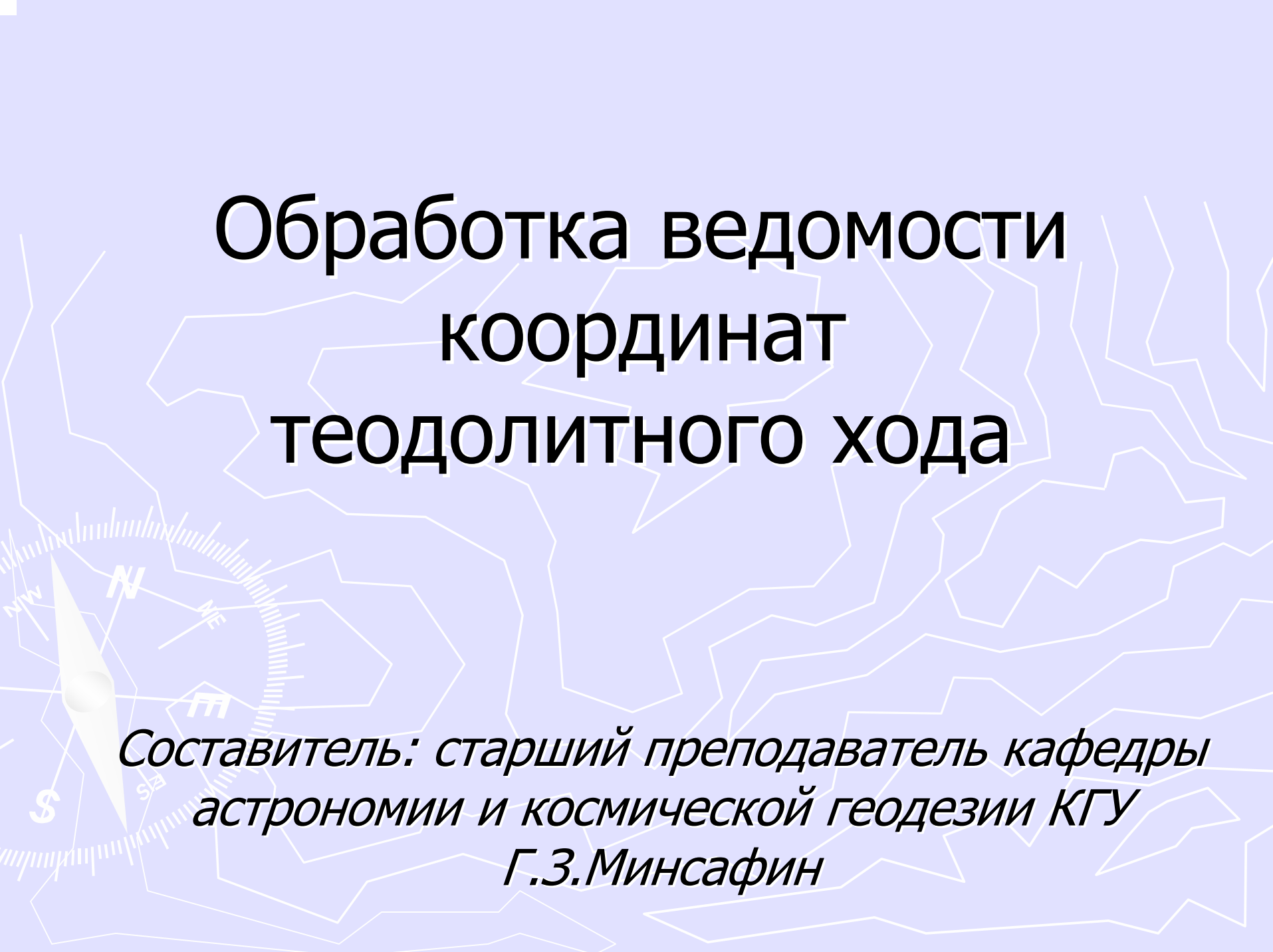


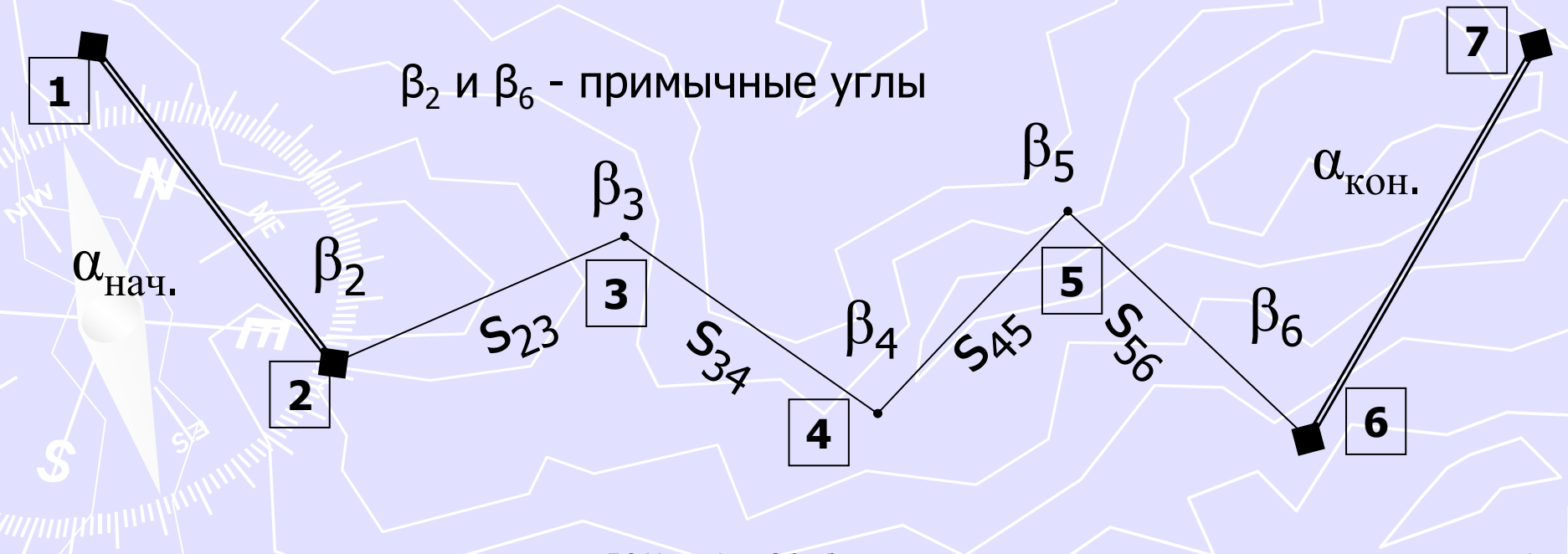
Обработка ведомости координат теодолитного хода



*Составитель: старший преподаватель кафедры
астрономии и космической геодезии КГУ
Г.З.Минсафин*

Теодолитный ход

- ▶ **Теодолитный ход** – это геодезическое построение в виде ломаной линии, вершины которой закрепляются на местности, и на них измеряются горизонтальные углы β_i между сторонами хода и длины сторон S_{ij} . Закрепленные на местности точки называют точками теодолитного хода.



