

## Об оценке точности обратной линейно-угловой засечки при передаче координат на монтажные горизонты при строительстве зданий повышенной этажности

© 2019 г. Г.А. Шеховцов

Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,  
Нижний Новгород, Россия  
kaf\_ig@nngasu.ru

## On the assessment of the accuracy of the inverse linear-angular intersection in the transmission of the coordinates to the mounting horizons while constructing of high-rise buildings

G.A. Shekhovtsov

Nizhny Novgorod Stat University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russia  
kaf\_ig@nngasu.ru

Received January 31, 2019

Revised May 24, 2019

Accepted June 6, 2019

**Keywords:** closing, inverse linear-angular serif, perimeter, polar serif, quadratic polygon, radial error, semi-axes of the ellipse

**Summary.** The method of estimating the accuracy of the inverse linear-angular intersection (transliteration - OLUZ) in the construction of high-rise buildings is considered. The technique is based on a single algorithm, encapsulated in determination of the perimeter and the closing quadratic polygon gradients, measured angles and distances of intersections depending on their weights. The sign simulation has shown that the restrictions on the value of the angle of a single OLUZ within 30–150° are of the relevance. It is stated that those restrictions cannot be applied to multiple OLUZ with three or more initial points. The examples of multiple OLUZ show that any value of weight will produce the same result of the accuracy assessment. It is established that the changes in the errors of OLUZ depending on the lengths of its sides are within the accuracy of distance measurement. According to that fact the well-known conclusion that the location of the defined point inside the figure formed by the initial points is the best one is confirmed. It is shown that the increase in the number of initial points to more than three practically does not affect the accuracy of OLUZ.

**Citation:** Shekhovtsov G.A. On the assessment of the accuracy of the inverse linear-angular intersection in the transmission of the coordinates to the mounting horizons while constructing of high-rise buildings. *Izvestiya vuzov «Geodeziya i aerofotosyemka»*. Izvestia vuzov «Geodesy and Aerophotosurveying». 2019, 63 (3): 275–281. [In Russian]. DOI: 10.30533/0536-101X-2019-63-3-275-281.

Поступила 31 января 2019 г.

После доработки 24 мая 2019 г.

Принята к печати 6 июня 2019 г.

**Ключевые слова:** замыкающая, квадратический полигон, обратная линейно-угловая засечка, периметр, полуоси эллипса, полярная засечка, радиальная ошибка

Рассматривается методика оценки точности обратной линейно-угловой засечки (ОЛУЗ) при строительстве зданий повышенной этажности. Выполнено знаковое моделирование, показавшее, что ограничения на величину угла однократной ОЛУЗ в пределах 30–150° не теряют своей актуальности. Установлено, что эти ограничения не относятся к многократным ОЛУЗ с тремя и более исходными пунктами.

**Для цитирования:** Шеховцов Г.А. Об оценке точности обратной линейно-угловой засечки при передаче координат на монтажные горизонты при строительстве зданий повышенной этажности // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2019. Т. 63. № 3. С. 275–281. DOI: 10.30533/0536-101X-2019-63-3-275-281.

Программа реновации в строительстве предусматривает, в частности, замену или реконструкцию старых зданий новыми, как правило, повышенной этажности, когда традиционные методики создания разбивочной сети на монтажных горизонтах неприемлемы

или громоздки. В работах [1–3] предлагается при строительстве таких зданий создавать на монтажных горизонтах плановую разбивочную сеть, используя комбинацию прямых и обратных угловых засечек или обратную линейно-угловую засечку (ОЛУЗ). Приведена методика анализа точности таких геодезических построений по сложным формулам, содержащим большое количество слагаемых. При этом наблюдается явное несоответствие затрат на оценку точности с объемом получаемой по этим формулам информации лишь в виде СКО  $m_x$  и  $m_y$  по осям координат или только радиальной ошибки  $M$ .

