нач} = Y^H_A - X^C_A \cdot \sin \Theta - Y^C_A \cdot \cos \Theta;$$

$$X^{II}_{нач} = X^H_B - X^C_B \cdot \cos \Theta + Y^C_B \cdot \sin \Theta;$$

$$Y^{II}_{нач} = Y^H_B - X^C_B \cdot \sin \Theta - Y^C_B \cdot \cos \Theta;$$

5) Вычислить окончательные значения начала координат:

$$X_{нач} = \frac{X^I_{нач} + X^{II}_{нач}}{2}; \quad Y_{нач} = \frac{Y^I_{нач} + Y^{II}_{нач}}{2}$$

6) Вычислить преобразованные координаты всех пунктов в новой системе плоских прямоугольных координат:

$$X^H_i = X_{нач} - X^C_i \cdot \cos \Theta + Y^C_i \cdot \sin \Theta;$$

$$Y^H_i = Y_{нач} - X^C_i \cdot \sin \Theta - Y^C_i \cdot \cos \Theta.$$

Если координаты любой из систем определялись графически по плану с точностью  $1\text{ м}$ , то  $\Delta S$  не должно превышать  $5\text{ м}$ . Расхождение в значениях начала координат из разных решений также не должно превышать  $\Delta S$ .

Тема:

**Аналитический способ  
определения площадей участков**

# Когда применяется?

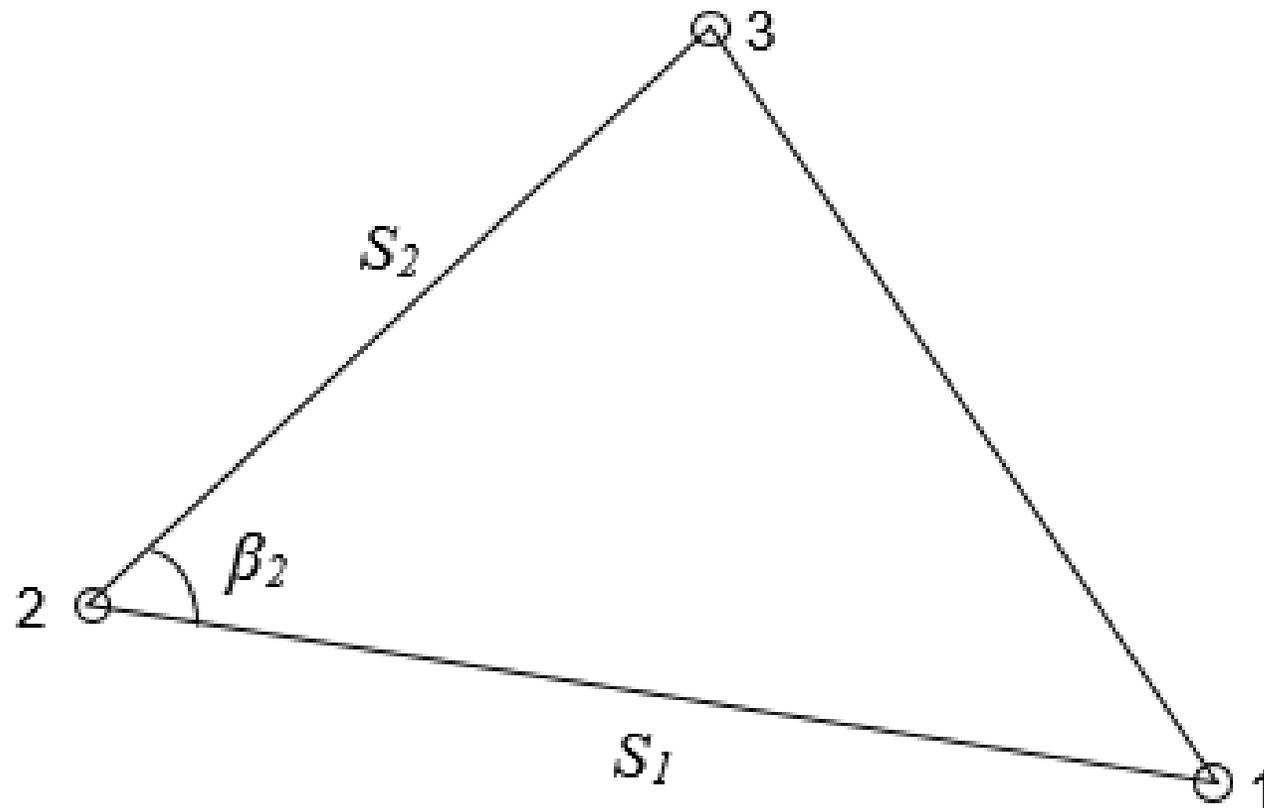
Применяется, если известны результаты измерений углов и линий на местности или их функции – координаты.

# Вычисление площади треугольника (по двум сторонам и углу между ними)

Дано:  $S_1$ ;  $S_2$ ;  $\beta_2$

Формула нахождения площади  
треугольника:

$$2P = S_1 S_2 \sin \beta_2$$

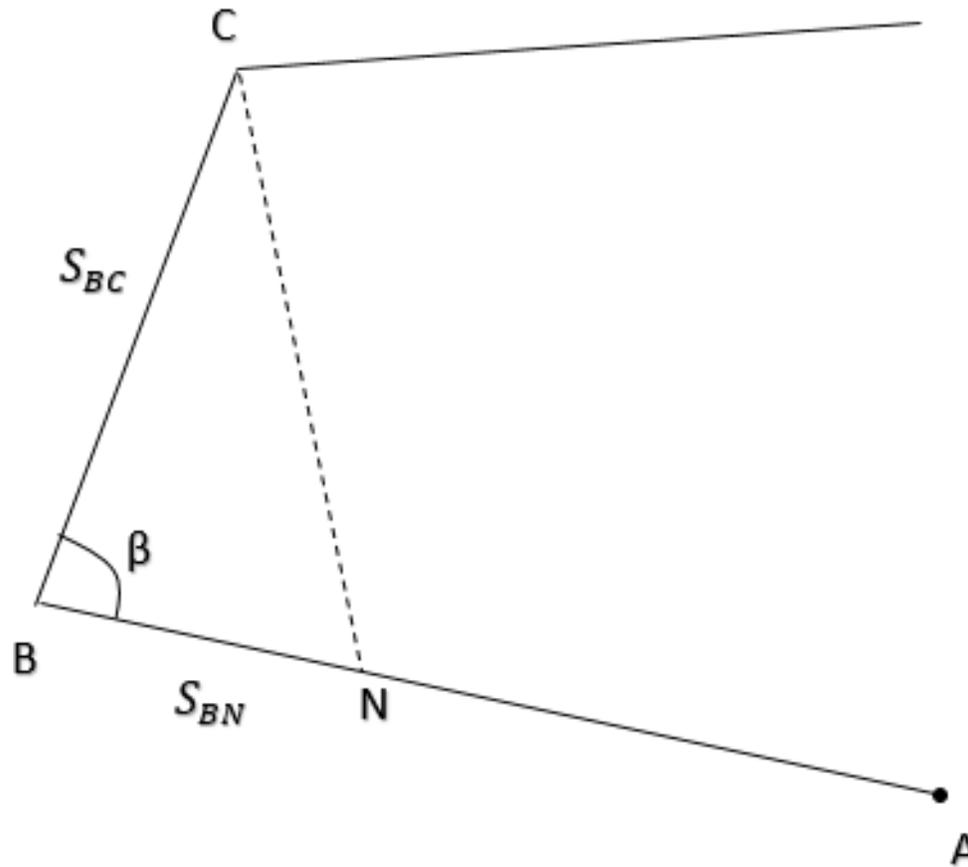


# Проектирование участков треугольником аналитическим способом

Дано:  $X_i, Y_i, P^{ПР}, \angle ABC$

Условие: проектная линия должна проходить через т. С

Найти:  $S_{BN}, X_N, Y_N$



Решение:

1) Из решения обратной геодезической задачи по координатам А, В, С найти  $S_{BC}$ ,  $\alpha_{BA}, \alpha_{BC}$

2) Вычислить горизонтальный угол  $\beta$

$$\beta = \alpha_{BA} - \alpha_{BC}$$

3) Вычислить  $S_{BN}$ :

$$S_{BN} = \frac{2P_{\Pi P}}{S_{BC} \cdot \sin \beta}$$

4) Решить прямую геодезическую задачу и вычислить координаты т. N

$$X_N = X_B + S_{BN} \cdot \cos \alpha_{BA}$$

$$Y_N = Y_B + S_{BN} \cdot \sin \alpha_{BA}$$

5) По известным координатам B, C, N вычислить площадь треугольника

6) Выполнить контроль:

$$|P^{\text{ВЫЧ}} - P^{\text{ПР}}| \leq 2m_p$$

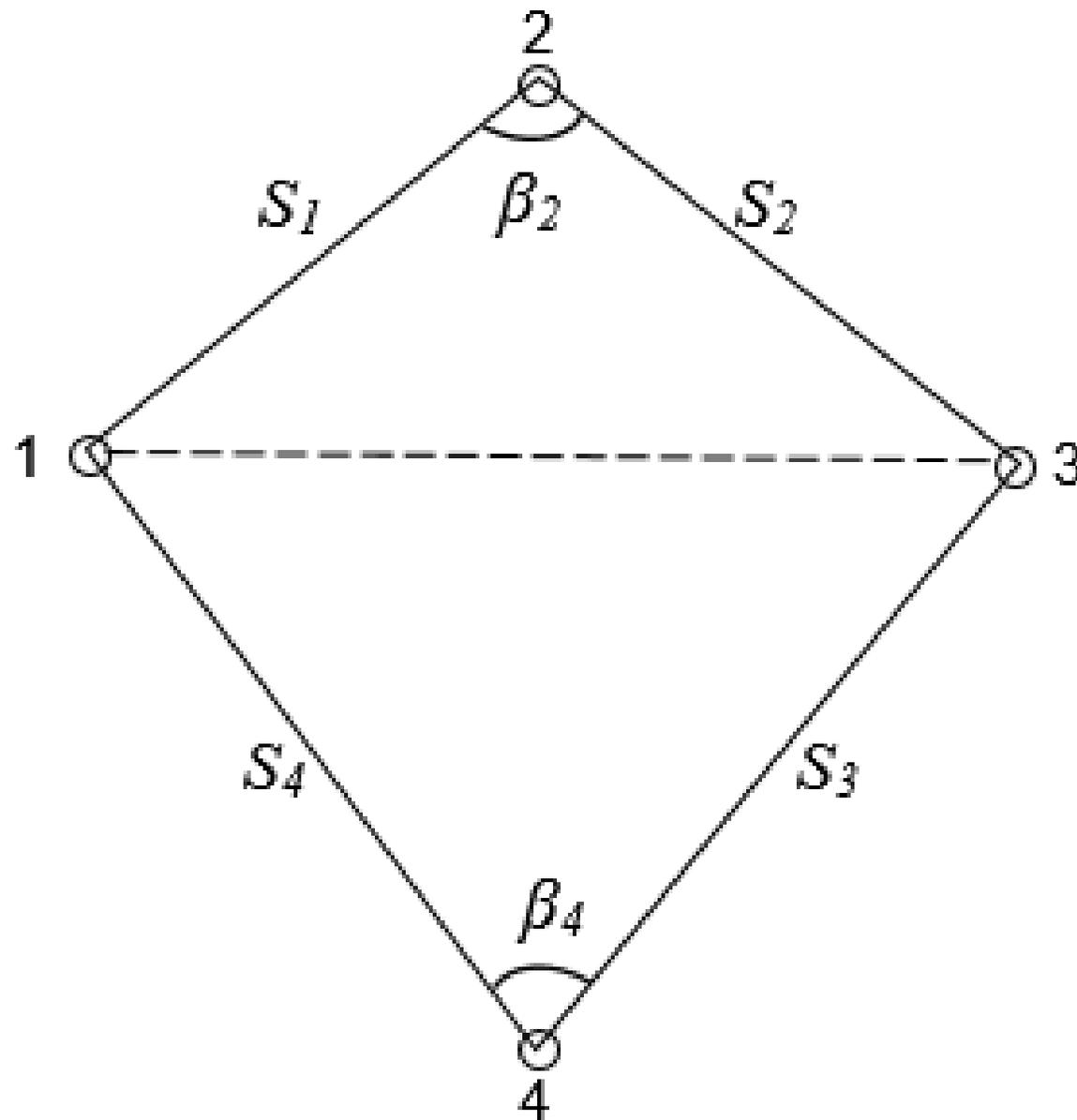
$$m_p = \frac{r^{\text{ПР}}}{2000} \text{ - точность проектирования аналитическим способом}$$

