РЕСПУБЛИКАНСКИЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК
1974 Геодезия, картография и аэрофотосъемка Выпуск 20

УДК 528.33.35

Ю. Н. КОРНИЦКИЙ

О ПРОДОЛЬНОМ И ПОПЕРЕЧНОМ СДВИГЕ ЛИНЕЙНО-УГЛОВОГО РЯДА ИЗ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КВАДРАТОВ, ПРОЛОЖЕННОГО МЕЖДУ ИСХОДНЫМИ ПУНКТАМИ

Наличие исходных пунктов значительно повышает точность как угловых, так и линейных элементов ряда.

Цель этой статьи — изучить распределение ошибок в несвободных рядах линейно-угловой триангуляции. В результате исследований определены формулы для подсчета обратных весов функций продольного и поперечного сдвига ряда, состоящего из геодезических квадратов и уравненного за условия фигур, сторон, координат и дирекционных углов.

При уравнении подобного ряда по методу условных измерений (см. рисунок) возникает $3n$ условных уравнений фигур вида:

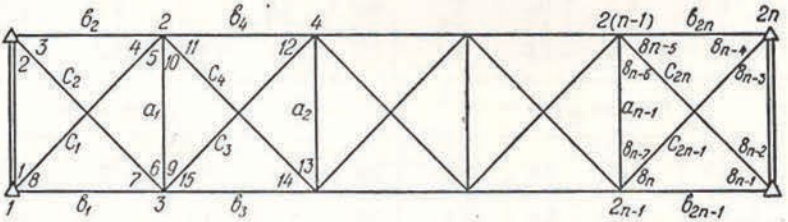

Схема линейно-углового ряда из геодезических квадратов, проложенного между исходными пунктами.

$$((8i-7)+(8i-6)+(8i-5)+(8i-4)+w_{i,1}=0; \tag{1}$$

$$(8i-3)+(8i-2)+(8i-1)+(8i)+w_{i,2}=0; \tag{2}$$

$$(8i-5)+(8i-2)+(8i-4)+(8i-3)+w_{i,3}=0, \tag{3}$$

где i — порядковый номер квадрата; $(8i-7)$, $(8i-6)$, ... — вероятнейшие поправки к измеренным углам; $6n$ условных уравнений сторон вида:

$$(\lg a_{i-1})-(\lg b_{2i-1})+\delta_{8i-7}(8i-7)-\delta_{8i-4}(8i-4)+w_{i,4}=0; \tag{4}$$

$$(\lg b_{2i-1})-(\lg c_{2i-1})-\delta_{8i-7}(8i-7)+w_{i,5}=0; \tag{5}$$

$$(\lg a_i)-(\lg b_{2i})+\delta_{8i-3}(8i-3)-\delta_{8i}(8i)+w_{i,6}=0; \tag{6}$$

$$(\lg b_{2i})-(\lg c_{2i-1})-\delta_{8i-3}(8i-3)+w_{i,7}=0; \tag{7}$$

$$(\lg b_{2i-1})-(\lg c_{2i})-\delta_{8i-2}(8i-2)+w_{i,8}=0; \tag{8}$$

$$(\lg a_i)-(\lg c_{2i})-\delta_{8i-5}(8i-5)+w_{i,9}=0, \tag{9}$$

где $(\lg a_i)$, $(\lg c_{2i})$, $(\lg b_{2i})$ — вероятнейшие поправки к логарифмам длин сторон; δ_{8i} — изменение логарифма синуса при изменении угла на $1''$ (для расматриваемого случая $\delta_{8i}=\delta_{8i-7}=\delta_{45^\circ}=\delta=2{,}11$); условные уравнения дирекционных углов и координат вида:

$$\sum_{i=1}^{n} \{(8i-7)-(8i-3)\} + w_\alpha = 0; \tag{10}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \Delta x_{2i-1,\,2i}(\lg c_{2i-1}) + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta X_{2i,\,2i+1}(\lg a_i) - r\sum_{i=i}^{n}(Y_{2n}-Y_{2i-1})(8i-7) +$$

$$+ r\sum_{i=1}^{n-1}(Y_{2n}-Y_{2i})(8i-3) + w_x = 0; \tag{11}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \Delta Y_{2i-1,\,2i}(\lg c_{2i-1}) + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta Y_{2i,\,2i+1}(\lg a_i) +$$

$$+ r\sum_{i=1}^{n}(X_{2n}-X_{2i-1})(8i-7) - r\sum_{i=1}^{n-1}(X_{2n}-X_{2i})(8i-3) + w_y = 0, \tag{12}$$

где $r = 10^6 M \sin 1''$.

