УДК 528.1

П. И. ЕФИМОВ

УРАВНИВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ТИПОВЫХ ЛИНЕЙНО-УГЛОВЫХ ПОСТРОЕНИЙ

Под линейно-угловыми геодезическими построениями условимся понимать такие построения, в фигурах которых измеряются все углы и некоторые стороны. Число измеренных сторон в фигурах — не менее двух. Простейшие схемы таких построений, используемые при строительстве инженерных сооружений и при маркшейдерских работах, изображены на рисунке.

Отличительной особенностью линейно-угловых построений является характер уравнительных вычислений. Очевидно, такие построения следует уравнивать не при условии минимума суммы квадратов поправок только в углы, а при условии минимума суммы квадратов поправок во все измеренные элементы, то есть

$$[p_\beta v_\beta^2] + [p_s v_s^2] = \min, \tag{1}$$

где v_β и v_s — поправки в измеренные углы и стороны, а p_β и p_s — веса.

Для уравнивания указанных на рисунке фигур при условии (1) нужно прежде всего установить соответствующие веса угловых и линейных измерений. Приняв вес измеренного угла равным единице, получаем

$$p_{s_i} = \frac{m_\beta^2}{m_{s_i}^2} \text{ и } q_i = \frac{m_{s_i}^2}{m_\beta^2}, \tag{2}$$

где m_{s_i} и m_β — средние квадратические ошибки измерения i стороны и углов построения.

Средние квадратические ошибки единицы веса и измеренной стороны после уравнивания вычисляются по формулам:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{[v_\beta^2] + \left[\frac{v_s^2}{q}\right]}{r}} \tag{3}$$

и

$$m_{s_i} = \pm \mu \sqrt{q_i}, \tag{4}$$

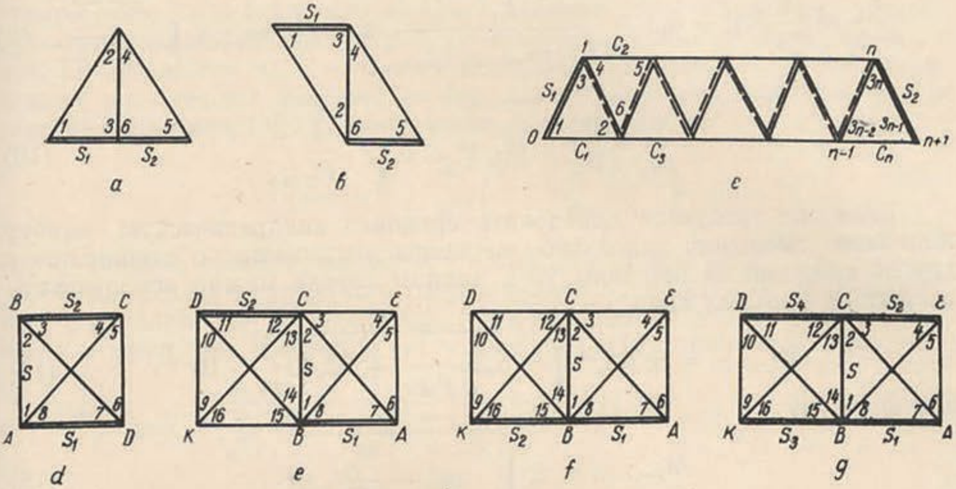
где v_β и v_s — поправки в измеренные углы и стороны; r — число условных уравнений; q_i определяется по формуле (2).

Типовые линейно-угловые построения *a*, *b* и *c*, изображенные на рисунке, состоят из треугольников и отличаются друг от друга лишь количеством входящих в них фигур. Поэтому для них могут быть получены общие формулы поправок в углы и стороны через коэффициенты условных уравнений и их свободные члены. Величины последних определяются по непосредственно измеренным углам и сторонам.