**Вычисление площади  
четырёхугольника  
(по четырём сторонам и двум  
противолежащим углам)**

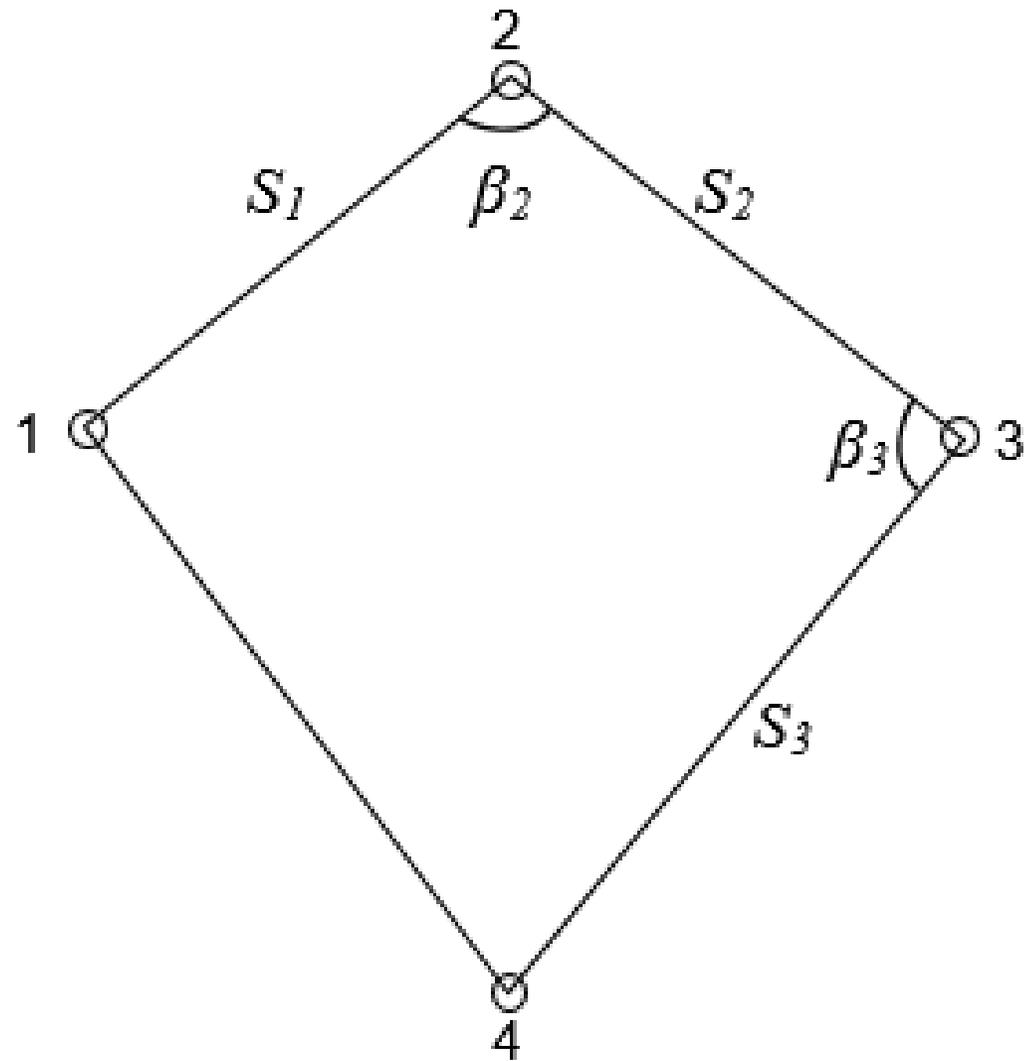
Дано:  $S_1; S_2; S_3; S_4; \beta_2; \beta_4$

Формула нахождения площади  
четырехугольника:

$$2P = S_1 S_2 \sin \beta_2 + S_3 S_4 \sin \beta_4$$



**Вычисление площади  
четырёхугольника  
(по трем сторонам и двум углам)**



Дано:  $S_1; S_2; S_3; \beta_2; \beta_3$

Формула нахождения площади четырехугольника:

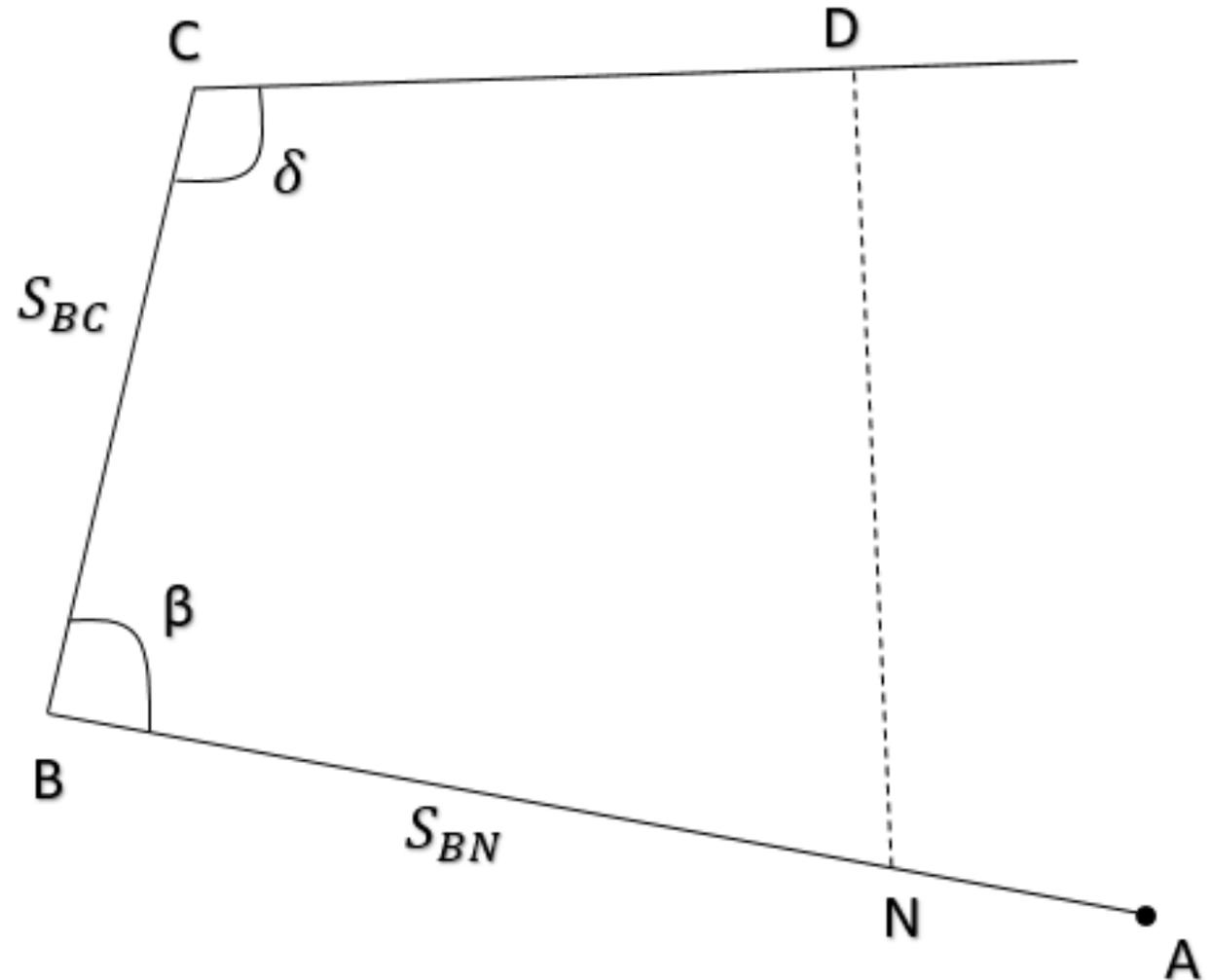
$$2P = S_1 S_2 \sin \beta_2 + S_2 S_3 \sin \beta_3 + S_1 S_2 \sin \beta_2 + S_1 S_3 \sin(\beta_2 + \beta_3 - 180^\circ)$$

# Проектирование участков четырёхугольником аналитическим способом

Дано:  $X_i, Y_i, A, B, C, D$ ,  $R^{ПР}$

Условие: проектная линия должна проходить через т. D

Найти:  $S_{BN}, X_N, Y_N$



Решение:

1) Из решения обратной геодезической задачи по известным координатам А,В,С,Д вычисляем:

$$S_{BC}, S_{CD}, \alpha_{BA}, \alpha_{BC}, \alpha_{CD}$$

2) Вычислить  $\beta, \delta$ :

$$\beta = \alpha_{CB} - \alpha_{CD}$$

$$\delta = \alpha_{BA} - \alpha_{BC}$$

3)

$$S_{BN} = \frac{2P^{II} - S_{BC} \cdot S_{CD} \cdot \sin \delta}{S_{BC} \cdot \sin \beta + S_{CD} \cdot \sin(\beta + \delta - 180)^\circ}$$