Теодолитный ход

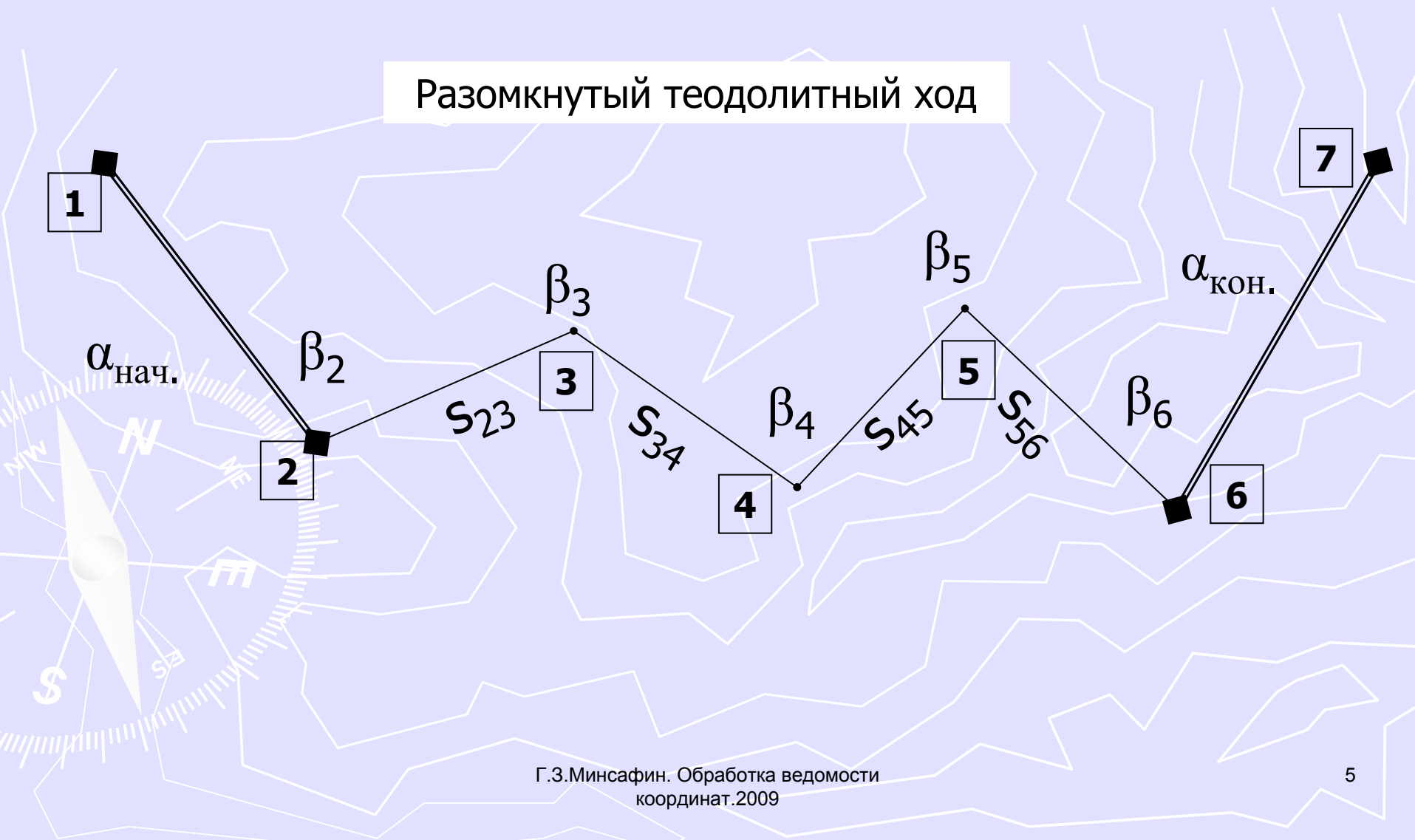
- ▶ Длины сторон в теодолитных ходах не должны быть менее 20 метров и более 350 метров.
- ▶ Поворотные точки теодолитного хода выбираются с расчетом обеспечения удобства постановки геодезического прибора и хорошего обзора местности для проведения съемки.

Геометрия построения

- ▶ Теодолитные ходы бывают:
 - разомкнутые,
 - замкнутые,
 - висячие.
- ▶ Наиболее предпочтительным вариантом теодолитного хода является разомкнутый ход (по возможности более вытянутый).