Кроме n условий фигур треугольников в этих построениях возникает еще условие сторон, которое в общем виде таково:

$$\Delta_1(S_1)+\delta_1(1)-\delta_2(2)+\delta_4-(4)-\delta_5(5)+\ldots+$$
$$+\delta_{3n-2}(3n-2)-\delta_{3n-1}(3n-1)-\Delta_2(S_2)+w_s=0, \qquad (5)$$

где Δ_1 и Δ_2 – изменение логарифмов длин измеренных сторон при изменении длин на 1 *мм*; δ_{3i-2} и δ_{3i-1} — изменение логарифмов синусов связующих углов при изменении самих углов на $1''$; w_s — свободный



Типовые линейно-угловые построения.

член уравнения, вычисленный по измеренным углам и сторонам; (Δ_1, Δ_2, δ_{3i-2} и δ_{3i-1} выбираются из таблиц в шестом знаке логарифмов).

Составив нормальные уравнения коррелат и решив их, получаем

$$K_s=\frac{\rho_1 w_{\beta_1}+\rho_2 w_{\beta_2}+\ldots+\rho_n w_{\beta_n}-3w_s}{2\sum\limits_1^n R+3(\omega_1+\omega_2)}, \qquad (6)$$

а формулы для поправок в углы имеют вид

$$(3i-2)=-\frac{w_{\beta_i}}{3}-\left(\frac{\rho_i}{3}-\delta_{3i-2}\right)K_s;$$

$$(3i-1)=-\frac{w_{\beta i}}{3}-\left(\frac{\rho_i}{3}-\delta_{3i-3}\right)K_s;\quad (3i)=-\frac{w_{\beta i}}{3}+\frac{\rho_i}{3}K_s, \qquad (7)$$

причем величина $\frac{\rho_i}{3}K_s$ всегда со знаком минус для построений a и b (см. рисунок) и с плюсом или минусом для построения c в зависимости от положения промежуточного угла $3i$ по отношению ходовой линии.

В формулах (6) и (7) кроме обозначений, принятых ранее, $\omega_i=$ $=q_i\Delta^2{}_i$

$$R_i=\delta^2_{3i-2}+\delta^2_{3i-1}+\delta_{3i-2}\delta_{3i-1};\quad \rho_i=\delta_{3i-2}-\delta_{3i-1};\quad w_\beta -$$

свободные члены условных уравнений фигур, вычисленные по измеренным углам.

Поправки в измеренные стороны S_1 и S_2 вычисляются по формуле

$$v_{s_i} = q_i \Delta_i K_s. \tag{8}$$

Что касается оценки точности какой-либо вычисленной стороны построения a, b или c (см. рисунок) и ее дирекционного угла, то для этого можно использовать известные формулы, определяющие $\frac{1}{p_{эл}}$ и $m_{эл}$ с учетом однако уравновешивания под условием (1). Приняв это во внимание, получаем [2]

$$\frac{1}{p_{\lg s_i}} = \left(\frac{2}{3}[R]_1^i + \omega_1\right) - \frac{\left(\frac{2}{3}[R]_1^i + \omega_1\right)}{\frac{2}{3}[R]_1^n + \omega_1 + \omega_2} \text{ и } m_{\lg s_i} = \pm\mu\sqrt{\frac{1}{p_{\lg s_i}}}, \tag{9}$$

$$\frac{1}{p_{\alpha_i}} = \frac{2}{3}i \text{ и } m_{\alpha_i} = \pm\mu\sqrt{\frac{1}{p_{\alpha_i}}}. \tag{10}$$

Если же требуется определить среднюю квадратическую ошибку линейного смещения какой-либо вершины построения по отношению к другой смежной ей вершине, то в данном случае можно использовать известную формулу вида

$$M_{i\to(i-1)} = \pm\mu S_i^{м}\sqrt{5{,}30\frac{1}{p_{\lg s_i}} + 23{,}50\frac{1}{p_{\alpha_i}}\cdot 10^{-6}} \tag{11}$$

или формулу

$$M_{i\to(i-1)} = \pm\sqrt{m_{s_i}^2 + \frac{m_{\alpha_i}^{\prime\prime 2}}{\rho^{\prime\prime 2}}\cdot S_i^2}. \tag{12}$$

Однако в практике геодезических и маркшейдерских работ часто возникает необходимость знать ошибки не только взаимного положения двух каких-либо смежных пунктов данного построения, но и ошибки его пунктов, не смежных между собой и отдаленных друг от друга на значительное расстояние.