4) Решаем прямую геодезическую задачу и вычисляем координаты т. N

$$X_N = X_B + S_{BN} \cdot \cos \alpha_{BA}$$

$$Y_N = Y_B + S_{BN} \cdot \sin \alpha_{BA}$$

5) По известным координатам B, C, D, N вычислить площадь четырехугольника

6) Выполнить контроль:

$$|P^{\text{ВЫЧ}} - P^{\text{ПР}}| \leq 2m_p$$

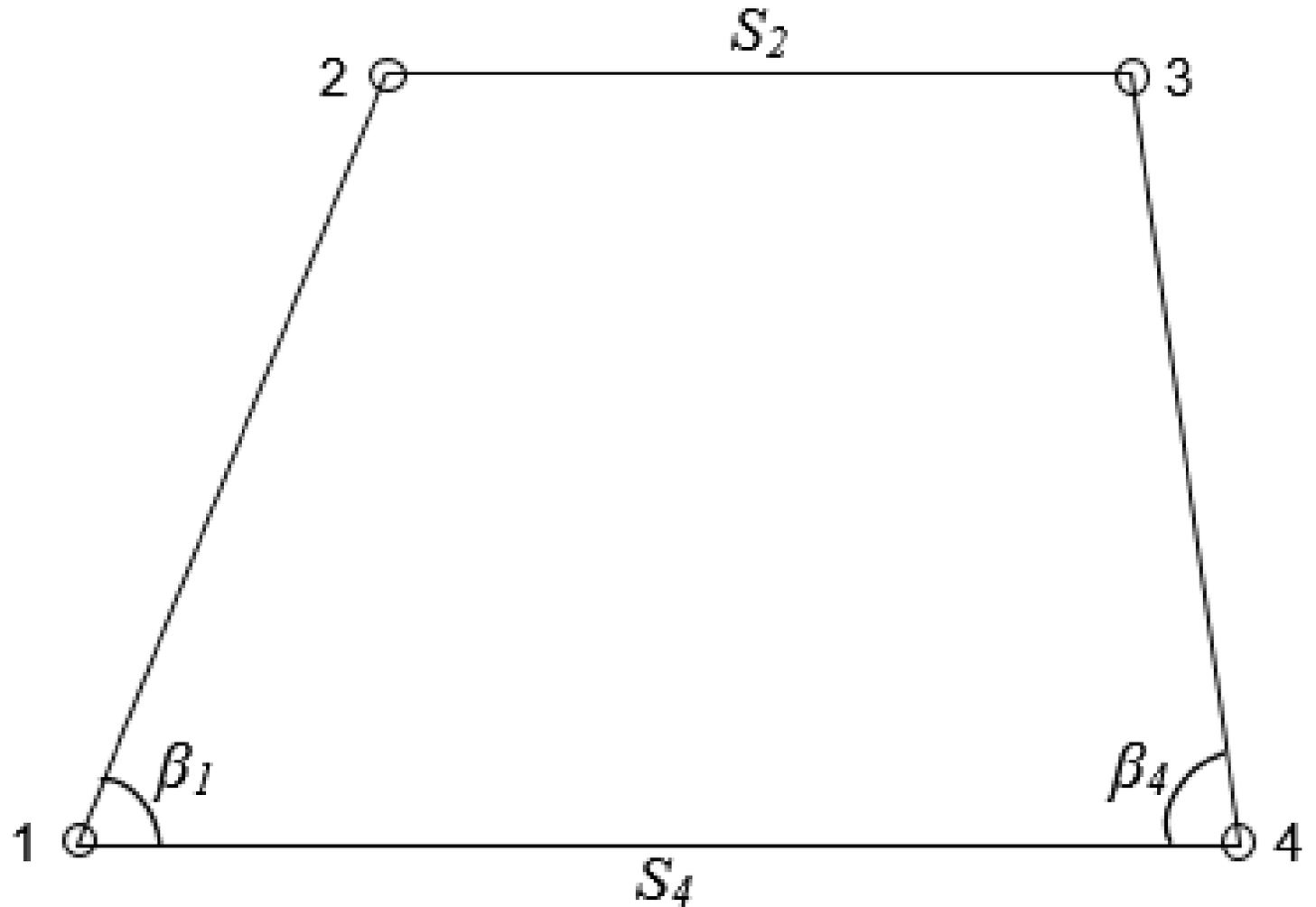
$$m_p = \frac{r_{\text{ПР}}}{2000} \quad \text{- точность проектирования аналитическим способом}$$

# Вычисление площади трапеции (по двум основаниям и двум углам при одном из оснований)

Дано:  $S_2$ ;  $S_4$ ;  $\beta_1$ ;  $\beta_4$

Формула нахождения площади трапеции:

$$2P = \frac{S_4^2 + S_2^2}{\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_4}$$

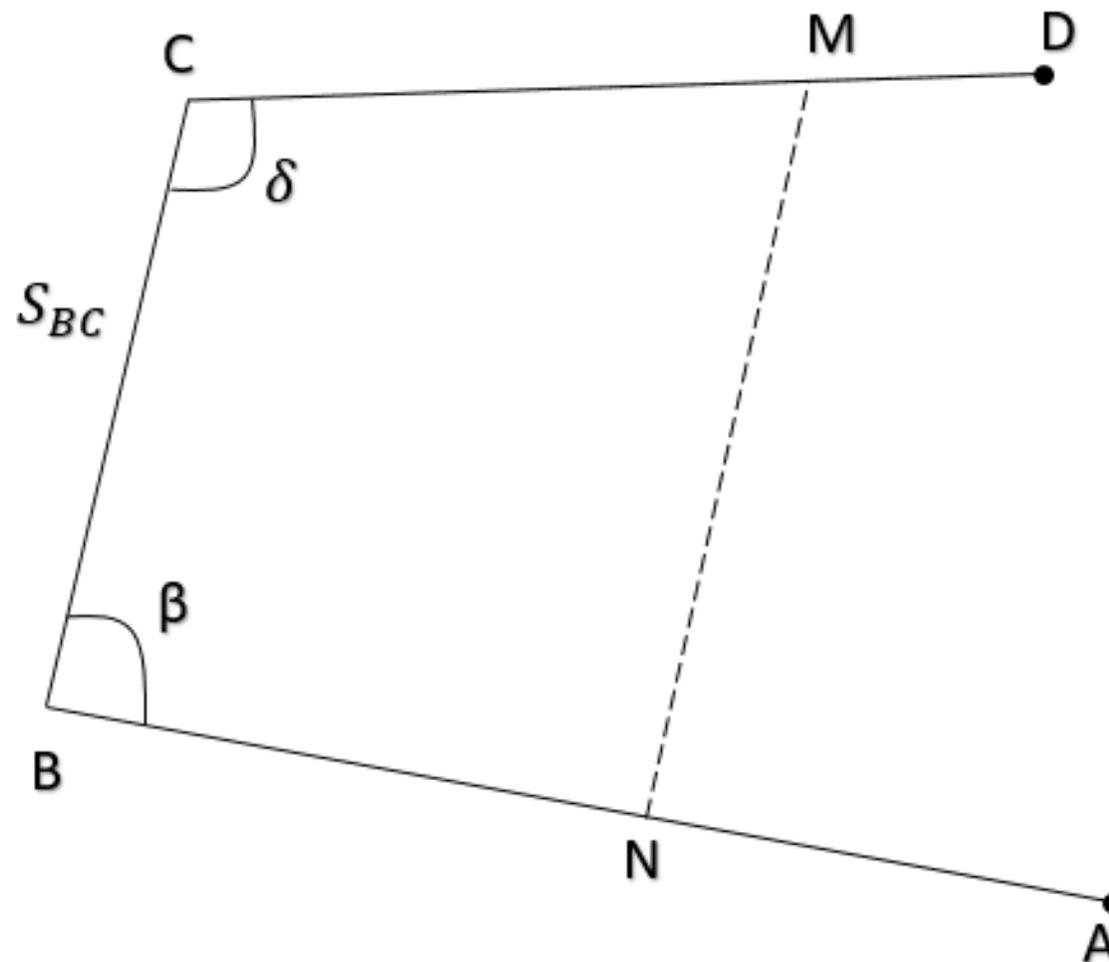


# Проектирование участков трапецией аналитическим способом

Дано:  $X_i, Y_i, A, B, C, D$ ,  $P^{PP}$

Условие: проектная линия проходит параллельно линии BC

Найти:  $S_{BN}$ ,  $X_N, Y_N$ ,  $S_{CM}$ ,  $X_M, Y_M$



1) Из решения обратной геодезической задачи по известным координатам А, В, С, D вычисляем  $S_{BC}, \alpha_{BA}, \alpha_{BC}, \alpha_{CD}$

2) Вычисляем горизонтальные углы :

$$\beta = \alpha_{BA} - \alpha_{BC}$$

$$\delta = \alpha_{CB} - \alpha_{CD}$$

3) Вычисляем длину проектной линии MN:

$$S_{MN} = \sqrt{S_{BC} - 2P^{\text{ПР}}(\text{ctg}\delta + \text{ctg}\beta)}$$

4) Вычисляем длины линий боковых сторон:

$$S_{BN} = \frac{2P^{II}}{(S_{BC} + S_{MN}) \sin \beta}; \quad S_{CM} = \frac{2P^{II}}{(S_{BC} + S_{MN}) \sin \delta}$$