В статье основное внимание уделено ОЛУЗ. Уточняются, в частности, некоторые положения о форме треугольника однократной ОЛУЗ (рис. 1, а), в которой измерены угол  $\beta_{\text{изм}}$  и длины сторон  $S_1$  и  $S_2$ . Предлагается методика оценки точности любой одно- или много-

кратной (см. рис. 1, б) засечки. Эта методика отличается от других решений, во-первых, своей простотой, позволяющей ее использовать исполнителям, даже не имеющим специальной теоретической подготовки. Вторая ее отличительная черта — наглядность, дающая возможность геометрически интерпретировать как вычислительные операции, так и получаемые результаты. Наконец, ее информативность такова, что позволяет определить практически любые известные в геодезии на данный момент скалярные оценки точности геодезических засечек. Методика основана на использовании градиентов, соответствующих выполненным угловым, линейным или линейно-угловым измерениям.

Напомним, что под модулем градиента понимается определенной длины вектор, показывающий направление наискорейшего изменения измеряемой величины. В случае ОЛУЗ к

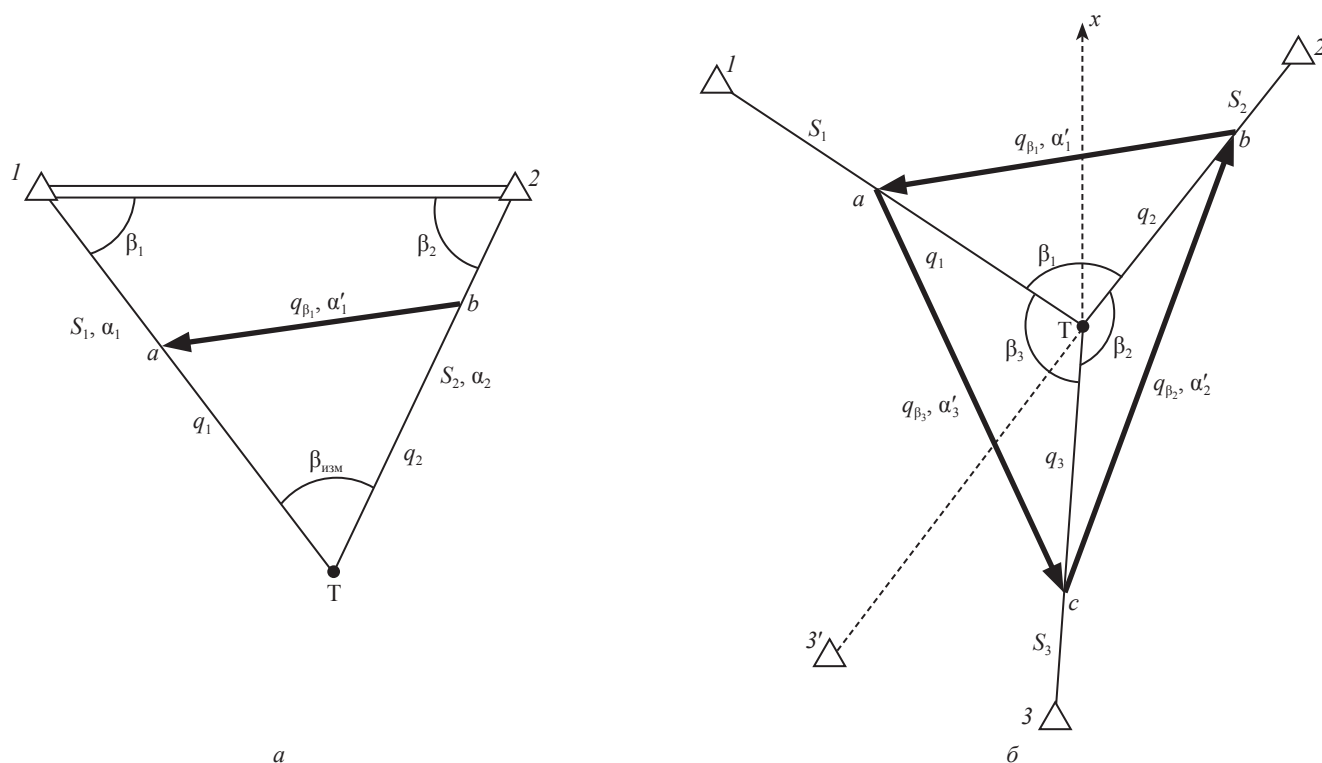


Рис. 1. Однократная (а) и многократная (б) обратные линейно-угловые засечки (ОЛУЗ) с градиентами углов и с измеряемыми и вычисляемыми элементами:

1–3 — исходные пункты; Т — определяемая точка

Fig. 1. Single (a) and multiple (b) inverse linear-angular intersections with gradients of angles, and measured and calculated elements:

1–3 — initial points; T – defined point

таким величинам относятся измеренные горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  и расстояния  $S_1, S_2, S_3$  (см. рис. 1, б).