Наметив ходовую линию по вершинам промежуточных углов треугольников, составляющих построение, примем вычисленные связующие стороны треугольников за непосредственно измеренные величины, а ошибки длин этих сторон и ошибки их дирекционных углов — за ошибки непосредственных измерений [1].

Формулу для вычисления средней квадратической ошибки в положении конечной вершины построения по отношению его начальной вершины (например, вершины $n+1$ по отношению вершины О построения c) можно представить в таком виде

$$M^2_{(n+1)\to 0} M^2_{1\to 0} + M^2_{2\to 1} + \ldots + M^2_{(n+1)\to n}, \tag{13}$$

или

$$M^2_{(n+1)\to 0} = \Sigma m^2_{s_{изм}} + \Sigma m^2_{s_{выч}} + \frac{\mu^{\prime\prime 2}}{\rho^{\prime\prime 2}}\sum_{i=0,1}^{i=n.(n+1)}\frac{1}{p_\alpha}[S^2]_i^{n.(n+1)}, \tag{14}$$

причем последний член формулы (14) такой:

$$\frac{\mu^{\prime\prime 2}}{\rho^{\prime\prime 2}}\left\{\frac{1}{p_{\alpha_{0,1}}}(S^2_{0,1} + S^2_{1,2} + \ldots + S^2_{(n-1).n} + S^2_{n.(n+1)} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{p_{\alpha_{1,2}}}(S^2_{1,2} + S^2_{2,3} + \ldots + S^2_{n.(n+1)} + \ldots + \frac{1}{p_{\alpha_{n.(n+1)}}}S^2_{n.(n+1)}\right\}. \tag{15}$$

В указанных формулах приняты следующие обозначения: m_s — средние квадратические ошибки уравненных измеренных и вычисленных связующих сторон треугольников построения; μ — средняя квадратическая ошибка единицы веса; $S_{i\,(i+1)}$ — длина связующей стороны треугольника построения: $\dfrac{1}{p_{\alpha_{i\,(i+1)}}}$ — обратный вес дирекционного угла этой стороны.

Предлагаемая формула может быть также использована для вычисления ошибки линейного смещения не только конечной вершины построения по отношению к начальной, но и любой промежуточной по отношению как начальной вершины, так и промежуточной.

Формула (14) не является строгой. Ее применение ограничивается числом треугольников в построении. Следовательно, необходимо установить границы применения формулы и потерю точности вычисления по ней. Наиболее просто и наглядно эти два вопроса решаются сопоставлением результатов вычисления $M_{(n+1)\to 0}$ по предложенной формуле и строгой формуле в [3], которую можно записать так:

$$M^2_{(n+1)\to 0} = L^2 \frac{\mu''^2}{\rho''^2}\left(\frac{2\nu^2 - 3\nu + 10}{9\nu}\right), \tag{16}$$

где L — длина диагонали ряда, а ν — число сторон в ней.

Если ряд из правильных треугольников построения с прямолинейный и уравнивается за условия фигур и твердых сторон с их дирекционными углами при условии $[v^2_\beta]$, то формула (14) принимает вид

$$M^2_{(n+1)\to 0} = \sum_{c=1}^{c=n-2} m_c^2 + \frac{\mu''^2}{\rho''^2}\left\{\frac{1}{p_{\alpha_1}}\nu + \frac{1}{p_{\alpha_2}}(\nu-1) + \ldots + \frac{1}{p_{\alpha_{(n-1)\cdot(n-1)}}}\right. . \tag{17}$$

В этой формуле величины m_c и $\dfrac{1}{p_{\alpha c}}$ вычисляются так, как предложено в [3]. Применив формулу (17) для рядов с разным числом правильных треугольников и приняв $\mu = \pm 2{,}0''$ и $S = 2$ *км*, сопоставим результаты вычисления $M_{(n+1)\to 0}$ по этой формуле с теми, которые получены по (16):

n	ν	M, *мм* по (17)	M, *мм* по (16)	n	ν	M, *мм* по (17)	M, *мм* по (16)
1	1	±21	±20	7	4	± 73	± 70
3	2	32	31	9	5	100	92
5	3	51	49	11	6	131	118

Данные достаточно убедительны. Следовательно, формула (14) может быть использована при оценке точности линейно-угловых построений, состоящих из небольшого количества фигур, что, как правило, и имеет место при специальных геодезических и маркшейдерских работах.