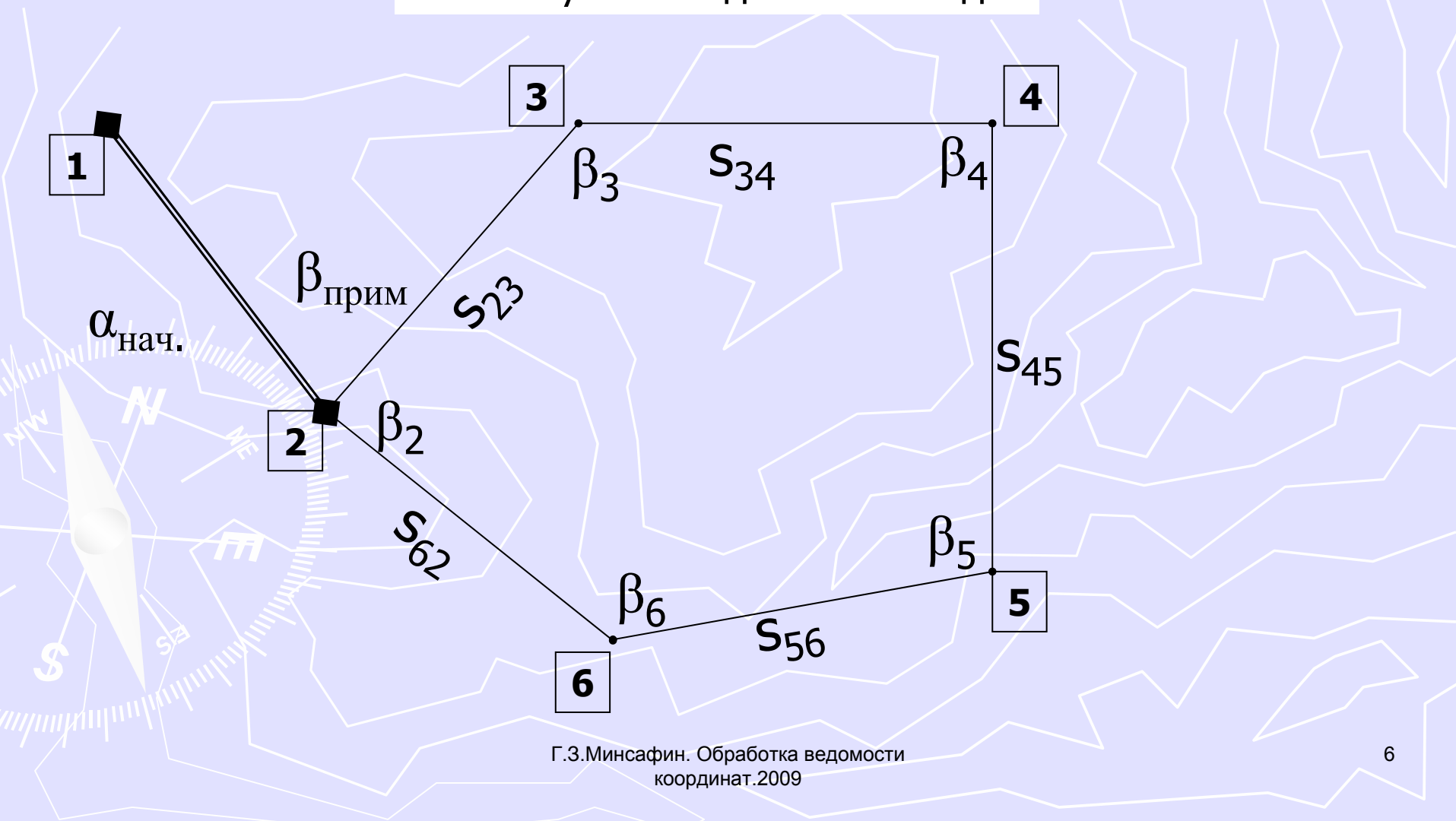
Геометрия построения

Разомкнутый теодолитный ход



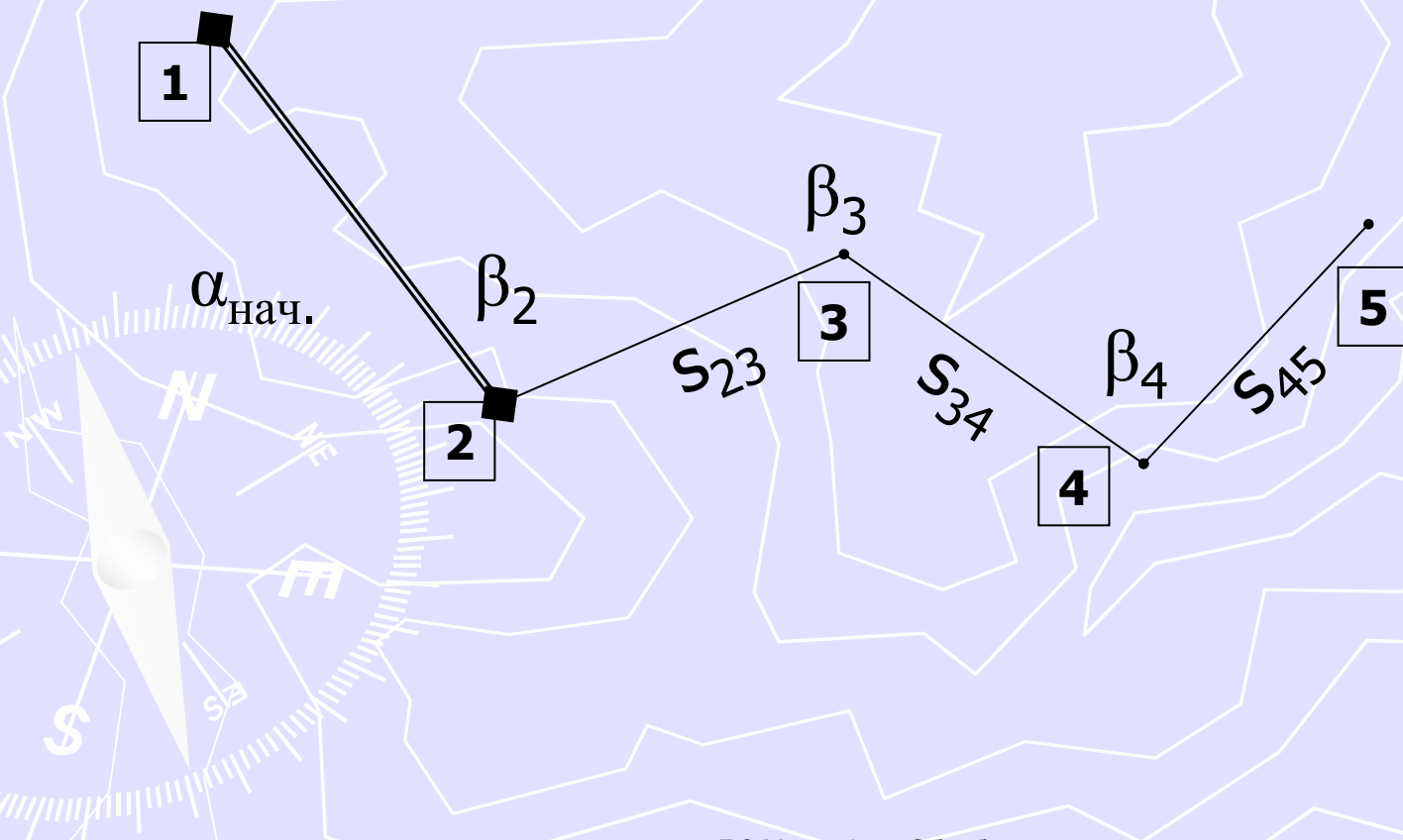
Геометрия построения

Замкнутый теодолитный ход



Геометрия построения

Висячий теодолитный ход



Точность теодолитного хода

- ▶ Теодолитные ходы подразделяются по точности на разряды.
- ▶ Ходы 1 разряда прокладываются с относительной погрешностью 1:2000.
- ▶ Ходы 2 разряда имеют относительную погрешность 1:1000.
- ▶ В предусмотренных техническими проектами случаях могут прокладываться теодолитные ходы повышенной точности 1:3000.

Средства измерений



- ▶ Название теодолитного хода связано с применением теодолитов как средства угловых измерений.
- ▶ Длины линий измеряли с помощью лент или рулеток, позже с помощью оптических дальномеров и светодальномеров.

Средства измерений

▶ В настоящее время в топографо-геодезических работах основным средством для угловых и линейных измерений в теодолитных ходах является комбинированный геодезический прибор - **электронный тахеометр**, включающий угломерную часть и светодальномер.



Обработка теодолитного хода

- ▶ Математическая обработка результатов измерений в теодолитном ходе выполняется, как правило, упрощенным методом.
- ▶ Процесс математической обработки оформляется на специальном унифицированном бланке – **ведомости координат теодолитного хода.**