Наглядное представление о градиентах  $q_{\beta_1}, q_{\beta_2}$  и  $q_{\beta_3}$  углов  $\beta_1, \beta_2$  и  $\beta_3$  можно получить, если на сторонах этих углов отложить от точки Т градиенты направлений  $q_1 = \rho/S_1, q_2 = \rho/S_2, q_3 = \rho/S_3$  ( $\rho = 206\ 265''$ ) и полученные точки  $a, b$  и  $c$  соединить. Отрезок  $ab$  равен градиенту  $q_{\beta_1}$  с дирекционным углом  $\alpha'_1$ , отрезок  $bc$  — градиенту  $q_{\beta_2}$  с углом  $\alpha'_2$ , а отрезок  $ac$  — градиенту  $q_{\beta_3}$  с углом  $\alpha'_3$ . Значения перечисленных градиентов и их дирекционные углы можно определить графически. Причем, направление градиента  $q_{\beta_i}$  принимают в сторону того направления, от которого этот угол измеряется. Для вычисления  $q_{\beta_i}$  и  $\alpha'_i$  известными способами необходимо, кроме расстояния между исходными пунктами, знать еще и углы между градиентами и сторонами засечки. Более простой способ заключается в использовании только дирекционных углов  $\alpha_i$  и расстояний  $S_i$  засечки:

$$\begin{aligned}
 q_{\beta_i} &= \sqrt{\Delta_{y_i}^2 + \Delta_{x_i}^2} = \\
 &= \sqrt{(q_{y_{i+1}} - q_{y_i})^2 + (q_{x_{i+1}} - q_{x_i})^2}; \\
 q_{y_i} &= q_i \sin \alpha_i; \quad q_{x_i} = q_i \cos \alpha_i; \\
 q_{y_{i+1}} &= q_{i+1} \sin \alpha_{i+1}; \quad q_{x_{i+1}} = q_{i+1} \cos \alpha_{i+1}; \\
 r'_i &= \arctg \frac{\Delta_{y_i}}{\Delta_{x_i}},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $\alpha_i$  и  $\alpha_{i+1}$  — дирекционные углы сторон засечки с градиентами направлений  $q_i$  и  $q_{i+1}$ , формирующие угол  $\beta_i$ ;  $r'_i$  — румб, по величине и

названию которого находят дирекционный угол градиента  $q_{\beta_i}$ .

Что касается градиентов  $q_s$  измеряемых расстояний, то их величина принимается равной единице, а направление совпадает с направлением  $\alpha_i$  измеряемых сторон засечки. В табл. 1 представлены исходные данные и результаты вычислений по формулам (1) градиентов  $q_{\beta_i}$  и их дирекционных углов  $\alpha'_i$  на примере обратной угловой засечки (см. рис. 1, б), взятом из работы [3].

Значения градиентов, соответствующих угловым  $\beta$  и линейным  $S$  измерениям любой засечки, используют для определения периметра  $\Pi$  и замыкающей  $q_3$  так называемого квадратического полигона. Сторонами такого полигона в случае ОЛУЗ будут величины  $p_s$  и  $p_\beta q_\beta^2$ , причем ориентировка  $p_s$  выполняется по углам  $2\alpha$ , а  $p_\beta q_\beta^2$  — по углам  $2\alpha'$ . В такой засечке периметр полигона, замыкающую и ее румб  $2\varphi'$  вычисляют по формулам

$$\begin{aligned}
 \Pi &= \Sigma p_s + \Sigma p_\beta q_\beta^2; \quad q_3^2 = q_y^2 + q_x^2; \\
 q_y^2 &= [p_\beta q_\beta^2 \sin 2\alpha']^2 + [p_s \sin 2\alpha]^2; \\
 q_x^2 &= [p_\beta q_\beta^2 \cos 2\alpha']^2 + [p_s \cos 2\alpha]^2; \\
 2\varphi' &= \arctg \frac{q_y}{q_x},
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где  $p_s$  и  $p_\beta$  — веса линейных и угловых измерений;  $\alpha'$  и  $\alpha$  — дирекционные углы соответственно градиентов  $q_\beta$  и  $q_s$ .