Так как эти построения в принятых вариантах не уравниваются за условие дирекционных углов, то формула (14) принимает вид

$$M^2_{(n+1)\to 0} = \Sigma m^2_{s_{\text{изм}}} + \Sigma m^2_{s_{\text{выч}}} + \frac{2\mu''^2}{3\rho''^2}\left\{(S^2_{0,1} + S^2_{1,2} + \ldots + S^2_{n.\,(n+1)}) + \right.$$

$$\left. + 2(S^2_{1,2} + S^2_{2,3} + \ldots + S^2_{n.\,(n+1)}) + \ldots + nS^2_{n.\,(n+1)}\right\}. \tag{18}$$

Здесь величины $m_{s_{\text{выч}}}$ вычисляются по формуле (9), а $m_{s_{\text{изм}}}$ — по (4).

При уравнивании линейно-угловых построений *d, e, f* и ϱ (см. рисунок) целесообразно применить двухгрупповой метод.

Пользуясь рекомендациями Ф. Н. Красовского [4], все три условных уравнения фигур, например построения d, можно отнести к первой группе условных уравнений с последующей разбивкой ее на две подгруппы: в первую подгруппу включаются условия треугольников ABC и ADC, а во вторую — третье условное уравнение, то есть уравнение, даваемое треугольником, например BCD. Исправив углы треугольников ABC и ACD поправками, равными соответственно $-\frac{w_1}{3}$ и $-\frac{w_2}{3}$ (w_1 и w_2 — невязки треугольников ABC и ACD), вычислим затем невязку в треугольнике BCD. Получаем

$$w_3 = w_3 - \frac{w_1 - w_2}{2}, \tag{19}$$

где w_3 — невязка треугольника BCD, найденная по измеренным углам.

Суммарные поправки углов применительно к обозначениям на рисунке d следующие:

$$\left.\begin{aligned} (1)' = (2)' = -\frac{w_1}{4} + \frac{w_3'}{4}; \quad (5)' = (6)' = -\frac{w_1}{4} - \frac{w_3'}{4}; \\ (3)' = (4)' = -\frac{w_2}{4} - \frac{w_3'}{4}; \quad (7)' = (8)' = -\frac{w_2}{4} + \frac{w_3'}{4}. \end{aligned}\right\} \tag{20}$$

Таким образом, для получения первичных поправок в углы нужно сначала в каждом из двух треугольников ABC и ADC, не имеющих общих углов, исправить углы четвертью его невязки; затем углы этих же двух треугольников, не входящие в треугольник BCD, исправляются добавочной поправкой $+\frac{w_3}{4}$, а углы тех же треугольников ABC и ADC, входящие в треугольник BCD, поправкой $-\frac{w_3'}{4}$.

Такое правило определения первичных поправок в углы можно распространить кроме построения d и на другие построения из четырехугольников. С исправленными в указанном порядке углами составим условные уравнения полюсов и сторон. Преобразование коэффициентов при поправках в углы и в стороны произведем соответственно по формулам

$$L_{\beta_i} = l_{\beta_i} - \frac{[l_\beta]}{4} \text{ и } L_{s_i} = L_{s_i}\sqrt{q_i}, \tag{21}$$

где L_{β_i}, L_{s_i}, l_{β_i} и l_{s_i} — преобразованные и непреобразованные коэффициенты при поправках в углы и стороны уравнений второй группы, причем через A и B обозначим преобразованные коэффициенты уравнений полюсов, а через C и D — уравнений сторон.