5) Вычисляем координаты проектных точек  $M$ ,  $N$ :

$$X_N = X_C + S_{BN} \cdot \cos \alpha_{BA}$$

$$Y_N = Y_B + S_{BN} \cdot \sin \alpha_{BA}$$

$$X_M = X_C + S_{CM} \cdot \cos \alpha_{CD}$$

$$Y_M = Y_C + S_{CM} \cdot \sin \alpha_{CD}$$

6) По известным координатам В,С,М, N вычислить площадь трапеции

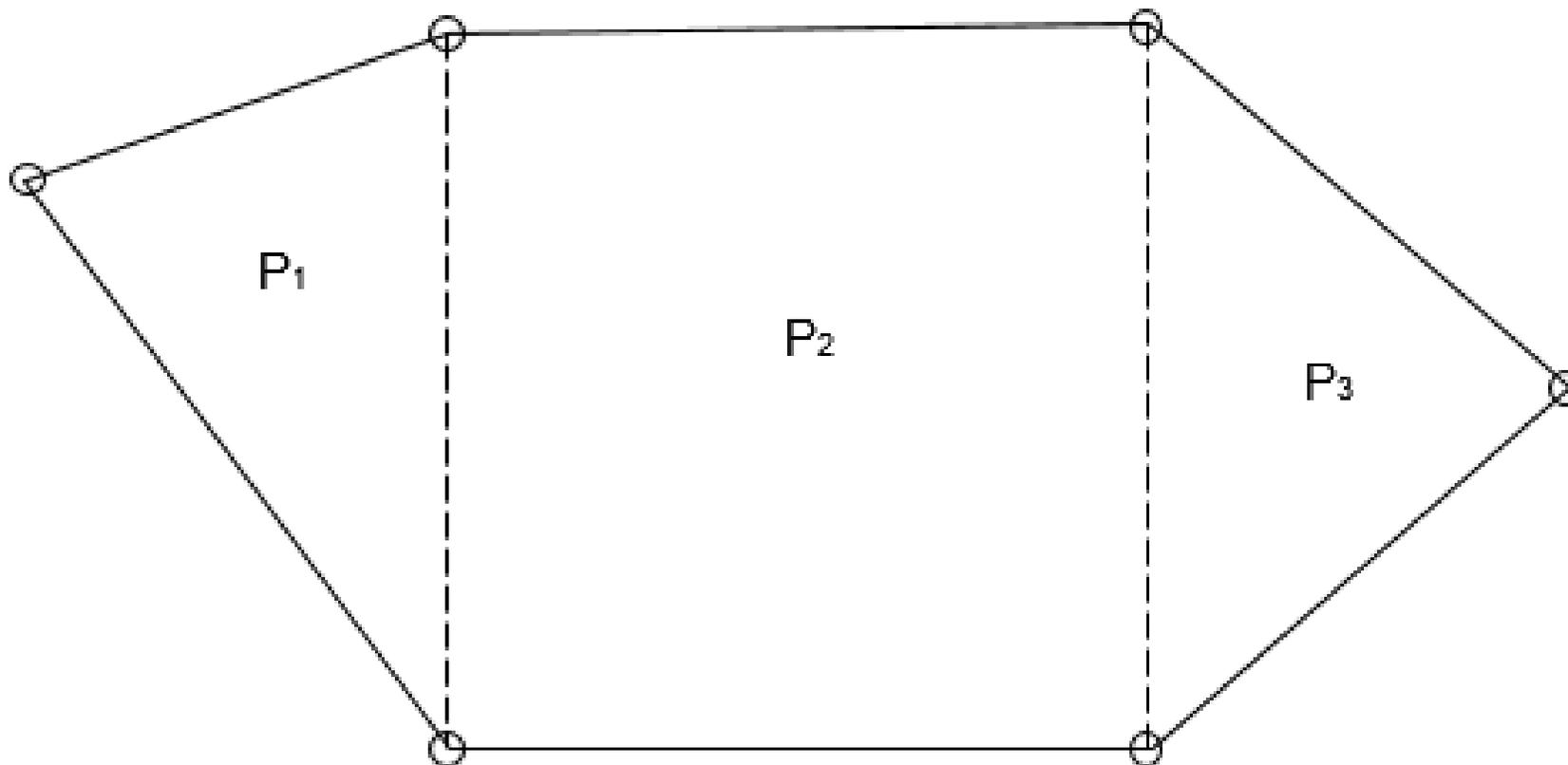
7)Выполняем контроль :

$$|P^{\text{ВЫЧ}} - P^{\text{ПР}}| \leq 2m_p$$

$$m_p = \frac{P^{\text{ПР}}}{2000} \text{ - точность проектирования аналитическим способом}$$

# Вычисление площади пятиугольника, шестиугольника и т.п

Площади таких фигур вычисляются делением многоугольника на элементарные фигуры.



Общая площадь фигуры определяется как сумма площадей элементарных фигур:

$$P = \sum_{1}^{n} P_i ,$$

где:  $P_i$  – площади треугольников, четырехугольников, трапеций и т.п.

# Вычисление площади по координатам вершин участка

Дано:  $X_i; Y_i$

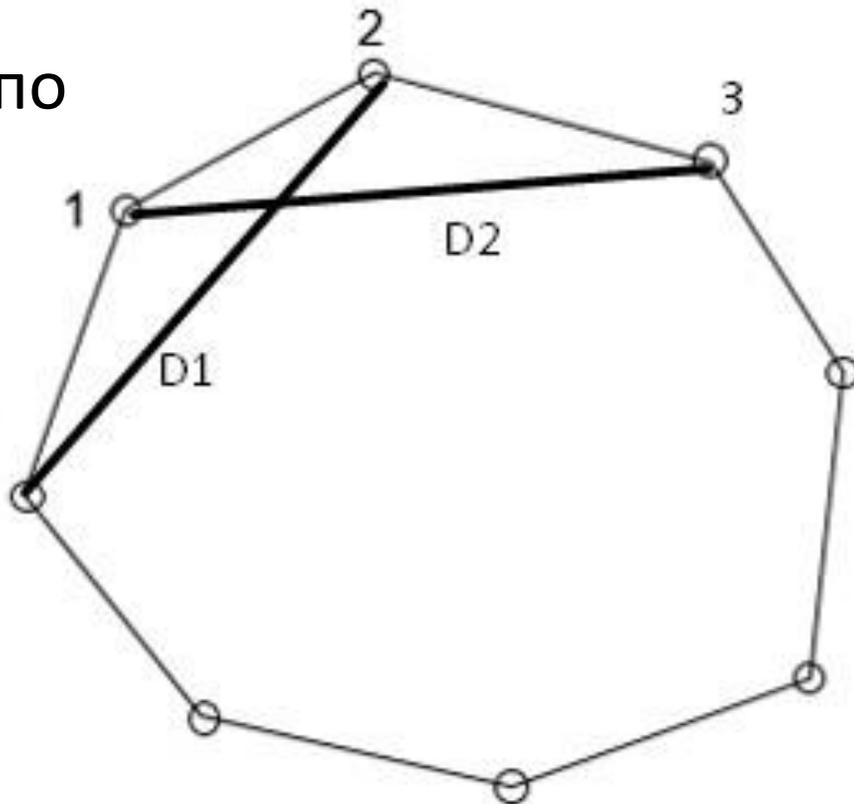
Формула нахождения площади многоугольника по координатам вершин:

$$2P = \sum_1^n X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1}) = \sum_1^n Y_i(X_{i-1} - X_{i+1}).$$

Оценка точности площади участка, определенная по координатам поворотных точек:

$$m_p = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_1^n m_{t_i}^2 D^2}$$

$D$  – диагональ между последующими и предыдущими пунктами



## Оценка точности площади с учетом числа поворотных точек участка

$$m_p = m_t \frac{M}{10000} \sqrt{P} \frac{4\sqrt{0,5n - 1} k + 1}{n} \frac{1}{2\sqrt{k}}$$

**Тема:**

**Сущность и способы перенесения  
проекта в натуру**

**Под перенесением проекта в натуру или восстановлением утраченных границ понимается закрепление на местности границ производственных объектов (участков , дорог и т.п ).**

**В литературе такие работы просто называют геодезическими разбивочными работами.**

**Технически перенесение проекта в натуру является действием обратным съемке.**

От перенесения проекта в натуру , как завершающей стадии полевых земельно-кадастровых работ , в большей степени зависит точность расположения на местности границ участков и их площадей.

Поэтому такие геодезические процессы, как съемка ситуации проектных границ земельного участка и перенесение проекта в натуру , должны производиться согласовано по точности.

**Перед полевым этапом выноса проекта в натуру обязательно проводят подготовительные работы, которые включают:**

- 1) Сбор пространственных геодезических данных на район работы (выписки из каталогов координат из ГГС и ОМС).
- 2) Сбор и анализ данных о районе работ (географические данные : пересеченность местности, залесенность и т.п ), если пунктов геодезического обоснования недостаточно ,то геодезическую опору предварительно сгущают.
- 3) Выбор метода перенесение проекта в натуру.

4) Определение проектных элементов (длин линий и углов).

\* При графическом и механическом способах границ проектирования участка проектные элементы могут быть измерены графиком по плану.

В этом случае необходимо выполнять уравнивание измеренных элементов.

5) Составление разбивочного чертежа для перенесения проекта в натуру

**Разбивочный чертеж** – это копия проектного плана, на который наносят:

- пункты геодезического обоснования ,которые являются основой для выноса проекта ;
- контуры ситуаций, которые облегчают ориентирование на местности ;

- проектные границы участков и их номера ;
- величины проектных углов и линий , которые необходимо построить на местности ;
- данные, необходимые для контроля выноса в натуру ;

# Оценка точности земельных участков разных категорий земель

Категория земель	$m_t$ (точность, м)
Земли городов	0,10
Земли сельских населенных пунктов	0,20
Земли промышленности	0,50
Земли с/х назначения	2,50
Земли лесного и водного фонда	5,00
Земли запаса и закрытых территорий (воинские части)	10,00