По величине периметра  $\Pi$  и замыкающей полигона  $q_3$  можно вычислить практически любую скалярную оценку точности определяемой точки Т по формулам, приведенным в работе [4]. Мы ограничимся лишь полуосями  $A$  и

Т а б л и ц а 1

Исходные данные засечки и градиенты направлений и углов

Направления	$\alpha_i$ , градусы	$S_i$ , м	Градиенты направлений и их проекции на оси координат, "/мм			Приращения, "/мм		$q_{\beta_i}$ , "/мм	$\alpha'_i$ , градусы
			$q_i$	$q_{yi}$	$q_{xi}$	$\Delta_{yi}$	$\Delta_{xi}$		
Т-1	328	206,2	1,000	-0,530	0,848	0,936	0,210	0,96	77,4
Т-2	21	182,0	1,133	0,406	1,058	-0,518	-1,974	2,04	194,7
Т-3	187	223,6	0,922	-0,112	-0,915	-0,417	1,764	1,81	346,7
Т-3'	201	223,6	0,922	-0,358	-0,934	0,737	-1,919	2,06	201

$B$  эллипса СКО и радиальной ошибкой  $M$ . Так, по величине периметра и замыкающей можно вычислить полуоси эллипса и  $M$  рассматриваемой засечки по следующим формулам:

$$A = \mu \sqrt{\frac{2}{\Pi - q_3}}; B = \mu \sqrt{\frac{2}{\Pi + q_3}}; M = \sqrt{A^2 + B^2},$$

где  $\mu$  — ошибка единицы веса.

Название румба  $2\phi'$  (2) определяют по знакам  $q_y$  и  $q_x$ . По величине и названию румба находят дирекционный угол  $\phi$  большой полуоси  $A$  эллипса ошибок. Отметим, что для оценки точности ОЛУЗ сначала необходимо установить веса линейных  $p_s$  и угловых  $p_\beta$  измерений. Если принять  $p_s = 1$ , то  $p_\beta = \mu^2 / m_\beta^2$ , а если принять  $p_\beta = 1$ , тогда  $p_s = \mu^2 / m_s^2$ , где  $\mu$  — ошибка единицы веса. Так, если тахеометр SET 530R/R3 позволяет измерять углы с точностью  $m_\beta = 5''$ , а длину сторон с точностью  $m_s = 3$  мм, то при  $p_s = 1$  ошибка  $\mu = 3$  мм, а при  $p_\beta = 1$  ошибка  $\mu = 5''$ . Для установления степени влияния геометрии однократной ОЛУЗ (см. рис. 1, а) на форму и размеры  $A$  и  $B$  эллипса ошибок и радиальную ошибку  $M$  было выполнено соответствующее знаковое моделирование. В качестве модели фигурировал равнобедренный треугольник с основанием 50 м (по аналогии с работой [1]), в котором измеряемому в точке  $T$  углу  $\beta_{\text{изм}}$  придавались значения от  $20^\circ$  до  $160^\circ$ .

Результаты вычислений  $A$ ,  $B$  и  $M$  по приведенной здесь методике при  $m_\beta = 5''$  и  $m_s = 3$  мм иллюстрируют графики на рис. 2, которые наглядно показывают, что ограничения на величину угла однократной ОЛУЗ в пределах

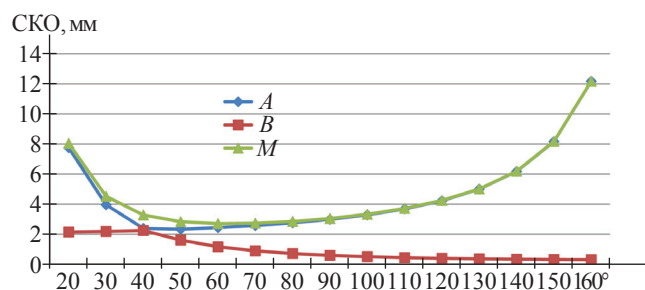


Рис. 2. Графики ошибок  $A$ ,  $B$ ,  $M$  при однократной ОЛУЗ

Fig. 2. Graphs of errors  $A$ ,  $B$ ,  $M$  in case of a single OLUS

$30^\circ \leq \beta_{\text{изм}} \leq 150^\circ$  не теряют своей актуальности. Однако это не относится к многократным ОЛУЗ с тремя и более исходными пунктами, если определяемая точка  $T$  лежит внутри фигуры, образованной исходными пунктами. Так, если сторона  $T-3'$  составляет со стороной  $T-2$  угол  $180^\circ$  (см. рис. 1, б), то  $q_{\beta_3} = q_2 + q_{3'}$  и  $a'_3$  равен дирекционному углу  $T-2$  или  $T-3'$  и эти данные будут участвовать в вычислениях периметра и замыкающей наряду с другими.