Условные уравнения полюса и сторон применительно к построению d имеют вид:

$$\begin{gathered} \delta_1(1) - \delta_2(2) + \delta_3(3) - \delta_4(4) + \delta_5(5) - \delta_6(6) + \delta_7(7) - \delta_8(8) + w_п' = 0; \\ \Delta_1(S_1) + \delta_2(2) - \delta_7(7) + \delta_1(1) - \delta_4(4) - \Delta_2(S_2) + w_s' = 0, \end{gathered} \tag{22}$$

где $w_п^1$ и w_s^1 — свободные члены условных уравнений полюса и сторон, вычисленных по первично исправленным углам (δ и Δ выбираются из таблиц в шестом знаке логарифмов).

Вторичные поправки в углы вычисляются, как обычно, через преобразованные коэффициенты условных уравнений второй группы и через соответствующие коррелаты, значения которых определяются по готовым формулам, то есть минуя стадию составления нормальных уравнений и их решения.

Наиболее ответственным вычисленным элементом построений d, e, f и g является сторона S (обычно ось инженерного сооружения). Ограничимся нахождением величин средних квадратических ошибок длины этой стороны (m_s) и ее дирекционного угла (m_{α_s}) с последующим использованием формулы (11) или (12). Выражения для весовых функций f_s и f_{α_s} имеют вид:

$$f_s = \Delta_1 (S_1) + \delta_7 (7) - \delta_2 (2), \quad f_{\alpha_s} = (7) + (2). \tag{23}$$

Вычисление величин $= \dfrac{1}{p_{эл}}$ и $m_{эл}$ произведем по известным формулам вида:

$$\frac{1}{p_{эл}} = [FF] - \frac{[AF]^2}{[AA]} - \frac{[CF\cdot 1]^2}{[CC\cdot 1]}; \ (24) \qquad m_{эл} = \pm \mu \sqrt{\frac{1}{p_{эл}}}, \tag{25}$$

где F, A и C — преобразованные коэффициенты весовой функции, условия полюса и сторон.

Уравнивание построения d (см. рисунок). После преобразования коэффициентов условных уравнений вида (22) по формулам (21) и решения полученных нормальных уравнений имеем

$$K_2 = \frac{-w_s' [AA] + w_п' [AC]}{[AA][CC] - [AC]^2}; \quad K_1 = \frac{-w_п' + [AC] K_2}{[AA]}. \tag{26}$$

Определив величины K_2 и K_1 по формуле (26), получаем вторичные поправки в углы, а затем и в измеренные стороны по формуле (8).

Уравнивание построений e и f (см. рисунок). При уравнивании этих построений к первой группе условных уравнений относим условия фигур, даваемые треугольниками BCE, ABE, KDC, KCB, ABC и KBD. Получаем шесть уравнений:

$$(1)+(2)+(3)+(4)+w_1=0; \quad (5)+(6)+(6)+(7)+(8)+w_2=0;$$
$$(9)+(10)+(11)+(12)+w_3=0; \ (13)+(14)+(15)+(16)+w_4=0;$$
$$(1)+(2)+(7)+(8)+w_5=0; \quad (9)+(10)+(15)+(16)+w_6=0.$$

Следуя тому же правилу определения первичных поправок, как и при уравнивании построения d, и определив предварительно

$$w_5' = w_5 - \frac{w_1 + w_2}{2} \text{ и } w_6' = w_6 - \frac{w_3 + w_4}{2}, \tag{27}$$

находим из следующих выражений первичные поправки в углы:

$$(1)' = (2)' = -\frac{w_1}{4} + \frac{w_5'}{4}; \quad (3)' = (4)' = -\frac{w_1}{4} - \frac{w_5'}{4};$$

$$(5)' = (6)' = -\frac{w_2}{4} - \frac{w_5'}{4}; \quad (7)' = (8)' = -\frac{w_2}{4} + \frac{w_5'}{4};$$

$$(9)' = (10)' = -\frac{w_3}{4} + \frac{w_6'}{4}; \quad (11)' = (12)' = -\frac{w_3}{4} - \frac{w_6'}{4};$$

$$(13)' = (14)' = -\frac{w_4}{4} - \frac{w_6'}{4}; \quad (15)' = (16)' = -\frac{w_4}{4} + \frac{w_6'}{4}. \tag{28}$$

Исправив углы, составляем условные уравнения второй группы вида (22) и, перейдя затем к нормальным уравнениям, решаем их.