$$\text{Оценка точности : } m_p = 3,5m_t\sqrt{P_i}$$

**Тема:**

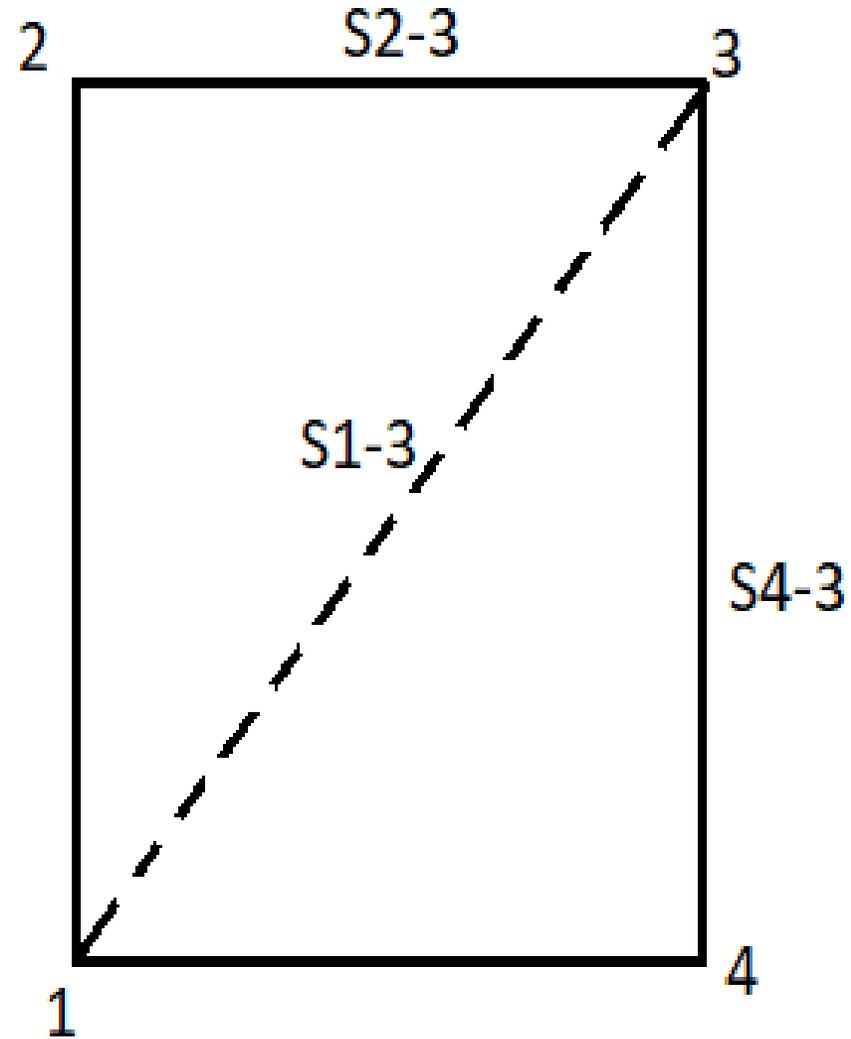
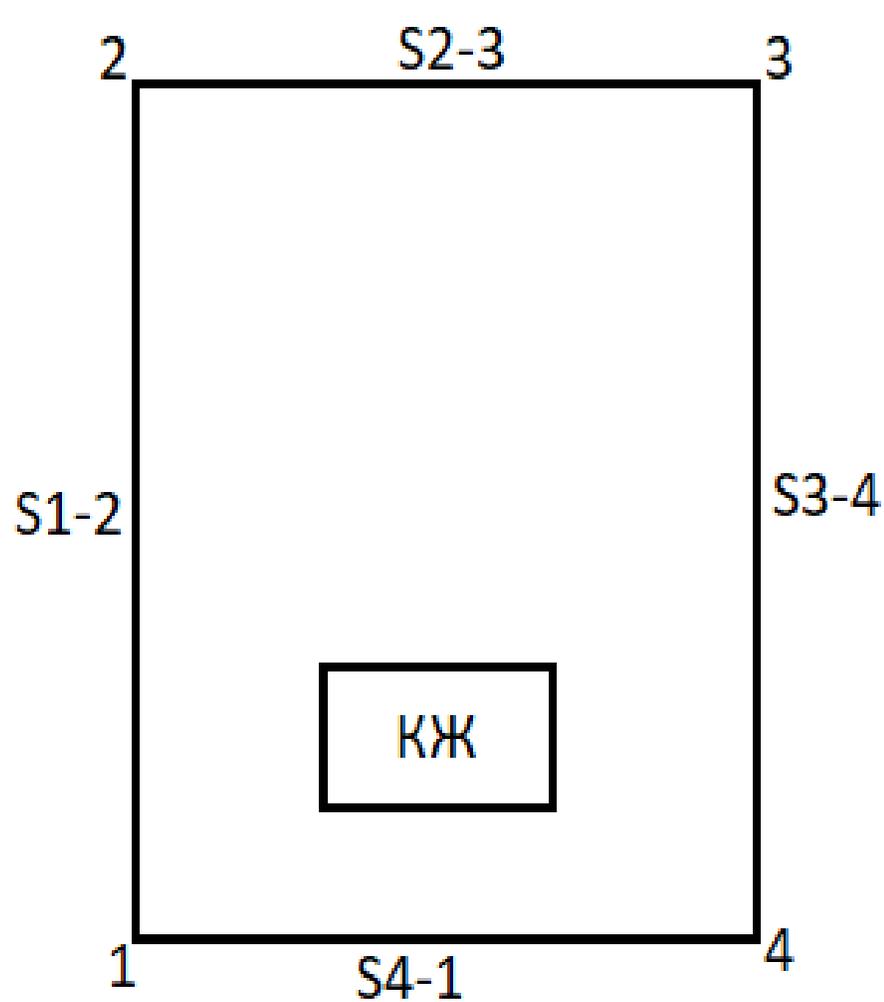
**Вынос в натуру способом линейной  
засечки**

# Когда применяется?

**Применяют** на открытой местности при наличии достаточного количества пунктов геодезического обоснования.

Чаще всего этот способ применяют при восстановлении границ.

# Проект Разбивочный чертеж



# Точность способа

Точность выноса в натуру этим способом зависит от точности исходных данных и погрешности линейных измерений при выносе в натуру.

**СКП положения:**

$$m_t = \sqrt{m_{\text{исх.дан}}^2 + m_s^2}$$

**Тема:**

**Вынос в натуру способом  
полярных координат**

# Когда применяется?

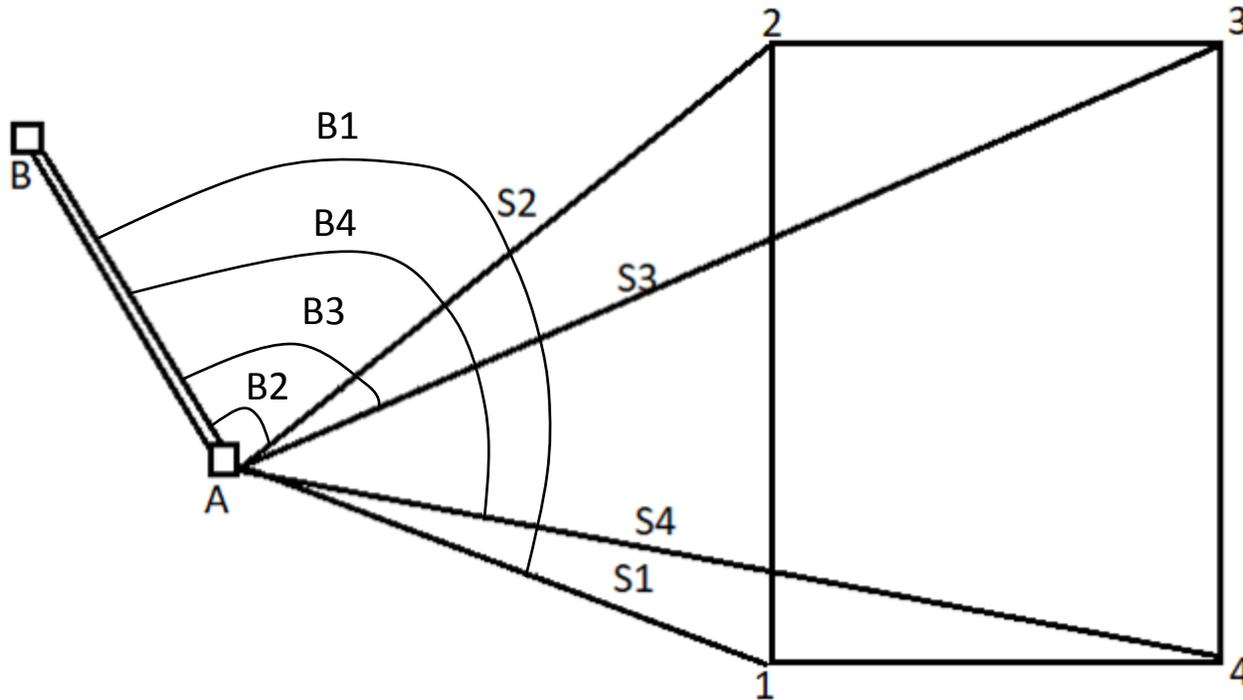
Этот способ применяется на открытой местности, если границы участка имеют большое число поворотных точек.

Проектными элементами являются горизонтальные проложения и горизонтальные углы выносимые в натуру.

Проектные элементы обычно вычисляются по аналитическим или графическим координатам из решения обратных геодезических задач.

Если при выносе в натуру не требуется точность положения проектной точки, то проектные элементы могут быть измерены графически по плану.

# Проект



Дано:  $X_i; Y_i$

Найти:  $B_i; S_i$

Решение:

1) Решим ОГЗ по линии АВ :  $\alpha_{AB}$

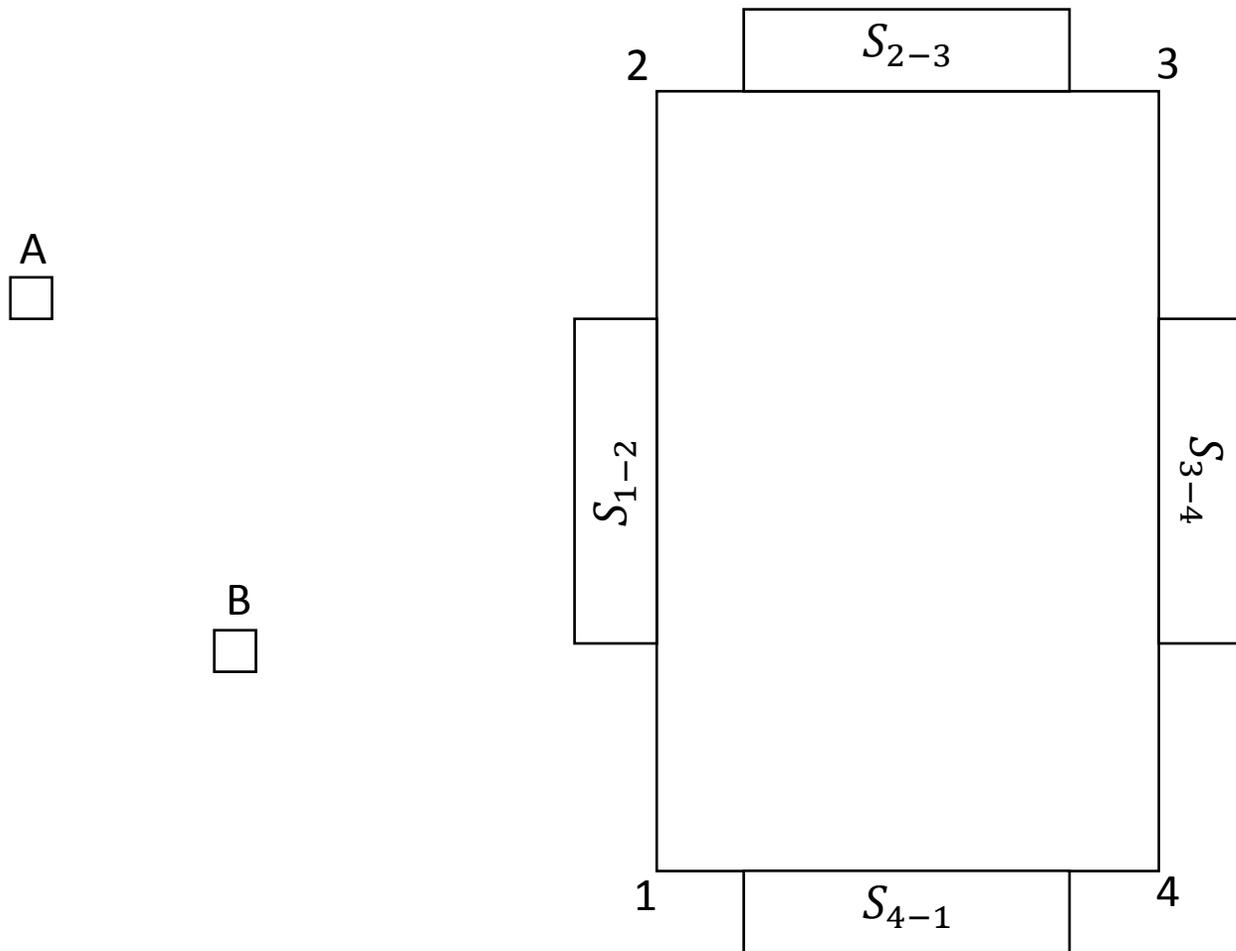
Номер точки	X	Y	S	$\alpha$	$\beta$
A	XA	YA		$\alpha_{AB}$	
B	XB	YB			
2					
3					
4					
1					

2) Решим ОГЗ по линии A – i (найдем  $S_i, \alpha_{A-i}$ )

3) Найдем проектный угол:

$$\beta_i = \alpha_{A-i} - \alpha_{AB}$$

# Разбивочный чертеж



Станция А

	$\beta$	$S$
В	0°00'00"	
2		
3		
4		
1		
$m\beta$		

4) Контроль угловых измерений:  $m_\beta = 1,5m_{\text{напр}}$

5) Погрешность положения точки:

$$m_t = \sqrt{m_{\text{исх.дан}}^2 + m_s^2 + \left(\frac{Sm_\alpha}{\rho}\right)^2}$$

$$m_\alpha = \sqrt{m_{\alpha_{AB}}^2 + m_\beta^2}$$

Если проектные элементы определялись по графическим координатам, то погрешности полевых измерений окажут незначительное влияние на погрешность положения проектных точек на местности.