Обратим внимание, что в рассмотренных здесь обоих случаях выбора весов будем получать одни и те же результаты оценки точности. Покажем это на примере ОЛУЗ на рис. 1, б, в которой измерены горизонтальные углы  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  с точностью  $5''$  и расстояния  $S_1, S_2, S_3$  с точностью 3 мм. Исходные данные и результаты вычислений представлены в табл. 2.

Данные табл. 2 (графа 10) свидетельствуют, что и при  $p_\beta = 1$  и при  $p_s = 1$  получаем одни и те же значения полуосей эллипса ошибок  $A$  и  $B$ . Представляет интерес характер изменения ошибок ОЛУЗ в зависимости от ее длин сторон. Сначала рассмотрим случай, когда длины сторон засечки на рис. 1, б равны между собой. Этим длинам придавались значения от 50 до 400 м (графа 1 табл. 3), и по приведенным здесь формулам при  $m_\beta = 5''$  и  $m_s = 3$  мм определяли полуоси эллипса ошибок  $A$  и  $B$  (графы 6, 7) и радиальную ошибку  $M$  (графа 8):

$$M = 2\mu \sqrt{\frac{\Pi}{\Pi^2 - q_3^2}}.$$

По данным табл. 3 построены графики (рис. 3), которые наглядно показывают, что в принятом диапазоне длин сторон 50–400 м ошибки ОЛУЗ находятся в пределах точности измерения расстояний — 3 мм.

Рассмотрим другой случай, когда две точки 1 и 2 ОЛУЗ близко расположены к станции  $T$  (см. рис. 1, б), а третья точка 3 удалена, т.е. имеет место так называемое «разноплечие» сторон [1, 2]. Для этого длина сторон  $S_1$  и  $S_2$  была принята равной 50 м, а длине  $S_3$  придавались значения от 50 до 400 м (графа 1 табл. 4), и по изложенной выше методике определяли полуоси

Таблица 2

Исходные данные и результаты оценки точности ОЛУЗ

Углы, расстояния	Веса, градиенты			Дирекционные углы, градусы		Приращения: при а — (") <sup>2</sup> /мм <sup>2</sup> , при б — безразмерные		$q_s$ : при а — (") <sup>2</sup> /мм <sup>2</sup> при б — безразмерные, 2φ', градусы	А, мм В, мм 2φ
	$p_p, p_s$	$q_p, q_s$	$p_p q_p^2 S$	$\alpha', \alpha$	$2\alpha', 2\alpha$	$q_y$	$q_x$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
а — Вычисления при $p_p = 1$ ( $\mu = 5''$ )									
$\beta_1$	1	0,96	0,92	77,4	154,8	0,392	-0,834		
$\beta_2$	1	2,04	4,16	194,7	389,4	2,043	3,626		
$\beta_3$	1	1,81	3,28	346,7	693,4	-1,467	2,929	0,98	1,8
$S_1$	2,8	1	2,8	148	476	2,517	-1,227	72° ЮВ	1,7
$S_2$	2,8	1	2,8	201	582	-1,874	-2,081		108°
$S_3$	2,8	1	2,8	7	194	-0,677	-2,717		
Сумма столбцов			16,76			0,934	-0,303		
б — Вычисления при $p_s = 1$ ( $\mu = 3$ мм)									
$\beta_1$	0,36	0,96	0,33	77,4	154,8	0,141	-0,300		
$\beta_2$	0,36	2,04	1,50	194,7	389,4	0,735	1,305		
$\beta_3$	0,36	1,81	1,18	346,7	693,4	-0,528	1,055	0,35	1,8
$S_1$	1	1	1	148	476	0,899	-0,438	75° ЮВ	1,7
$S_2$	1	1	1	201	582	-0,669	-0,743		105°
$S_3$	1	1	1	7	194	-0,242	-0,970		
Сумма столбцов			6,01			0,336	-0,092		