Условия полюсов			Условия					
Углы	$A_{d, e, f, g}$	$B_{e, f, g}$	Углы, стороны	C_d	Углы, стороны	C_e	Углы, стороны	C_f
$i=1, 3$	$\delta_i - \frac{1}{4}\theta_1$		1	$\delta_1 - \frac{1}{4}\rho_1$	$i=1, 3, 4$	$+\frac{1}{4}\delta_2$	$i=1, 3, 4$	$+\frac{1}{4}\delta_2$
$i=2, 4$	$-\delta_i - \frac{1}{4}\theta_1$		$i=2, 4$	$-\delta_i - \frac{1}{4}\rho_1$	2	$-\frac{3}{4}\delta_2$	2	$-\frac{3}{4}\delta_2$
$i=5, 7$	$\delta_i - \frac{1}{4}\theta_2$		3	$-\frac{1}{4}\rho_1$	$i=5, 6, 8$	$-\frac{1}{4}\delta_7$	$i=5, 6, 8$	$-\frac{1}{4}\delta_7$
$i=6, 8$	$-\delta_i - \frac{1}{4}\theta_2$		$i=5, 6, 8$	$-\frac{1}{4}\rho_1$	7	$+\frac{3}{4}\delta_7$	7	$+\frac{3}{4}\delta_7$
$i=9, 11$		$\delta_i - \frac{1}{4}\theta_3$	7	$+\frac{3}{4}\delta_7$	$i=9, 10, 12$	$+\frac{1}{4}\delta_{11}$	$i=9, 10, 12$	$+\frac{1}{4}\delta_{11}$
$i=10, 12$		$-\delta_i - \frac{1}{4}\theta_3$	s_1	$+\Delta_1\sqrt{q_1}$	11	$-\frac{3}{4}\delta_{11}$	11	$-\frac{3}{4}\delta_{11}$
$i=13, 15$		$\delta_i - \frac{1}{4}\theta_4$	s_2	$-\Delta_2\sqrt{q_2}$	$i=13, 15, 16$	$-\frac{1}{4}\delta_{14}$	13	$\delta_{13} - \frac{1}{4}\rho_2$
$i=14, 16$		$-\delta_i - \frac{1}{4}\theta_4$	$\rho_1=\delta_1-\delta_2-\delta_4$		14	$+\frac{3}{4}\delta_{14}$	$i=14, 15$	$-\frac{1}{4}\rho_2$
	$\theta_1=\delta_1-\delta_2+\delta_3-\delta_4$				s_1	$+\Delta_1\sqrt{q_1}$	16	$-\delta_{16} - \frac{1}{4}\rho_2$
	$\theta_2=\delta_5-\delta_6+\delta_7-\delta_8$				s_2	$-\Delta_2\sqrt{q_2}$	s_1	$+\Delta_1\sqrt{q_1}$
	$\theta_3=\delta_9-\delta_{10}+\delta_{11}-\delta_{12}$						s_2	$-\Delta_2\sqrt{q_2}$
	$\theta_4=\delta_{13}-\delta_{14}+\delta_{15}-\delta_{16}$						$\rho_2=\delta_{13}-\delta_{16}$	

$$\left.\begin{aligned} K_3 &= -\frac{[BB][AC]\,w'_{\text{п}_1}+[AA][BC]\,w'_{\text{п}_2}-[AA][BB]\,w'_s}{[AC]^2\,[BB]+[BC]^2\,[AA]-[AA][BB][CC]}; \\ K_2 &= -\frac{w'_{\text{п}_2}+[BC]\,K_3}{[BB]}; \quad K_1 = -\frac{w'_{\text{п}_1}+[AC]\,K_3}{[AA]}. \end{aligned}\right\} \qquad (29)$$

В этих выражениях w'_s, $w'_{\text{п}_1}$ и $w'_{\text{п}_2}$ — свободные члены условных уравнений сторон и полюсов, вычисленные по первично исправленным углам.