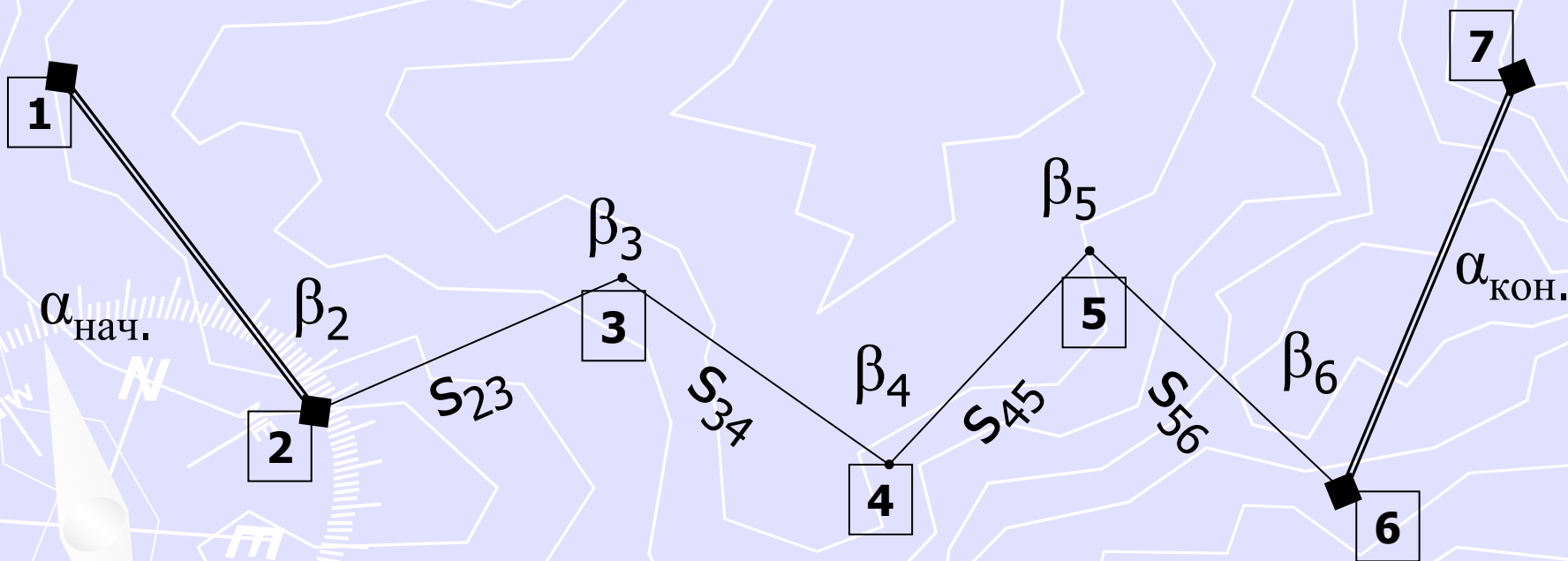
ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложени-я	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ -	Δx	+ -	Δy	+ -	Δx	+ -	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Общий вид бланка ведомости координат теодолитного хода

Схема теодолитного хода

В ходе измерены «левые» углы β_i и углы наклона линий v_{ij}



β_2 и β_6 - примычные углы

Точки 1, 2 и 6, 7 –
исходные пункты

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ -	Δx	+ -	Δy	+ -	Δx	+ -	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															

Шаг 1: Записываем в столбец 1 по порядку номера точек хода.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ -	Δx	+ -	Δy	+ -	Δx	+ -	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1														X₁	Y₁
2														X₂	Y₂
3															
4															
5															
6														X₆	Y₆
7														X₇	Y₇

Шаг 2: Записываем в столбцах 15 и 16 координаты опорных точек хода.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты		
						+ - 7	Δx 8	+ - 9	Δy 10	+ - 11	Δx 12	+ - 13	Δy 14	x 15	y 16	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1			α_{12}											X_1	Y_1	
2															X_2	Y_2
3																
4																
5																
6														X_6	Y_6	
7			α_{67}											X_7	Y_7	

Шаг 3: Записываем в столбец 4 начальный и конечный дирекционные углы.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δx	Δy	+	-	Δx	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1			α_{12}	R_{12}										X_1	Y_1
2														X_2	Y_2
3															
4															
5															
6			α_{67}	R_{67}										X_6	Y_6
7														X_7	Y_7

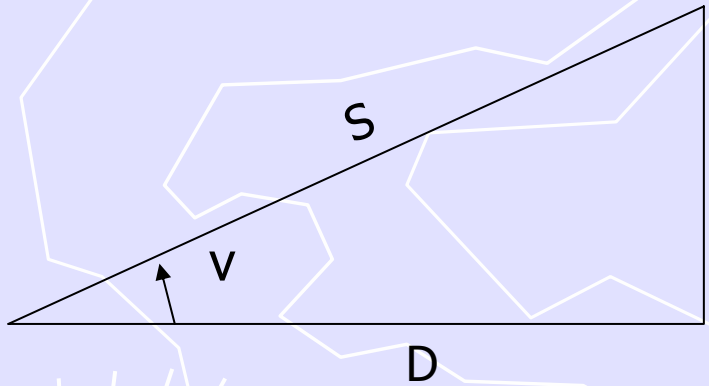
Шаг 4: Записываем в столбец 5 начальный и конечный румбы.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	Δx	-	Δy	+	Δx	-	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—		α_{12}	R_{12}										X₁	Y₁
2	β_2														
3	β_3														
4	β_4														
5	β_5														
6	β_6		α_{67}	R_{67}										X₆	Y₆
7	—														

Шаг 5: Записываем в столбец 2 измеренные горизонтальные углы.

Вычисление горизонтальных проложений



$$D = S \cdot \cos v$$

или

$$D^2 = S^2 - h^2$$



ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δx	Δy	+	-	Δx	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—		α_{12}	R_{12}	—									X₁	Y₁
2	β_2														
3	β_3				D_{23}										
4	β_4				D_{34}										
5	β_5				D_{45}										
6	β_6				D_{56}									X₆	Y₆
7	—		α_{67}	R_{67}	—									X₇	Y₇

Шаг 6: Записываем в столбец 6 горизонтальные проложения сторон хода.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ -	Δx	+ -	Δy	+ -	Δx	+ -	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—		α_{12}	R_{12}	—									X₁	Y₁
2	β_2				D₂₃									X₂	Y₂
3	β_3				D₃₄										
4	β_4				D₄₅										
5	β_5				D₅₆										
6	β_6													X₆	Y₆
7	—		α_{67}	R_{67}	—									X₇	Y₇
	$\Sigma \beta_{изм}$														

Шаг 7: Вычисляем сумму измеренных горизонтальных углов.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δx	Δy	+	-	Δx	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—		α_{12}	R_{12}	—									X_1	Y_1
2	β_2				D_{23}									X_2	Y_2
3	β_3				D_{34}										
4	β_4				D_{45}										
5	β_5				D_{56}										
6	β_6													X_6	Y_6
7	—		α_{67}	R_{67}	—									X_7	Y_7
	$\Sigma \beta_{\text{изм}}$														
	$\Sigma \beta_{\text{теор}}$														

Шаг 8: Вычисляем теоретическую сумму горизонтальных углов.

Вычисление угловой невязки

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}}$$

$\sum \beta_{\text{теор}}$ - в замкнутом теодолитном ходе вычисляется по формуле суммы внутренних углов выпуклого многоугольника

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180 \cdot (n - 2)$$

- где n – количество внутренних углов.