Таблица 3

Результаты оценки точности ОЛУЗ с одинаковыми длинами ее сторон

Расстояния, м	Периметр П, (") <sup>2</sup> /мм <sup>2</sup>	Замыкающая $q_s$ , (") <sup>2</sup> /мм <sup>2</sup>	Румб, название 2φ', градусы	Дирекционный угол 2φ, градусы	Ошибки, мм		
					А	В	М
1	2	3	4	5	6	7	8
50	149,501	95,081	5,1 СВ	5,1	1,0	0,4	1,1
100	43,675	19,271	6,2 СВ	6,2	1,4	0,9	1,7
150	24,078	5,247	10,0 СВ	10,0	1,6	1,4	2,1
200	17,219	0,566	61,5 СВ	61,5	1,7	1,7	2,4
250	14,044	2,019	8,7 ЮВ	171,3	2,0	1,8	2,7
300	12,319	3,233	3,6 ЮВ	176,4	2,3	1,8	3,0
350	11,280	3,972	2,0 ЮВ	178,0	2,6	1,8	3,2
400	10,605	4,452	1,3 ЮВ	178,7	2,8	1,8	3,4

эллипса ошибок А и В (графы 6, 7) и радиальную ошибку М (графа 8). По данным табл. 4 построены графики (рис. 4), которые наглядно показывают, что рекомендуемая в работах [1, 2] «целесообразность придерживаться разноплечия измеряемых сторон» проведенным экспериментом не подтверждается.

Так, большая полуось А эллипса ошибок вообще не претерпела никаких изменений, а малая полуось В и радиальная ошибка М из-

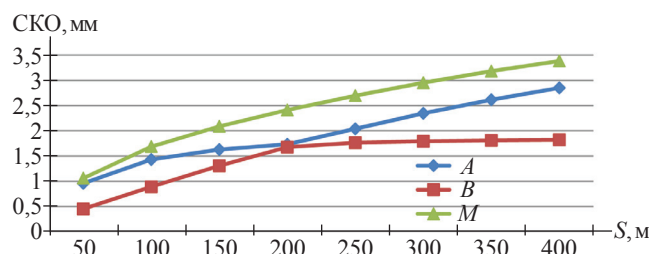


Рис. 3. Графики зависимости ошибок А, В, М от длины сторон ОЛУЗ  
Fig. 3. Graph of the errors А, В, М versus the length of the sides (OLUZ)



Результаты оценки точности ОЛУЗ при «разноплечии» ее длин сторон

Сторона $S_3$ , м	Периметр $P$ , (") <sup>2</sup> /мм <sup>2</sup>	Замыкающая $q_3$ , (") <sup>2</sup> /мм <sup>2</sup>	Румб, название $2\phi'$ , градусы	Дирекционный угол $2\phi$ , градусы	Ошибки, мм		
					$A$	$B$	$M$
1	2	3	4	5	6	7	8
50	149,501	95,081	5,1 СВ	5,1	0,96	0,45	1,06
100	94,236	39,567	2,1 СВ	2,1	0,96	0,61	1,14
150	79,596	24,784	0,2 СВ	0,2	0,96	0,69	1,18
200	72,985	18,077	1,4 СЗ	358,6	0,95	0,74	1,21
250	69,246	14,275	2,8 СЗ	357,2	0,95	0,77	1,23
300	66,847	11,880	4,2 СЗ	355,8	0,95	0,80	1,24
350	65,180	10,162	5,4 СЗ	354,6	0,95	0,81	1,25
400	63,955	8,942	6,4 СЗ	353,6	0,95	0,83	1,26

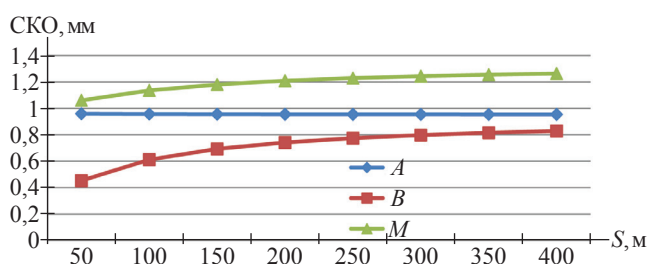


Рис. 4. Графики зависимости ошибок  $A, B, M$  при «разноплечии» длин сторон ОЛУЗ  
 Fig. 4. Graphs of errors  $A, B, M$  versus the lengths of the sides of the OLUZ

менились всего на 0,4 и 0,2 мм соответственно, причем в сторону увеличения, а не наоборот.