**В этом случае погрешность положения проектных точек** определяется графической погрешностью определения координат при подготовке данных для выноса в натуру.

**Тема:**

**Вынос в натуру способом  
промеров**

# Когда применяется?

**Применяется на открытой местности** при наличии достаточного количества пунктов геодезического обоснования и когда проектные линии являются прямыми (проектные точки лежат на одной линии).

В качестве пунктов геодезического обоснования на застроенной территории служат пункты **ОМС** и **ГГС**.

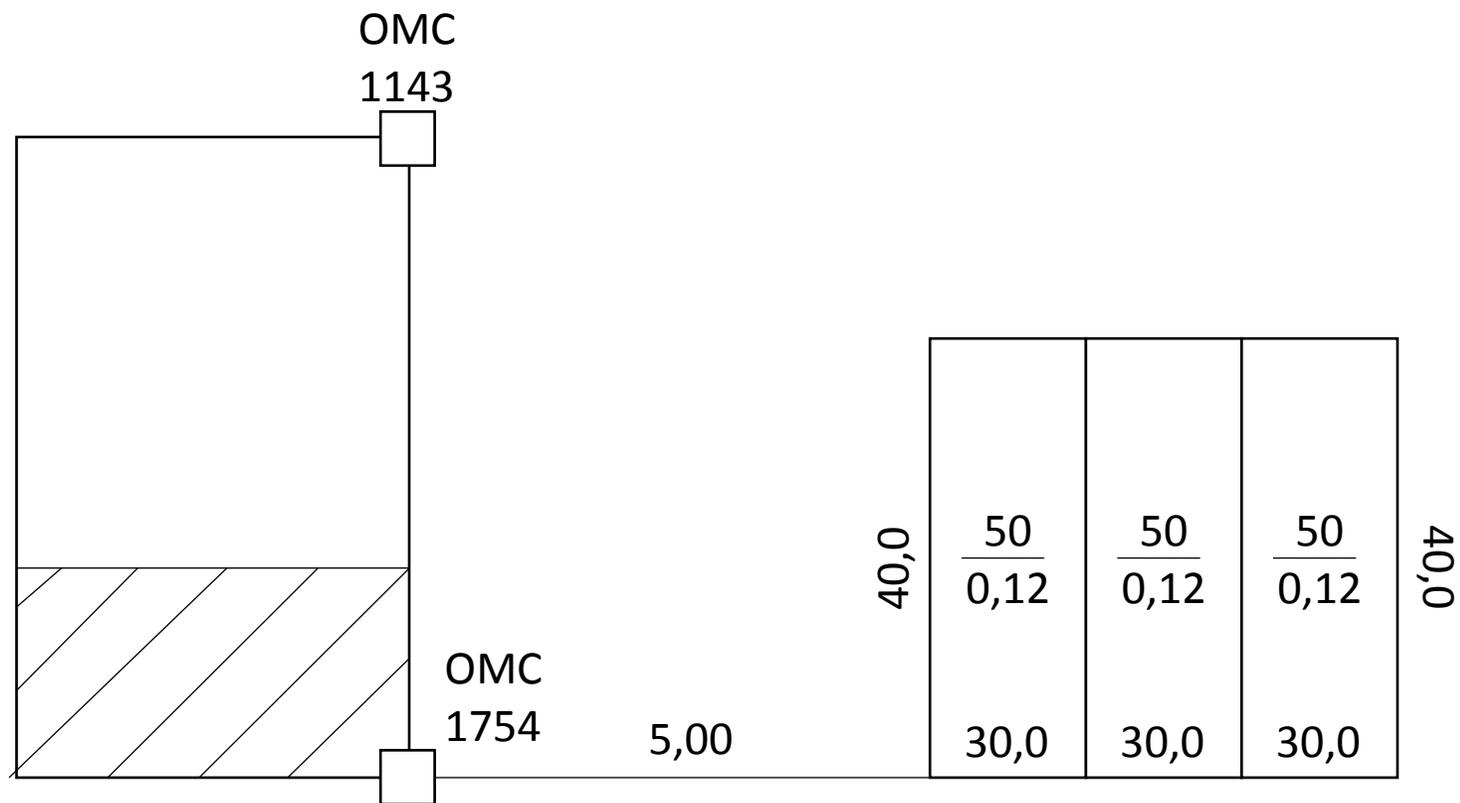
На незастроенной территории при отсутствии геодезической опоры в исключительных случаях возможно использовать характерные контурные точки ситуации в качестве опоры для выноса проекта.

# I случай

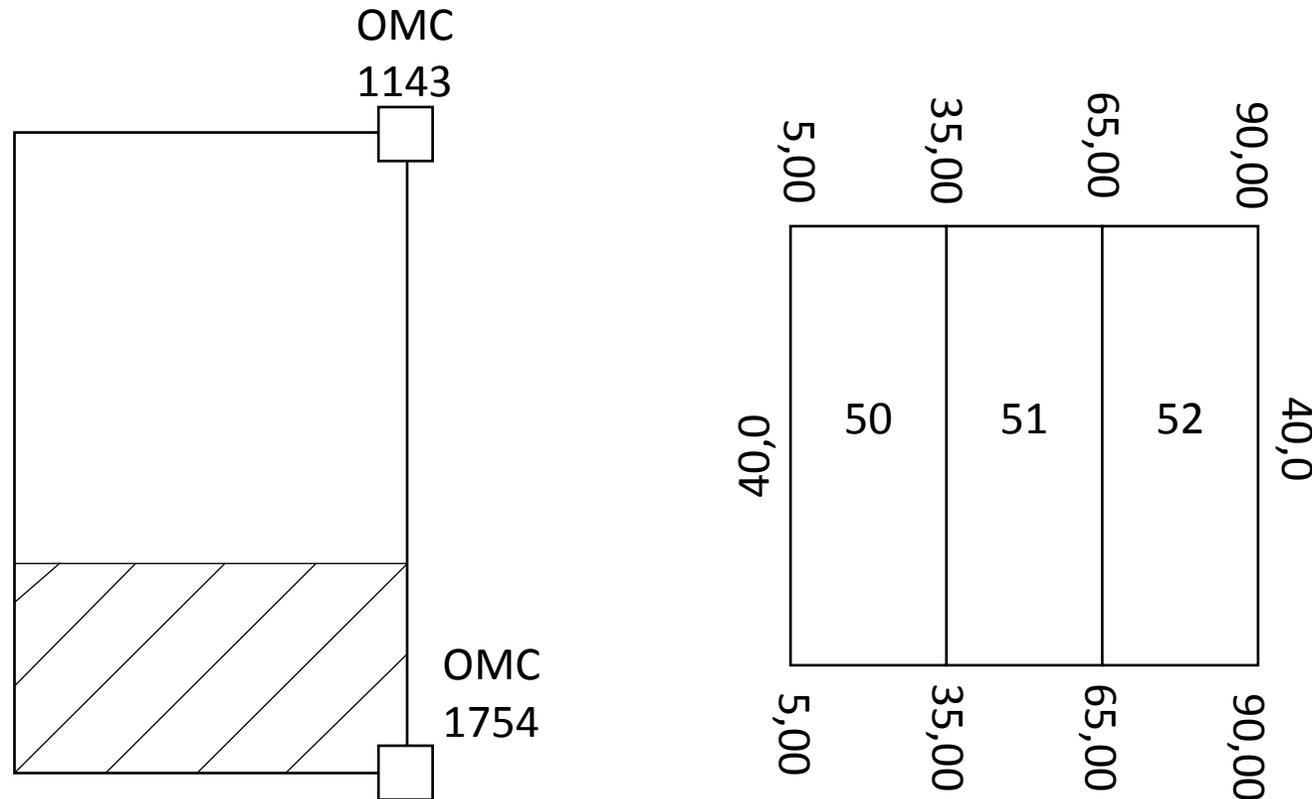
**Опорой для выноса в натуру являются пункты ОМС и ГГС.**

На застроенной территории применяется только аналитический способ проектирования границ, поэтому длины отрезков вычисляются в результате проектирования. Либо решение обратной геодезической задачи. В этом случае не возникает линейной невязки.

# Проект



# Разбивочный чертеж



Рассмотрим какие погрешности получаются в положении проектных точек и какие расхождения в длинах линий можно наблюдать при контроле выноса проектов в натуру.