В разомкнутом теодолитном ходе

$$\sum \beta_{\text{теор}} = \alpha_{\text{кон.}} - \alpha_{\text{нач.}} + 180 \cdot n$$

- где n – количество измеренных углов.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ -	Δ x	+ -	Δ y	+ -	Δ x	+ -	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—		α_{12}	R_{12}	—									X_1	Y_1
2	β_2				D_{23}									X_2	Y_2
3	β_3				D_{34}										
4	β_4				D_{45}										
5	β_5				D_{56}										
6	β_6													X_6	Y_6
7	—		α_{67}	R_{67}	—									X_7	Y_7
	$\Sigma\beta_{изм}$														
	$\Sigma\beta_{теор}$														
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$														

Шаг 9: Вычисляем и записываем значение угловой невязки хода.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δ x	Δ y	+	-	Δ x	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—		α_{12}	R_{12}	—									X₁	Y₁
2	β_2				D_{23}									X₂	Y₂
3	β_3				D_{34}										
4	β_4				D_{45}										
5	β_5				D_{56}										
6	β_6													X₆	Y₆
7	—		α_{67}	R_{67}	—									X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$														
	$\Sigma\beta_{теор}$														
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$														
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$														

Шаг 10: Вычисляем и записываем значение допустимой угловой невязки.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δ x	Δ y	+	-	Δ x	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—		α_{12}	R_{12}	—									X₁	Y₁
2	β_2				D_{23}									X₂	Y₂
3	β_3				D_{34}										
4	β_4				D_{45}										
5	β_5				D_{56}										
6	β_6													X₆	Y₆
7	—		α_{67}	R_{67}	—									X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$														
	$\Sigma\beta_{теор}$														
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$														
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$														
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$														

Шаг 11: Если $f_\beta \leq \text{доп } f_\beta$, то вычисляем поправки $\Delta\beta$ в измеренные углы.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δ x	Δ y	+	-	Δ x	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	α_{12}	R_{12}	—									X₁	Y₁
2	β_2	β_2			D_{23}									X₂	Y₂
3	β_3	β_3			D_{34}										
4	β_4	β_4			D_{45}										
5	β_5	β_5			D_{56}										
6	β_6	β_6												X₆	Y₆
7	—	—	α_{67}	R_{67}	—									X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$														
	$\Sigma\beta_{теор}$														
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$														
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$														
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$														

Шаг 12: Вычисляем исправленные углы по формуле $\beta_{испр} = \beta_{изм} + \Delta\beta$ и записываем в столбец 3.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ - 7	Δx 8	+ - 9	Δy 10	+ - 11	Δx 12	+ - 13	Δy 14	x 15	y 16
1	—	—	α_{12}	R_{12}	—									X_1	Y_1
2	β_2	β_2													
3	β_3	β_3			D_{23}										
4	β_4	β_4			D_{34}										
5	β_5	β_5			D_{45}										
6	β_6	β_6			D_{56}									X_6	Y_6
7	—	—	α_{67}	R_{67}	—									X_7	Y_7
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$													
	$\Sigma\beta_{теор}$														
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$														
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$														
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$														

Шаг 13: Контролем исправления углов является равенство: $(\Sigma\beta_{испр} - 180 \cdot n) = \Sigma\beta_{теор}$.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты			
						+	-	Δ x	Δ y	+	-	Δ x	Δ y	x	y		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	—	—	α_{12}	R_{12}	—									X₁	Y₁		
2	β_2	β_2	α_{23} α_{34} α_{45} α_{56}	D_{23} D_{34} D_{45} D_{56}										X₂	Y₂		
3	β_3	β_3															
4	β_4	β_4															
5	β_5	β_5															
6	β_6	β_6														X₆	Y₆
7	—	—	α_{67}	R_{67}	—									X₇	Y₇		
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$															
	$\Sigma\beta_{теор}$																
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$																
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$																
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$																

Шаг 14: Вычисляем дирекционные углы сторон хода:

для «левых» углов: $\alpha_{i+1} = \alpha_i + \beta_{испр} - 180^\circ$

для «правых» углов: $\alpha_{i+1} = \alpha_i + 180^\circ - \beta_{испр}$

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δ x	Δ y	+	-	Δ x	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	a_{12}	R_{12}	—									X₁	Y₁
2	β_2	β_2	a_{23}		D_{23}									X₂	Y₂
3	β_3	β_3	a_{34}		D_{34}										
4	β_4	β_4	a_{45}		D_{45}										
5	β_5	β_5	a_{56}		D_{56}										
6	β_6	β_6	a_{67}	R_{67}	—									X₆	Y₆
7	—	—												X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$													
	$\Sigma\beta_{теор}$														
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$														
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$														
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$														

Шаг 15: Контролем правильности вычислений является получение известного дирекционного угла конечной стороны по тем же формулам:

для «левых» углов: $a_{i+1} = a_i + \beta_{испр} - 180^\circ$

для «правых» углов: $a_{i+1} = a_i + 180^\circ - \beta_{испр}$.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δ x	Δ y	+	-	Δ x	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	a_{12}	R_{12}	—									X₁	Y₁
2	β_2	β_2	a_{23}	R_{23}	D_{23}									X₂	Y₂
3	β_3	β_3	a_{34}	R_{34}	D_{34}										
4	β_4	β_4	a_{45}	R_{45}	D_{45}										
5	β_5	β_5	a_{56}	R_{56}	D_{56}										
6	β_6	β_6	a_{67}	R_{67}	—									X₆	Y₆
7	—	—												X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$													
	$\Sigma\beta_{теор}$														
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$														
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$														
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$														

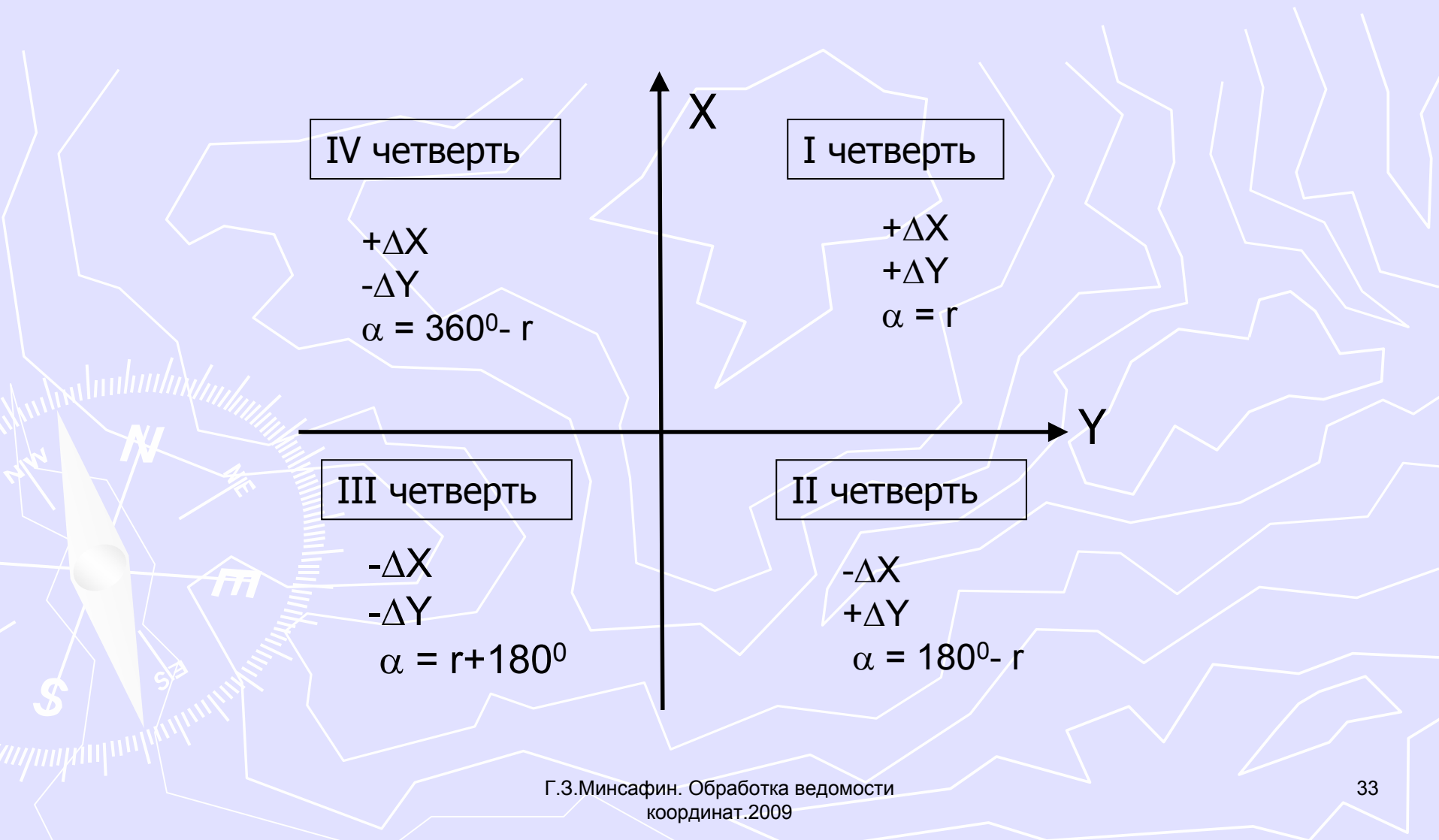
Шаг 16: Для дополнительного контроля правильности вычисления дирекционных углов (при ручном счете) вычисляем и записываем в столбец 5 румбы сторон хода.