Определив коррелаты K_3, K_2 и K_1, находим вторичные поправки в углы. Поправки в стороны вычисляются по формуле (8).

Уравнивание построения g (см. рисунок). Дополнительно к шести условиям фигур треугольников в данном случае появляются четыре условных уравнения: два — полюсов и два — сторон. Как и при уравнивании построений e и f, условия фигур отнесем к первой группе условных уравнений, а все остальные — ко второй.

Первичные поправки и углы и в данном случае определим по формулам (28). Формулы для нахождения величин коррелат

$$K_4 = \frac{[BD]\,w'_{\text{п}_2} - [BB]\,w'_{s_2}}{[BB][DD] - [BD]^2}; \quad K_3 = \frac{[AC]\,w'_{\text{п}_1} - [AA]\,w'_{s_1}}{[AA][CC] - [AC]^2};$$

уравнений второй группы и весовых функций

сторон				Весовые функции			
Углы, стороны	C_g	Углы, стороны	D_g	Углы, стороны	F_s	Углы	F_{a_s}
1	$\delta_1 - \frac{1}{4}\rho_3$	$i=9, 10, 12$	$-\frac{1}{4}\delta_{11}$	$i=1, 3, 4$	$+\frac{1}{4}\delta_2$	$i=1, 3, 4$	$-\frac{1}{4}$
$i=2, 4$	$-\delta_i - \frac{1}{4}\rho_3$	11	$+\frac{3}{4}\delta_{11}$	2	$-\frac{3}{4}\delta_2$	2	$+\frac{3}{4}$
3	$-\frac{1}{4}\rho_3$	13	$\delta_{13} - \frac{1}{4}\rho_4$	$i=5, 6, 8$	$-\frac{1}{4}\delta_7$	$i=5, 6, 8$	$-\frac{1}{4}$
$i=5, 6, 8$	$-\frac{1}{4}\delta_7$	$i=14, 16$	$-\delta_i - \frac{1}{4}\rho_4$	7	$+\frac{3}{4}\delta_7$	7	$-\frac{1}{4}$
7	$+\frac{3}{4}\delta_7$	15	$-\frac{1}{4}\rho_4$	s_1	$+\Delta_1\sqrt{q_1}$		
s_1	$+\Delta_1\sqrt{q_1}$	s_3	$+\Delta_3\sqrt{q_3}$				
s_2	$-\Delta_2\sqrt{q_2}$	s_4	$-\Delta_4\sqrt{q^4}$				
$\rho_3=\delta_1-\delta_2-\delta_4$		$\rho_4=\delta_{13}-\delta_{14}-\delta_{16}$					

$$K_2 = -\frac{w'_{\text{п}_2} + [BD]K_4}{[BB]}; \quad K_1 = -\frac{w'_{\text{п}_1} + [AC]K_4}{[AA]}. \tag{30}$$

После вычисления вторичных поправок в углы введем поправки в измеренные стороны (8).

При практическом использовании предлагаемых формул уравнивания построений d, e, f и g (см. рисунок) рекомендуется таблица, в которой приведены преобразованные коэффициенты условных уравнений второй группы перечисленных построений и преобразованные коэффициенты весовых функций, необходимые для вычислений по формулам (24) и (25).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефимов П. И. Применение формул для оценки точности полигонометрии к триангуляционному ряду. В сб. научн. тр. Криворожского горнорудного ин-та, вып. 6. Металлургиздат, М., 1958.

2. Ефимов П. И. Уравновешивание триангуляционного ряда под условием реального минимума его деформации. В сб. «Геодезия...», вып. 5. Львов, 1966.

3. Изотов А. А. Оценка точности окончательно уравненной цепи триангуляции. Журн. «Геодезист», № 2, М., 1936.

4. Красовский Ф. Н. Руководство по высшей геодезии, ч. I, вып. 2. Редбюро ГУГК при СНК СССР, М., 1939.

Работа поступила
3 ноября 1969 года.