## СКП положения:

$$m_t = \sqrt{m_{\text{исх.дан.}}^2 + m_s^2 \cdot n}$$

$m_s$  — СКП линейных измерений при выносе в натуру

$n$  — количество отрезков, выносимых в натуру

$$f_s^{\text{доп}} = m_s \sqrt{2}$$

$$m_s = \frac{\sum_1^n S}{2000}$$

## II случай

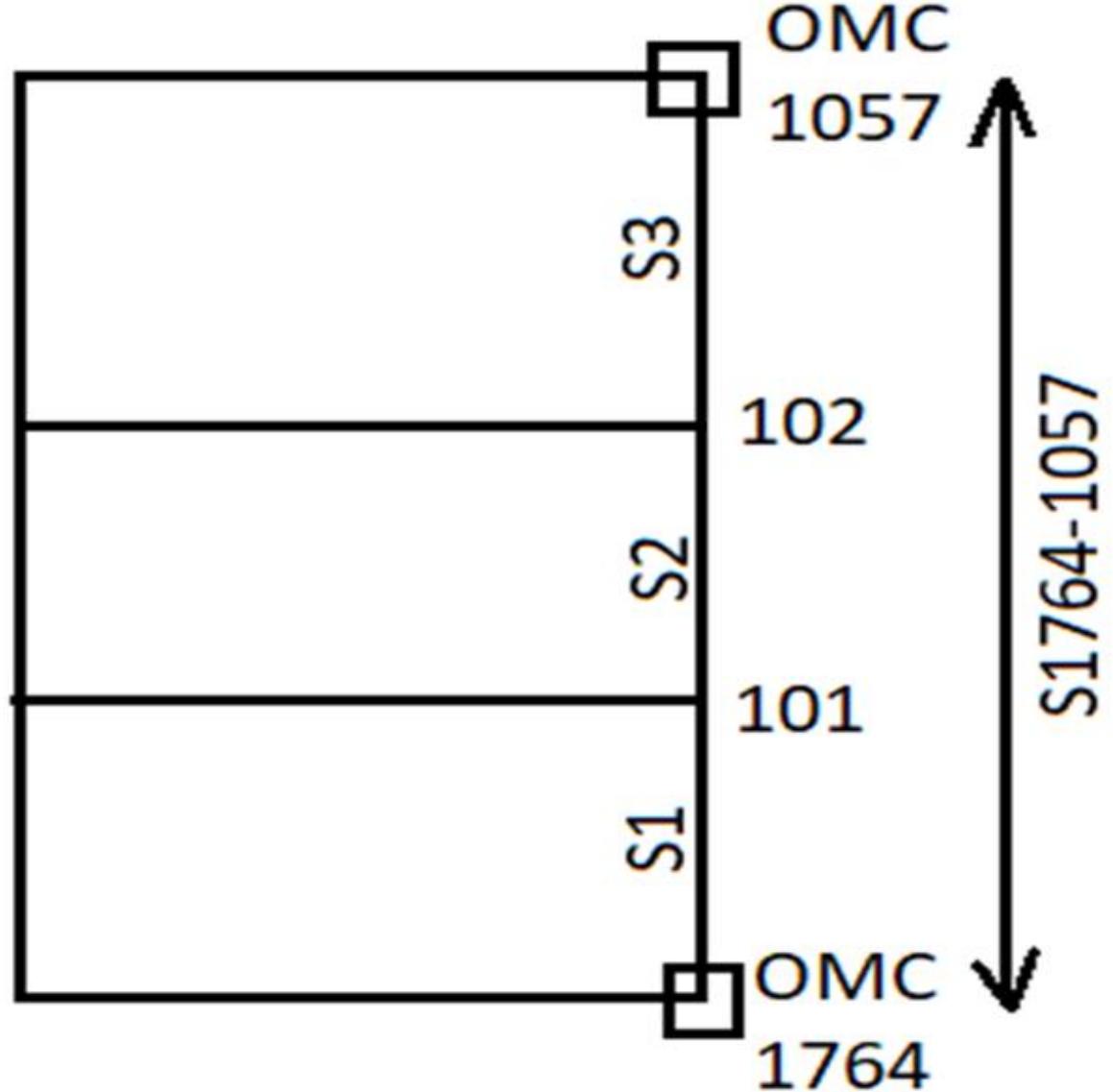
**На незастроенной территории опорой являются точки ОМС или ГГС.**  
Проектирование границ обычно выполняется графическим либо механическим способом, следовательно, проектные отрезки получаются в результате измерений на планово-картографических материалах.

В этом случае измеренные проектные отрезки необходимо предварительно уравнивать.

# Проект:

Дано:  $X_i ; Y_i$  (ОМС)

Измерены:  $S_i$



# Решение:

$$f_s = \sum_{1}^n S_i - S_{1764-1057}$$

$$f_s^{\text{доп}} = 0,16\sqrt{n+5}$$

$$f_s \leq f_s^{\text{доп}}$$

$$v_s = -\frac{f_s}{n}$$

## Контроль:

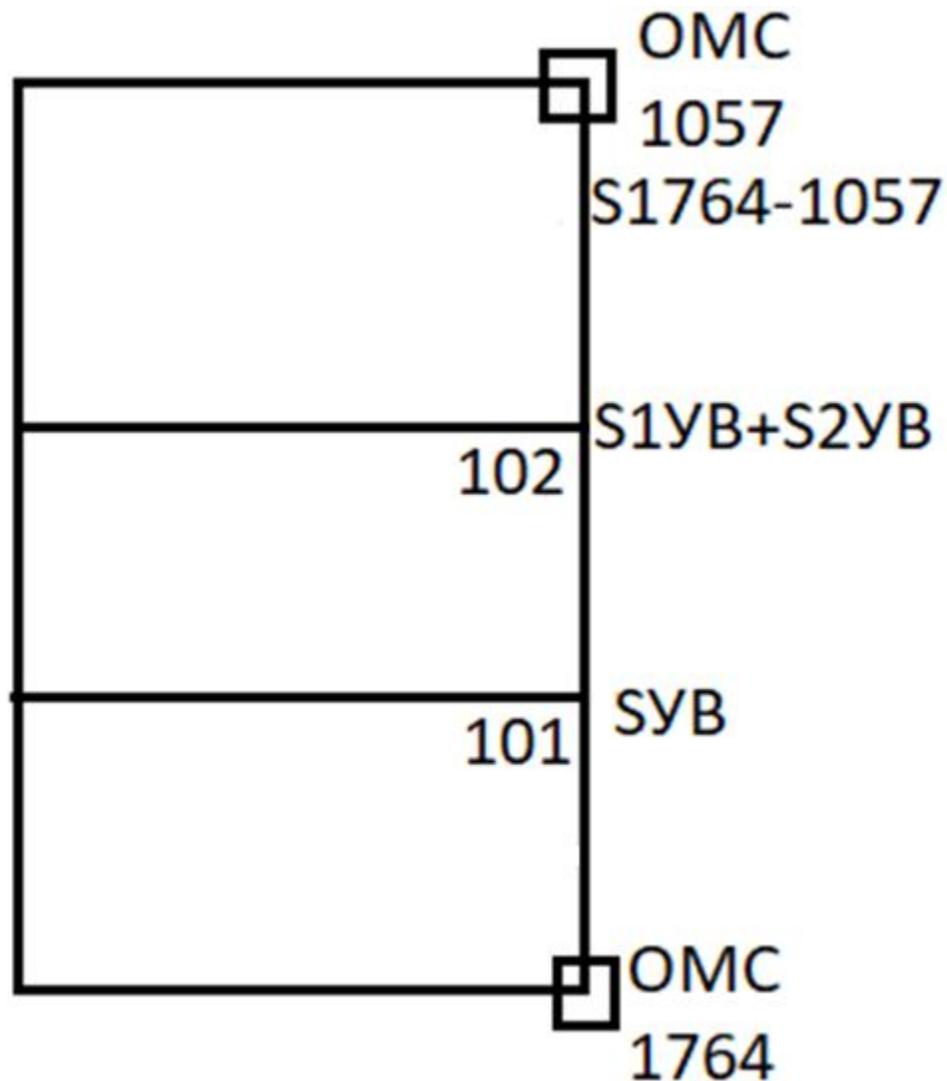
$$\sum_1^n v_s = -f_s$$

$$S_i^{yB} = S_i + v_s$$

$$\sum_1^n S_i^{yB} = S_{1764-1057}$$

**Для выноса в натуру необходимо использовать уравненные значения длин проектных отрезков.**

# Разбивочный чертеж:



При выносе проекта в натуру длина контролируемой линии ( $S_{1764-1057}$ ), измеренная на местности не должна отличаться от значения вычисленного по координатам более чем на  $f_s^{\text{доп}}$

$$S_{1764-1057}^{\text{ИЗМ}} - S_{1764-1057}^{\text{ВЫЧ}} \leq f_s^{\text{доп}}$$

## Рассмотрим, какие погрешности получаются в положении проектных точек:

1. Погрешность нанесения на план пунктов ОМС по координатам ( $m_1 = 0,18$  м)

2. Погрешность графического определения длин проектных отрезков. ( $m_1 = 0,10$  м)

### 3. Погрешность выноса в натуру проектных отрезков.

$$m_3 = \frac{S}{2000} \text{ (для технической точности)}$$

$$m_3 = \frac{S}{6000} \text{ (для электронного тахеометра)}$$

### 4. Погрешность взаимного положения пунктов опорной межевой сети

$$m_4 = \frac{L}{2000}$$

$L$  — длина ранее проложенного хода при определении координат ОМС

**СКП положения проектной точки:**

$$m_t = \sqrt{\sum_{1}^4 m_i^2}$$

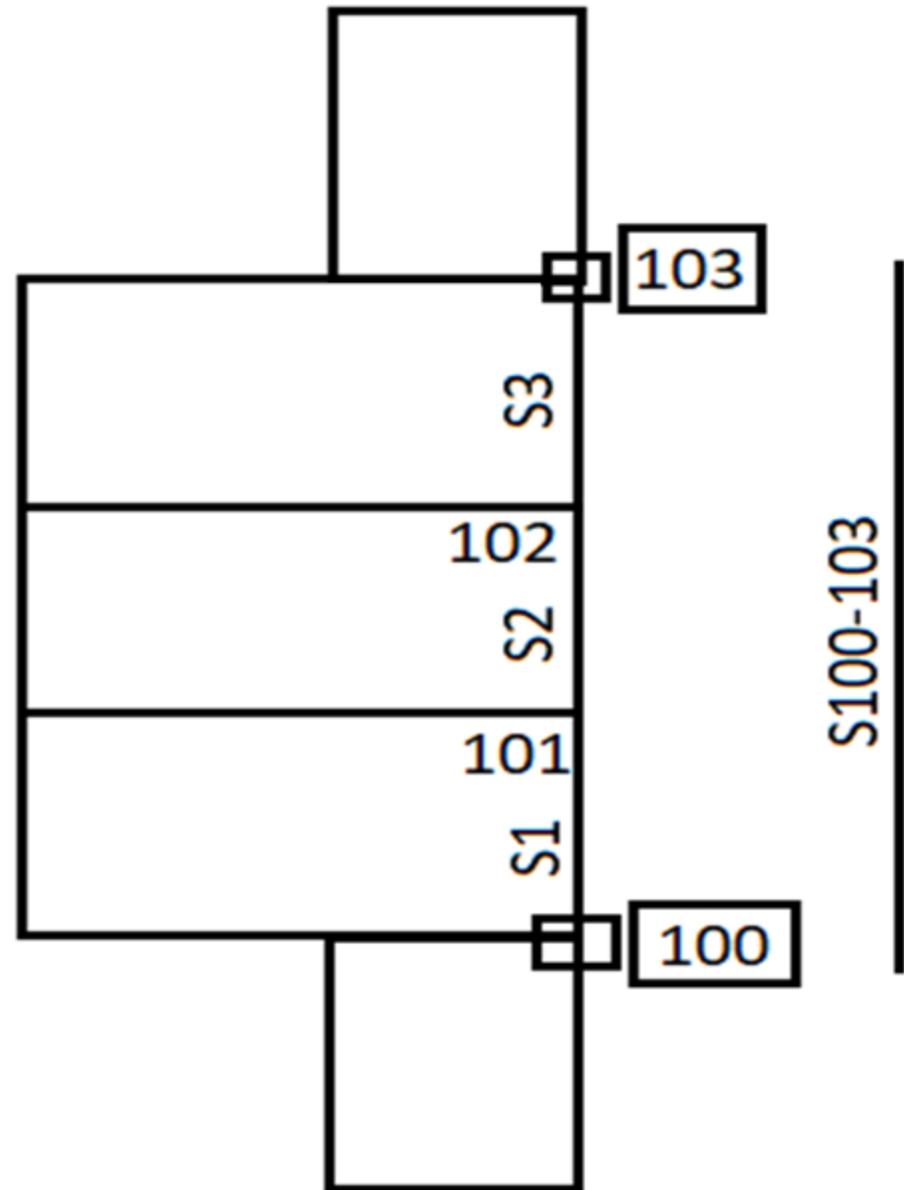
# III случай

Для незастроенной территории опорой являются контурные точки ситуации. Проектирование границ выполнялось графическим либо механическим способом, следовательно, длины проектных отрезков измерены графически по плану.