Румбы или табличные углы

- ▶ Румбом называется острый угол, отсчитываемый от ближайшего направления осевого меридиана до заданного направления.
- ▶ Численные значения румбов без указания четвертей называются табличными углами.

Четверти и их наименования	Дирекционные углы	Формула связи	Знак ΔX	Знак ΔY
I - СВ	$0 - 90^\circ$	$\alpha = r$	+	+
II - ЮВ	$90^\circ - 180^\circ$	$\alpha = 180^\circ - r$	-	+
III - ЮЗ	$180^\circ - 270^\circ$	$\alpha = 180^\circ + r$	-	-
IV - СЗ	$270^\circ - 360^\circ$	$\alpha = 360^\circ - r$	+	-

Связь дирекционных углов с румбами (табличными углами)



ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ -	Δ x	+ -	Δ y	+ -	Δ x	+ -	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	a_{12}	R_{12}	—	-		-		-		-		X₁	Y₁
2	β_2	β_2	a_{23}	R_{23}	D_{23}	\pm		\pm		\pm		\pm		X₂	Y₂
3	β_3	β_3	a_{34}	R_{34}	D_{34}	\pm		\pm		\pm		\pm			
4	β_4	β_4	a_{45}	R_{45}	D_{45}	\pm		\pm		\pm		\pm			
5	β_5	β_5	a_{56}	R_{56}	D_{56}	\pm		\pm		\pm		\pm			
6	β_6	β_6	a_{67}	R_{67}	—	\pm		\pm		\pm		\pm		X₆	Y₆
7	—	—						-		-		-		X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$													
	$\Sigma\beta_{теор}$														
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$														
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$														
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$														

Шаг 17: В соответствии с четвертями дирекционных углов указываем знаки приращений координат в столбцах 7, 9, 11, 13.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ -	Δx	+ -	Δy	+ -	Δx	+ -	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	α_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-				X₁	Y₁
2	β_2	β_2	α_{23}	R_{23}	D_{23}	\pm	ΔX_{23}	\pm	ΔY_{23}	\pm		\pm		X₂	Y₂
3	β_3	β_3	α_{34}	R_{34}	D_{34}	\pm	ΔX_{34}	\pm	ΔY_{34}	\pm		\pm			
4	β_4	β_4	α_{45}	R_{45}	D_{45}	\pm	ΔX_{45}	\pm	ΔY_{45}	\pm		\pm			
5	β_5	β_5	α_{56}	R_{56}	D_{56}	\pm	ΔX_{56}	\pm	ΔY_{56}	\pm		\pm		X₆	Y₆
6	β_6	β_6	α_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-				X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$													
	$\Sigma\beta_{теор}$														
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$														
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$														
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$														

Шаг 18: Вычисляем приращения координат по формулам:

$$\Delta X = D \cdot \cos \alpha; \quad \Delta Y = D \cdot \sin \alpha$$

и записываем в столбцы 8 и 10:

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	Δ x	-	Δ y	+	Δ x	-	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	α_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-		-		X₁	Y₁
2	β_2	β_2	α_{23}	R_{23}	D_{23}	±	ΔX_{23}	±	ΔY_{23}	±		±		X₂	Y₂
3	β_3	β_3	α_{34}	R_{34}	D_{34}	±	ΔX_{34}	±	ΔY_{34}	±		±			
4	β_4	β_4	α_{45}	R_{45}	D_{45}	±	ΔX_{45}	±	ΔY_{45}	±		±			
5	β_5	β_5	α_{56}	R_{56}	D_{56}	±	ΔX_{56}	±	ΔY_{56}	±		±			
6	β_6	β_6	α_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-		-		X₆	Y₆
7	—	—												X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$					$\pm\Sigma\Delta X_{выч.}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{выч.}$						
	$\Sigma\beta_{теор}$						$\pm\Sigma\Delta X_{теор}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{теор}$						
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$														
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$														
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$														

Шаг 19: Записываем суммы вычисленных приращений координат $\Sigma\Delta X_{выч.}$, $\Sigma\Delta Y_{выч.}$ и теоретические суммы приращений координат $\Sigma\Delta X_{теор.}$, $\Sigma\Delta Y_{теор.}$

Вычисление теоретических сумм

В замкнутом
теодолитном ходе:

$$\Sigma \Delta X_{\text{теор.}} = 0;$$

$$\Sigma \Delta Y_{\text{теор.}} = 0.$$

Поэтому:

$$f_x = \Sigma \Delta X_{\text{выч.}};$$

$$f_y = \Sigma \Delta Y_{\text{выч.}}$$

В разомкнутом
теодолитном ходе:

$$\Sigma \Delta X_{\text{теор.}} = X_{\text{кон}} - X_{\text{нач.}};$$

$$\Sigma \Delta Y_{\text{теор.}} = Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач.}};$$

Поэтому:

$$f_x = \Sigma \Delta X_{\text{выч.}} - (X_{\text{кон}} - X_{\text{нач.}});$$

$$f_y = \Sigma \Delta Y_{\text{выч.}} - (Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач.}}).$$

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложени-я	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	Δ x	-	Δ y	+	Δ x	-	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	α_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-		-		X₁	Y₁
2	β_2	β_2	α_{23}	R_{23}	D_{23}	±	ΔX_{23}	±	ΔY_{23}	±		±		X₂	Y₂
3	β_3	β_3	α_{34}	R_{34}	D_{34}	±	ΔX_{34}	±	ΔY_{34}	±		±			
4	β_4	β_4	α_{45}	R_{45}	D_{45}	±	ΔX_{45}	±	ΔY_{45}	±		±			
5	β_5	β_5	α_{56}	R_{56}	D_{56}	±	ΔX_{56}	±	ΔY_{56}	±		±			
6	β_6	β_6	α_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-		-		X₆	Y₆
7	—	—												X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$					$\pm\Sigma\Delta X_{выч.}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{выч.}$						
	$\Sigma\beta_{теор}$						$\pm\Sigma\Delta X_{теор}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{теор}$						
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$						$\pm f_x$		$\pm f_y$						
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$														
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$														