Рассмотрим случай, когда определяемый пункт находится вне фигуры, образованной исходными пунктами (рис. 5).

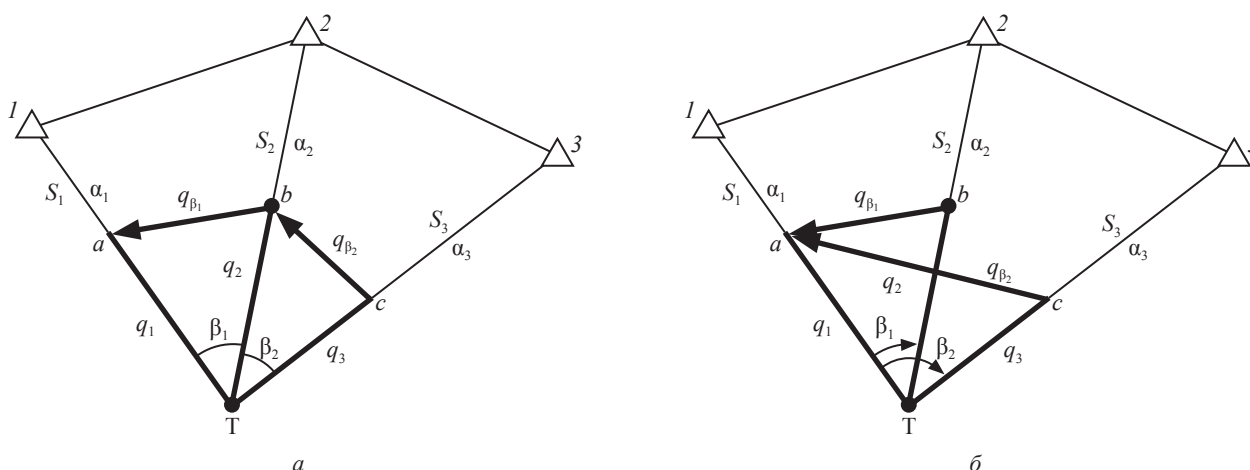


Рис. 5. Схемы к определению градиентов углов:

$a$  — измерение отдельного угла;  $b$  — круговыми приемами; 1–3 — исходные пункты; Т — определяемая точка

Fig. 5. Schemes for the definition of angle gradients:

$a$  — measurement of a single angle;  $b$  — circular techniques; 1–3 — initial points; Т — defined point

В такой ОЛУЗ  $\alpha_1=325^\circ, \alpha_2=10^\circ, \alpha_3=54^\circ$  и  $S_1=132$  м,  $S_2=134$  м,  $S_3=139$  м. Если углы  $\beta_1$  и  $\beta_2$  измерены по схеме на рис. 5, а, то при  $m_\beta=5''$  и  $m_S=3$  мм получим  $A=2,8$  мм,  $B=1,8$  мм,  $M=3,3$  мм. Если эти углы измерены по схеме на рис. 5, б, то  $A=2,9$  мм,  $B=1,9$  мм,  $M=3,5$  мм, т.е. при измерении углов способом приемов или круговых приемов будем получать практически одинаковые значения оценки точности. Наконец, если в схемах на рис 5 измерить третий недостающий угол, то в обоих случаях получим  $A=2,8$  мм,  $B=1,4$  мм,  $M=3,1$  мм. Сравнение полученных данных с таковыми в табл. 3 подтверждает известный вывод, что наилучшим является расположение определяемой точки внутри фигуры, образованной исходными пунктами.