Весовые функции продольного и поперечного сдвига записываем в виде:

$$(k \cdot 10^6 \mu)\frac{dL}{L} = (\lg b_1) + (\lg b_3) + \cdots + (\lg b_{2k-1});$$

$$kdT = \sum_{j=k}^{j-1} \{ j(8i-7) + (j-1)(8i-2) + (j-1)(8i-1) + j(8i) \}.$$

Уравнение выполнялось по методу двух групп. В первую группу были включены $2n$ условных уравнений фигур вида (1) и (2), во вторую — все остальные условные уравнения. Преобразованные коэффициенты условных уравнений второй группы вычисляли по формулам:

$$a_i = a_i' - \frac{[a_i']}{4} \text{ (при поправках в углы)};$$

$$a_i = a_i' \sqrt{q} \text{ (при поправках в стороны)},$$

где, как показал К. Л. Проворов [1],

$$q = \frac{1}{P_{\lg s}} = \left(\frac{10^6 \mu m_s}{m_3 s}\right)^2,$$

и обозначали по порядку, в котором приведены выше, через a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, g_i, h_i, j, l, m, f_L и f_T.

На основании таблицы преобразованных коэффициентов были вычислены соответствующие им коэффициенты нормальных уравнений, а из решения последних получали коэффициенты эквивалентной системы.

Условные уравнения фигур независимы, следовательно,

$$[a_i a_i \cdot (i-1)] = +2{,}0.$$

Для квадратичных коэффициентов уравнений сторон получаем:

$$[b_1 b_1 \cdot n] = 1{,}5\delta^2 + q;\; [b_i b_i \cdot (n+i-1]_{i-2}^{n} = 1.5\,\delta^2 + 2q = \eta;$$

$$[c_1 c_1 \cdot 2n] = \frac{(q^2 + 2{,}125\,\delta^2 q + 0{,}375\,\delta^4)}{1{,}5\,\delta^2 + q}; \tag{13}$$

$$[c_i c_i \cdot (2n+i-1)]_{i-2}^{n} = 0{,}25\,\delta^2 + 1{,}5\,q = \nu.$$

Выражения для последующих квадратичных коэффициентов уравнений сторон более сложные

$$[d_1 d_1 \cdot 3n] =$$

$$= \eta - \frac{0{,}25\,\delta^4}{1{,}5\,\delta^2 + q} - \frac{q^2}{\eta} - \frac{0{,}25\,q^2}{\nu} - \frac{0{,}0625\,\delta^4 q^2}{(1{,}5\,\delta^2 + q)(q^2 + 2{,}125\,\delta^2 q + 0{,}375\,\delta^4)}.$$

После ряда преобразований

$$[d_1 d_1 \cdot 3n] = \frac{Y}{\eta\nu}, \tag{14}$$

где

$$Y = 4q^3 + 9{,}375\,\delta^2 q^2 + 4{,}5\,\delta^4 q + 0{,}5\,\delta^6.$$

Остальные квадратичные коэффициенты уравнений этого вида, кроме последнего, определяются из выражения

$$[d_i d_i \cdot (3n + i - 1)]_{i=2}^{i=n-1} = \frac{Y\beta_{i-1} - 0{,}25\,\delta^4 q^2 \nu^2 \beta_{i-2}}{\eta\nu\beta_{i-1}}.$$

Однако с достаточной для практических целей точностью эти коэффициенты можно принять равными. При этом ошибки в величинах коэффициентов будут не более 1%.

Выражение для последнего квадратичного коэффициента не приводим, так как оно практически не влияет на величину обратного веса

$$[e_1 e_1 \cdot 4n] = 0{,}625\,\delta^2 + 2q - \frac{0{,}0625\,\delta^4}{1{,}5\,\delta^2 + q} - \frac{(\delta^2 + q)^2 (\delta^2 + 2q)^2 \nu}{\eta Y} -$$

$$- \frac{q^2 (1{,}375\,\delta^2 + q)^2}{(1{,}5\,\delta^2 + q)(q^2 + 2{,}125\,\delta^2 q + 0{,}375\,\delta^4)}.$$

После ряда преобразований получаем

$$[e_1 e_1 \cdot 4n] = \frac{(0{,}528\,\delta^2 + q)(6{,}08\,\delta^2 + q)(0{,}125\,\delta^2 + q)}{4\,(q^2 + 2{,}125\,\delta^2 q) + 0{,}375\,\delta^4)}. \tag{15}$$

Для остальных коэффициентов этого вида имеем

$$[e_i e_i \cdot (4n + i - 1)]_{i=2}^{n-1} = \frac{(3{,}125\,\delta^2 + q)(0{,}803\,\delta^2 + q)(q - 0{,}045\,\delta^2)}{\eta\nu}. \tag{16}$$

Коэффициенты эквивалентной системы, соответствующие двум последним видам уравнений сторон, не приведены, так как очень громоздки, а влияние этих уравнений на величины обратных весов незначительно.