Шаг 20: Вычисляем и записываем линейные невязки f_x и f_y .

$$f_x = \Sigma\Delta X_{выч.} - \Sigma\Delta X_{теор.}; f_y = \Sigma\Delta Y_{выч.} - \Sigma\Delta Y_{теор.}$$

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ - 7	Δx 8	+ - 9	Δy 10	+ - 11	Δx 12	+ - 13	Δy 14	x 15	y 16
1	—	—	α_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X_1	Y_1
2	β_2	β_2	α_{23}	R_{23}	D_{23}	\pm	ΔX_{23}	\pm	ΔY_{23}	\pm		\pm		X_2	Y_2
3	β_3	β_3	α_{34}	R_{34}	D_{34}	\pm	ΔX_{34}	\pm	ΔY_{34}	\pm		\pm			
4	β_4	β_4	α_{45}	R_{45}	D_{45}	\pm	ΔX_{45}	\pm	ΔY_{45}	\pm		\pm			
5	β_5	β_5	α_{56}	R_{56}	D_{56}	\pm	ΔX_{56}	\pm	ΔY_{56}	\pm		\pm		X_6	Y_6
6	β_6	β_6	α_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X_7	Y_7
7	—	—													
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$					$\pm\Sigma\Delta X_{выч.}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{выч.}$						
	$\Sigma\beta_{теор}$						$\pm\Sigma\Delta X_{теор}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{теор}$						
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$						$\pm f_x$		$\pm f_y$						
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$						$f_{абс.}$								
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$														

Шаг 21: Вычисляем абсолютную невязку хода $f_{абс} = \sqrt{(f_x^2 + f_y^2)}$

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ -	Δ x	+ -	Δ y	+ -	Δ x	+ -	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	α_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X₁	Y₁
2	β_2	β_2	α_{23}	R_{23}	D_{23}	±	ΔX_{23}	±	ΔY_{23}	±		±		X₂	Y₂
3	β_3	β_3	α_{34}	R_{34}	D_{34}	±	ΔX_{34}	±	ΔY_{34}	±		±			
4	β_4	β_4	α_{45}	R_{45}	D_{45}	±	ΔX_{45}	±	ΔY_{45}	±		±			
5	β_5	β_5	α_{56}	R_{56}	D_{56}	±	ΔX_{56}	±	ΔY_{56}	±		±			
6	β_6	β_6	α_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X₆	Y₆
7	—	—				-	-	-	-	-	-	-	-	X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$				± $\Sigma\Delta X_{выч.}$		± $\Sigma\Delta Y_{выч.}$							
	$\Sigma\beta_{теор}$					± $\Sigma\Delta X_{теор}$		± $\Sigma\Delta Y_{теор}$							
$f_{\beta} = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$						$f_{абс}$									
доп $f_{\beta} = 1' \sqrt{n}$						$f_{отн} = 1 / (\Sigma D / f_{абс})$									
$\Delta\beta = -f_{\beta} / n$															

Шаг 22: Вычисляем относительную невязку хода $f_{отн} = f_{абс} / \Sigma D$ и записываем в виде правильной дроби (1/число):

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	Δ x	+	Δ y	+	Δ x	+	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	a_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-		-		X₁	Y₁
2	β_2	β_2	a_{23}	R_{23}	D_{23}	±	ΔX_{23}	±	ΔY_{23}	±		±		X₂	Y₂
3	β_3	β_3	a_{34}	R_{34}	D_{34}	±	ΔX_{34}	±	ΔY_{34}	±		±			
4	β_4	β_4	a_{45}	R_{45}	D_{45}	±	ΔX_{45}	±	ΔY_{45}	±		±			
5	β_5	β_5	a_{56}	R_{56}	D_{56}	±	ΔX_{56}	±	ΔY_{56}	±		±		X₆	Y₆
6	β_6	β_6	a_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-		-		X₇	Y₇
							$\pm \Sigma \Delta X_{\text{выч.}}$		$\pm \Sigma \Delta Y_{\text{выч.}}$						
	$\Sigma \beta_{\text{изм}}$	$\Sigma \beta_{\text{испр}}$					$\pm \Sigma \Delta X_{\text{теор}}$		$\pm \Sigma \Delta Y_{\text{теор}}$						
	$\Sigma \beta_{\text{теор}}$						$f_{\text{абс}}$								
	$f_{\beta} = \Sigma \beta_{\text{изм}} - \Sigma \beta_{\text{теор}}$								$f_{\text{отн}} = 1 / (\Sigma D / f_{\text{абс}})$						
	доп $f_{\beta} = 1' \sqrt{n}$								$f_{\text{доп}} = 1/2000$						
	$\Delta \beta = -f_{\beta} / n$								$f_{\text{доп}} = 1/1000$						

Шаг 23: Сравниваем относительную невязку хода с допустимой невязкой $f_{\text{доп}}$, которая для хода 1 разряда равна 1:2000, для хода 2 разряда равна 1:1000.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	+	-	+	-	+	-	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	a_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X₁	Y₁
2	β_2	β_2	a_{23}	R_{23}	D_{23}	\pm	ΔX_{23}	\pm	ΔY_{23}	\pm	ΔX_{23}	\pm	ΔY_{23}	X₂	Y₂
3	β_3	β_3	a_{34}	R_{34}	D_{34}	\pm	ΔX_{34}	\pm	ΔY_{34}	\pm	ΔX_{34}	\pm	ΔY_{34}		
4	β_4	β_4	a_{45}	R_{45}	D_{45}	\pm	ΔX_{45}	\pm	ΔY_{45}	\pm	ΔX_{45}	\pm	ΔY_{45}		
5	β_5	β_5	a_{56}	R_{56}	D_{56}	\pm	ΔX_{56}	\pm	ΔY_{56}	\pm	ΔX_{56}	\pm	ΔY_{56}		
6	β_6	β_6	a_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X₆	Y₆
7	—	—												X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$					$\pm\Sigma\Delta X_{выч.}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{выч.}$						
	$\Sigma\beta_{теор}$						$\pm\Sigma\Delta X_{теор}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{теор}$						
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$						$f_{абс}$								
	доп $f_\beta = 1'\sqrt{n}$						$f_{отн} = 1/(\Sigma D/f_{абс})$								
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$						$f_{доп} = 1/2000$								
							$f_{доп} = 1/1000$								

Шаг 24: Если относительная невязка в пределах допустимой невязки, вычисляем исправленные приращения координат по формулам:

$$\Delta X_{испр} = \Delta X_{выч} + D \cdot (-f_x) / \Sigma D; \quad \Delta Y_{испр} = \Delta Y_{выч} + D \cdot (-f_y) / \Sigma D.$$