Результаты оценки точности ОЛУЗ  
в зависимости от числа исходных пунктов

Число исходных пунктов, $n$	Периметр $\Pi$ , (") <sup>2</sup> /мм <sup>2</sup>	Ошибки, мм		
		$A$	$B$	$M$
1	2	3	4	5
3	16,785	1,04	1,04	1,46
4	16,253	1,05	1,05	1,49
5	15,583	1,07	1,07	1,52
6	15,190	1,09	1,09	1,54
7	15,074	1,09	1,09	1,55
8	15,178	1,09	1,09	1,54
9	15,450	1,08	1,08	1,53
10	15,850	1,07	1,07	1,51

Подчеркнем, что угловые и линейные измерения в однократной ОЛУЗ — бесконтрольные и на практике всегда будет использоваться не менее трех опорных пунктов. Для установления зависимости величины ошибки определяемой точки  $T$  от числа  $n$  исходных пунктов воспользуемся свойствами периметра и замыкающей. Одно из них гласит, что если замыкающая полигона равна нулю, то эллипс ошибок вырождается в круг радиуса  $A=B$  и имеет место так называемая  $E$ -оптимальная засечка:

$$A = B = \mu \sqrt{\frac{2}{\Pi}} = \mu \sqrt{\frac{2}{n(p_s + p_\beta q_\beta^2)}}.$$

Это возможно, когда стороны засечки на рис. 1, б равны между собой и равномерно распределены по азимуту. Были выполнены соответствующие вычисления для случая  $S=100$  м и  $3 \leq n \leq 10$  при  $m_\beta=5''$ ,  $m_s=3$  мм и  $p_s=1$ ,  $p_\beta=0,36$  (табл. 5).

Данные табл. 5 показывают, что увеличение числа исходных пунктов более трех практически заметно не повышает точность определения точки  $T$ . Наконец, при необходимости можно с помощью периметра и замыкающей вычислить другие СКО, в том числе и по осям координат:

$$m_x^2 = \frac{2\mu^2}{\Pi^2 - q_3^2} (\Pi - q_3 \cos 2\varphi');$$

$$m_y^2 = \frac{2\mu^2}{\Pi^2 - q_3^2} (\Pi + q_3 \cos 2\varphi').$$

Таким образом, базируясь лишь на значениях периметра и замыкающей квадратического полигона, можно без сложных математических выкладок определить практически любые известные в геодезии на данный момент скалярные оценки точности геодезических засечек с любой комбинацией угловых и линейных равно- или неравноточных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горяинов И.В. О наилучшей конфигурации обратной линейно-угловой засечки и необходимом количестве пунктов для достижения заданной точности // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». 2016. Т. 60 № 4. С. 41–47.
2. Зайцев А.К., Горяинов И.В., Шевчук А.А. Исследование точности передачи координат и высот на монтажные горизонты построением сети обратных линейно-угловых засечек // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». 2018. Т. 62 № 3. С. 271–276.
3. Ключин Е. Б., Власенко Е.П., Заки Мохамед Зейдан Эль-Шейха. Создание плановой разбивочной сети на монтажном горизонте при строительстве зданий повышенной этажности // Изв. вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». 2009. № 5. С. 48–54.
4. Шеховцов Г.А., Раскаткина О.В. О семантометрических свойствах периметра и замыкающей квадратического полигона при оценке точности геодезических засечек // Геодезия и картография. 2018. № 7. С. 17–22.

REFERENCES

1. Goryainov I.V. On the best configuration of the linear-angle intersection and the necessary places to achieve the specified accuracy. *Izvestiya vuzov «Geodeziya i aerofotosyemka»*. Izvestiya vuzov «Geodesy and Aerophotosurveying». 2016, 60(4): 41–47. [In Russian].
2. Zaitsev A.K., Goryainov I.V., Shtvchuk A.A. Investigation of accuracy of transmission of coordinates and heights on mounting horizons by construction of network of the resection. *Izvestiya vuzov «Geodeziya i aerofotosyemka»*. Izvestiya vuzov «Geodesy and Aerophotosurveying». 2018, 62(3): 271–276. [In Russian].
3. Klushin E.B., Vlasenko E.P., Zaki Mochamed Zeydan El-Scheycha. The purpose of creating a rang network in the assembling level about construction of building heightentd floor. *Izvestiya vuzov «Geodeziya i aerofotosyemka»*. Izvestiya vuzov «Geodesy and Aerophotosurveying». 2009, 5: 48–54. [In Russian].
4. Shekhovtsov G.A., Raskatkina O.V. About semantometric properties of the perimeter and a closure quadratic polygon an accuracy assessment cross-bearings. *Geodeziya i kartografiya*. Geodesy and Cartography. 2018, 7: 17–22. [In Russian].