Квадратичный коэффициент условного уравнения дирекционных углов можно получить из выражения

$$[jj.7n] = n\left\{1 - \frac{0{,}25\,\delta^2}{\eta} - \frac{0{,}0625\,\delta^2}{\nu} - \frac{4\delta^2\eta\nu}{9Y} -\right.$$

$$\left. - \frac{\delta^2 \nu (3{,}41\,\delta^2 + q)}{18\,(1{,}74\,\delta^2 + q)(q - 0{,}043\,\delta^2)}\right\} + \frac{0{,}25\,\delta^2}{\eta} - \frac{0{,}25\,\delta^2}{1{,}5\,\delta^2 + q} +$$

$$+ \frac{0{,}0625\,\delta^2}{\nu} - \frac{0{,}140625\,\delta^4}{(1{,}5\,\delta^2 + q)(q^2 + 2{,}125\,\delta^2 q + 0{,}375\,\delta^4)},$$

которое (с ошибкой не более 1%) приводится к виду

$$[jj.7n] = \frac{qn}{0{,}5\,\delta^2 + q}. \tag{17}$$

Для координатных условных уравнений квадратичные коэффициенты эквивалентной системы очень громоздки, поэтому приводим их в окончательном виде

$$[ll\cdot(7n+1)] = \frac{0{,}5\,\delta^2(0{,}42\,\delta^2+q)(q-0{,}12\,\delta^2)}{q\eta}\cdot\frac{n(n-1)(2n-1)}{6}+$$

$$+\frac{\delta^2(2{,}11\,\delta^2+q)(q-0{,}07\,\delta^2)}{5\nu(1{,}5\,\delta^2+q)}\cdot\frac{n(n-1)}{2}+\frac{0{,}75\,\delta^2 q(\delta^2+q)}{\eta\nu}\cdot(2n-1); \quad (18)$$

$$[mm\cdot(7n+2)] = \frac{(0{,}3\,\delta^2+q)(0{,}05\,\delta^2+q)(2{,}25\,\delta^2+q)}{3\eta(1{,}5\,\delta^2+q)}\cdot n+$$

$$+\frac{(q-1{,}23\,\delta^2)(q-0{,}095\,\delta^2)}{4(2\delta^2+q)}. \quad (19)$$

Продольный сдвиг. Влияние уравнений вида A и B на величину обратного веса функции определяется выражением

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{[b_i f_L\cdot(n+i-1)]^2}{[b_i b_i\cdot(n+1-1)]}=\frac{q^2}{\eta}\cdot(k-1)=\frac{q^2}{1{,}5\,\delta^2+q}, \quad (20)$$

так как

$$[a_i f_L\cdot(i-1)]=0;\ [b_i f_L\cdot(n+i-1)]_{i=1}^{k}=-q;\ [b_i f_L\cdot(n+i-1)]_{i=k+1}^{n}=0.$$

Для следующих n коэффициентов эквивалентной системы получаем

$$[c_1 f_L\cdot 2n]=\frac{0{,}75\,\delta^2 q}{1{,}5\,\delta^2+q};\ [c_i f_L\cdot(2n+i-1)]_{i=2}^{k}=0{,}5\,q;$$

$$[c_i f_L\cdot(2n+i-1)]_{i=k+1}^{n}=0,$$

следовательно,

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{[c_i f_L\cdot(2n+i-1)]^2}{[c_i c_i\cdot(2n+i-1)]}=\frac{0{,}25\,q^2}{\nu}\cdot(k-1)+$$

$$+\frac{0{,}5625\,\delta^4 q^2}{(1{,}5\,\delta^2+q)(q^2+2{,}125\,\delta^2 q+0{,}375\,\delta^4)}. \quad (21)$$

Для уравнений D и весовой функции длины диагонали

$$[d_1 f_L\cdot 3n]=\frac{0{,}5\,\delta^2 q}{1{,}5\,\delta^2+q}+\frac{q^2}{\eta}-\frac{0{,}1875\,\delta^4 q^2}{(1{,}5\,\delta^2+q)(q^2+2{,}125\,\delta^2 q+0{,}375\,\delta^4)}-$$

$$-\frac{0{,}25\,q^2}{\nu}=\frac{q(2{,}92\,\delta^2+q)(0{,}183\,\delta^2+q)(q^2+0{,}397\,\delta^2 q+0{,}093\,\delta^4)}{\eta\nu(q^2+2{,}125\,\delta^2 q+0{,}375\,\delta^4)}; \quad (22)$$

$$[d_i f_L\cdot(3n+i-i)]_{i=2}^{k}=\frac{0{,}5\,\delta^2 q}{\eta}+\frac{q^2}{\eta}+\frac{0{,}25\,q^2}{\nu}+\frac{0{,}5\,\delta^2 q\nu}{Y}\times$$

$$\times[d_{i-1} f_L\cdot(3n+1-2)]=\frac{q(q^2+0{,}625\,\delta^2 q+0{,}125\,\delta^4)}{\eta\nu}. \quad (23)$$