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δ x	Δ y	+	-	Δ x	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	a_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X₁	Y₁
2	β_2	β_2	a_{23}	R_{23}	D_{23}	±	ΔX_{23}	±	ΔY_{23}	±	ΔX_{23}	±	ΔY_{23}	X₂	Y₂
3	β_3	β_3	a_{34}	R_{34}	D_{34}	±	ΔX_{34}	±	ΔY_{34}	±	ΔX_{34}	±	ΔY_{34}		
4	β_4	β_4	a_{45}	R_{45}	D_{45}	±	ΔX_{45}	±	ΔY_{45}	±	ΔX_{45}	±	ΔY_{45}		
5	β_5	β_5	a_{56}	R_{56}	D_{56}	±	ΔX_{56}	±	ΔY_{56}	±	ΔX_{56}	±	ΔY_{56}	X₆	Y₆
6	β_6	β_6	a_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X₇	Y₇
							$\pm \sum \Delta X_{\text{выч.}}$		$\pm \sum \Delta Y_{\text{выч.}}$		$\pm \sum \Delta X_{\text{исп}}$		$\pm \sum \Delta Y_{\text{исп}}$		
	$\sum \beta_{\text{изм}}$	$\sum \beta_{\text{испр}}$					$\pm \sum \Delta X_{\text{теор}}$		$\pm \sum \Delta Y_{\text{теор}}$						
	$\sum \beta_{\text{теор}}$						$f_{\text{абс}}$								
	$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}}$						$f_{\text{отн}} = 1 / (\sum D / f_{\text{абс}})$								
	доп $f_{\beta} = 1' \sqrt{n}$						$f_{\text{доп}} = 1 / 2000$								
	$\Delta \beta = -f_{\beta} / n$						$f_{\text{доп}} = 1 / 1000$								

Шаг 25: Контролем вычислений является равенство суммы исправленных приращений теоретической сумме приращений координат: $\sum \Delta X_{\text{испр}} = \sum \Delta X_{\text{теор}}$; $\sum \Delta Y_{\text{испр}} = \sum \Delta Y_{\text{теор}}$.

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δ x	Δ y	+	-	Δ x	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	a_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X_1	Y_1
2	β_2	β_2	a_{23}	R_{23}	D_{23}	\pm	ΔX_{23}	\pm	ΔY_{23}	\pm	ΔX_{23}	\pm	ΔY_{23}	X_2	Y_2
3	β_3	β_3	a_{34}	R_{34}	D_{34}	\pm	ΔX_{34}	\pm	ΔY_{34}	\pm	ΔX_{34}	\pm	ΔY_{34}	X_3	Y_3
4	β_4	β_4	a_{45}	R_{45}	D_{45}	\pm	ΔX_{45}	\pm	ΔY_{45}	\pm	ΔX_{45}	\pm	ΔY_{45}	X_4	Y_4
5	β_5	β_5	a_{56}	R_{56}	D_{56}	\pm	ΔX_{56}	\pm	ΔY_{56}	\pm	ΔX_{56}	\pm	ΔY_{56}	X_5	Y_5
6	β_6	β_6	a_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X_6	Y_6
7	—	—												X_7	Y_7
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$					$\pm\Sigma\Delta X_{выч.}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{выч.}$		$\pm\Sigma\Delta X_{исп}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{исп}$		
	$\Sigma\beta_{теор}$						$\pm\Sigma\Delta X_{теор}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{теор}$						
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$						$f_{абс}$								
	доп $f_\beta = 1' \sqrt{n}$						$f_{отн} = 1/(\Sigma D/f_{абс})$								
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$						$f_{доп} = 1/2000$								
							$f_{доп} = 1/1000$								

Шаг 26: Вычисляем координаты определяемых точек:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{испр} ; Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{испр}.$$

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+	-	Δ x	Δ y	+	-	Δ x	Δ y	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	a_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X₁	Y₁
2	β_2	β_2	a_{23}	R_{23}	D_{23}	±	ΔX_{23}	±	ΔY_{23}	±	ΔX_{23}	±	ΔY_{23}	X₂	Y₂
3	β_3	β_3	a_{34}	R_{34}	D_{34}	±	ΔX_{34}	±	ΔY_{34}	±	ΔX_{34}	±	ΔY_{34}	X₃	Y₃
4	β_4	β_4	a_{45}	R_{45}	D_{45}	±	ΔX_{45}	±	ΔY_{45}	±	ΔX_{45}	±	ΔY_{45}	X₄	Y₄
5	β_5	β_5	a_{56}	R_{56}	D_{56}	±	ΔX_{56}	±	ΔY_{56}	±	ΔX_{56}	±	ΔY_{56}	X₅	Y₅
6	β_6	β_6	a_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X₆	Y₆
7	—	—												X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$					$\pm\Sigma\Delta X_{выч.}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{выч.}$		$\pm\Sigma\Delta X_{исп}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{исп}$		
	$\Sigma\beta_{теор}$						$\pm\Sigma\Delta X_{теор}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{теор}$						
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$						$f_{абс}$								
	доп $f_\beta = 1'\sqrt{n}$						$f_{отн} = 1/(\Sigma D/f_{абс})$								
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$						$f_{доп} = 1/2000$								
							$f_{доп} = 1/1000$								

Шаг 27: Контролем вычислений является получение известных координат конечной точки хода по тем же формулам:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{испр} ; Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{испр}.$$

ВЕДОМОСТЬ КООРДИНАТ

№№ точек	Углы измеренные	Углы исправленные	Азимуты или дирекц. углы	Румбы	Горизонт. проложе- ния	Вычисленные				Исправленные				Координаты	
						+ -	Δx	+ -	Δy	+ -	Δx	+ -	Δy	x	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	—	—	α_{12}	R_{12}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X₁	Y₁
2	β_2	β_2	α_{23}	R_{23}	D_{23}	\pm	ΔX_{23}	\pm	ΔY_{23}	\pm	ΔX_{23}	\pm	ΔY_{23}	X₂	Y₂
3	β_3	β_3	α_{34}	R_{34}	D_{34}	\pm	ΔX_{34}	\pm	ΔY_{34}	\pm	ΔX_{34}	\pm	ΔY_{34}	X₃	Y₃
4	β_4	β_4	α_{45}	R_{45}	D_{45}	\pm	ΔX_{45}	\pm	ΔY_{45}	\pm	ΔX_{45}	\pm	ΔY_{45}	X₄	Y₄
5	β_5	β_5	α_{56}	R_{56}	D_{56}	\pm	ΔX_{56}	\pm	ΔY_{56}	\pm	ΔX_{56}	\pm	ΔY_{56}	X₅	Y₅
6	β_6	β_6	α_{67}	R_{67}	—	-	-	-	-	-	-	-	-	X₆	Y₆
7	—	—												X₇	Y₇
	$\Sigma\beta_{изм}$	$\Sigma\beta_{испр}$					$\pm\Sigma\Delta X_{выч.}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{выч.}$		$\pm\Sigma\Delta X_{исп}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{исп}$		
	$\Sigma\beta_{теор}$						$\pm\Sigma\Delta X_{теор}$		$\pm\Sigma\Delta Y_{теор}$						
	$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$						$f_{абс}$								
	доп $f_\beta = 1'\sqrt{n}$						$f_{отн} = 1/(\Sigma D/f_{абс})$								
	$\Delta\beta = -f_\beta/n$						$f_{доп} = 1/2000$								
							$f_{доп} = 1/1000$								

Обработка ведомости координат завершена