В этом случае измеренные отрезки необходимо уравнивать.

# Проект:

Дано:  $S_i$  ;  $S_{100-103}$

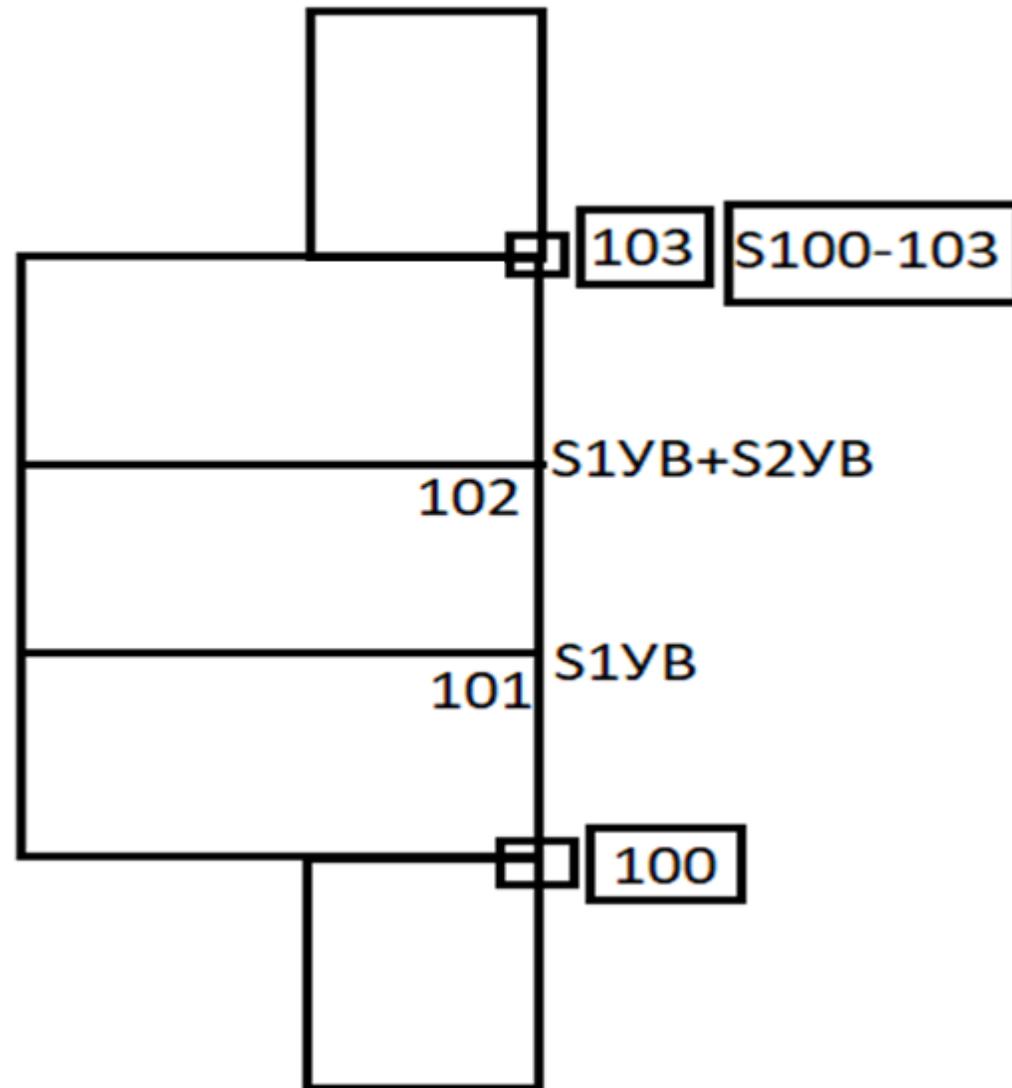


Отличие от предыдущего случая 2 состоит в том, что длину отрезка между точками геодезического обоснования ( $S_{100-103}$ ) не вычисляют по координатам, а изменяют графически по плану.

Уравнивание измеренных проектных отрезков выполняется аналогично предыдущему случаю 2, но с одним отличием.

$$f_s^{\text{доп}} = 0,16\sqrt{n + 1}$$

# Разбивочный чертеж:



**На погрешность положения проектных точек будут влиять следующие погрешности:**

1. Погрешность положения на плане контурных точек 100 и 103  
( $m_1 = 0,4$  мм)

2. Погрешность графического измерения проектных отрезков на плане ( $m_2 = 0,10$  мм)

3. Погрешность выноса в натуру длин проектных отрезков  
( $m_3 = \frac{s}{2000}$ )

## СКП положения проектной точки:

$$m_t = \sqrt{\sum_1^3 m_i^2}$$

$$m_t^{\text{доп}} = 2m_t$$

**Тема:**

**Вынос в натуру способом  
проектного хода**

Дано:  $X_i; Y_i$

Линии 22 – 23 (начало)

Линии 20 – 21 (конец)

Подготовить данные для выноса в натуру участка.

**Ведомость вычисления проектного**

**хода для участка:**

	X	Y	$\alpha$	$\beta$	S	Контроль
22	$X_{22}$	$Y_{22}$	$\alpha_{22-23}$	$\beta_{23}$	$S_{23-}$	
23						
.						
.						
.						
.						
20						
21						

1) По известным координатам решить ОГЗ и вычислить дирекционные углы.

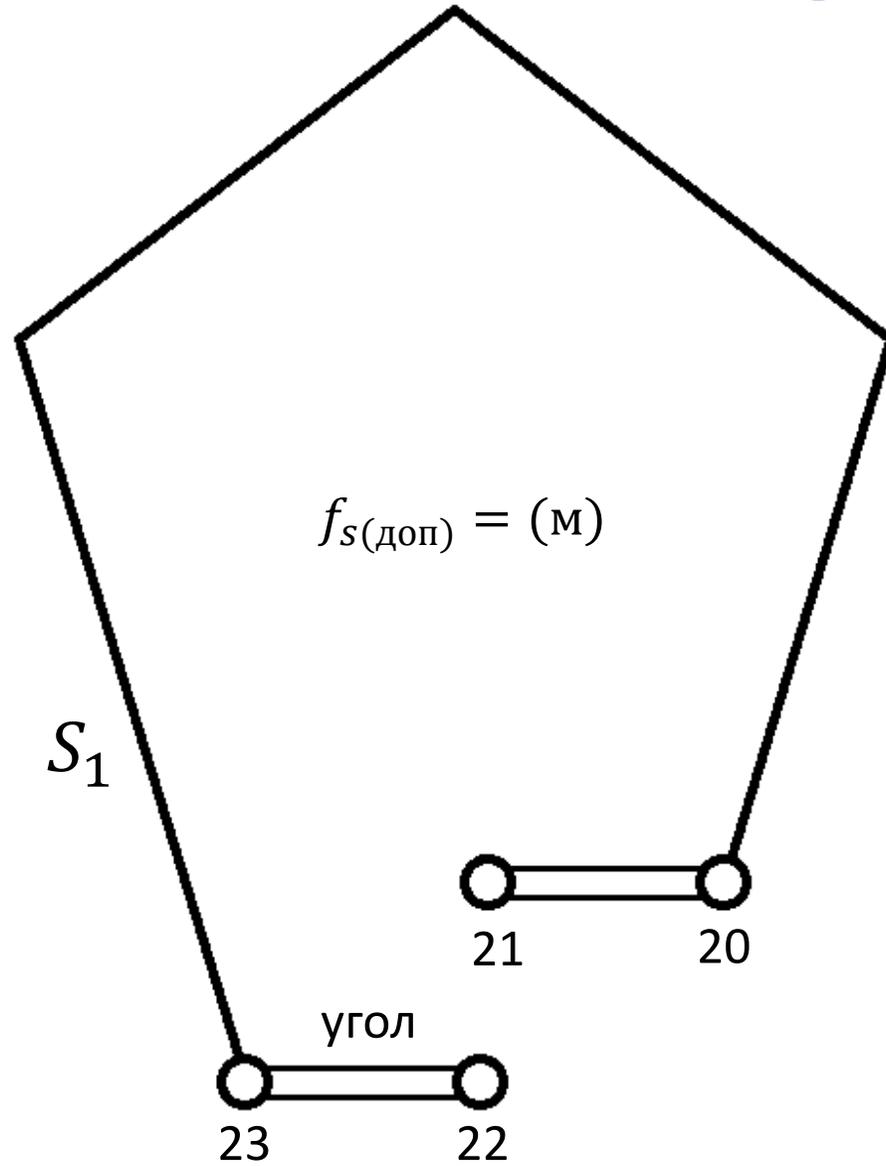
2) Находим горизонтальные углы:

$$\beta_i = \alpha_{i-1} - \alpha_{i+1} + 180^0$$
$$\sum_1^n \beta^T = \alpha_{\text{нач}} - \alpha_{\text{кон}} + 180^0 \cdot n$$

3) Находим горизонтальное проложение:

$$S = \frac{\Delta X}{\cos a} = \frac{\Delta Y}{\sin a}$$

# Разбивочный чертеж



## Допустимая линейная невязка:

$$f_s^{\text{доп}} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2}$$

$m_1$  - погрешность исходных данных ( $m_1 = \frac{L}{2000}$ )

$L$  - длина ранее проложенного хода между исходными пунктами

$m_2$  - погрешность углов и линий при выносе в натуру

$$m_2 = \sqrt{n \cdot m_s^2 + \frac{n + 1,5}{3} \left( \frac{m_\beta}{\rho} \sum S \right)^2}$$