При преобразовании формулы (23) последний член не учитывали, так как он составляет 1—2% от величины коэффициента.

Остальные коэффициенты этого вида близки к нулю и практически не влияют на величину обратного веса. Поэтому суммарное влияние этих уравнений можно записать так:

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{[d_i f_L\cdot(3n+i-1)]^2}{[d_i d_i\cdot(3n+i-1)]}=\frac{q^2(q^2+0{,}625\,\delta^2 q+0{,}125\,\delta^4)^2}{\eta\nu Y}\cdot(k-1)+$$

$$+\frac{q^2(2{,}92\,\delta^2+q)^2(0{,}183\,\delta^2+q)^2(q^2+0{,}397\,\delta^2 q+0{,}093\,\delta^4)^2}{\eta\nu Y(q^2+2{,}125\,\delta^2 q+0{,}375\,\delta^4)}. \qquad (24)$$

Выражение для уравнений вида E и весовой функции после ряда преобразований приводим к виду

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{[e_i f_L\cdot(4n+i-1)]^2}{[e_i e_i\cdot(4n+i-1)]}=\frac{q^2(\delta^2+q)}{6\eta(1{,}74\,\delta^2+q)}(k-1)+0{,}0208\,q. \qquad (25)$$

Суммарное влияние уравнений сторон последних двух видов будет

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{[g_i f_L\cdot(5n+i-1)]^2}{[g_i g_i\cdot(5n+i-1)]}+\sum_{i=1}^{n}\frac{[h_i f_L\cdot(6n+i-1)]^2}{[h_i h_i\cdot(6n+i-1)]}=\frac{0{,}5\,q(2\delta^2+q)}{6\eta}k. \qquad (26)$$

Для условного уравнения дирекционных углов и координатных условных уравнений соответственно получаем:

$$\frac{[jf_L\cdot 7n]^2}{[jj\cdot 7n]}=\frac{0{,}25\,\delta^2 q}{0{,}5\,\delta^2+q}\cdot\frac{k^2}{n}; \qquad (27)$$

$$\frac{[lf_L\cdot(7n+1)]^2}{[ll\cdot(7n+1)]}=\frac{q}{0{,}5\,\delta^2+q}\cdot\frac{3k^2(n-k)^2}{n^2(n+1)}; \qquad (28)$$

$$\frac{[mf_L\cdot(7n+2)]^2}{[mm\cdot(7n+2)]}=\frac{q(q+1{,}264\,\delta^2)}{6(q+0{,}5\,\delta^2)}\cdot\frac{k^2}{n}. \qquad (29)$$

Зная величины (20), (21), (24)—(29), получаем приближенную формулу для подсчета обратного веса функции длины диагонали

$$\frac{1}{P_L}=\frac{q(q+12{,}305)}{6(q+2{,}226)}\cdot\frac{k(n-k)}{n}-\frac{q}{q+2{,}226}\cdot\frac{3k^2(n-k)^2}{n^2(n+1)}-$$

$$-\frac{0{,}125\,q^3}{(q+3{,}339)(q+6{,}678)}. \qquad (30)$$

Значения весов, вычисленные по формуле (30) и полученные из решения систем нормальных уравнений по схеме Гаусса, приведены в таблице.

Поперечный сдвиг. Для уравнений вида A и весовой функции направления диагонали получаем:

$$[a_i f_T\cdot(i-1)]_{i=1}^{k}=-(k-i+1);\ [a_i f_T\cdot(i-1)]_{i=k+1}^{n}=0,$$

следовательно, суммарное влияние этих уравнений будет

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{[a_i f_T\cdot(i-1)]^2}{[a_i a_i\cdot(i-1)]}=0{,}5\frac{k(2k+1)(k+1)}{6}. \qquad (31)$$

Для уравнений вида B и весовой функции

$$[b_i f_T\cdot(n+i-1)]_{i=1}^{k}=0{,}5\,\delta(k-i+1);\ [b_i f_T\cdot(n+i-1)]_{i=k+1}^{n}=0;$$

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{[b_i f_T\cdot(n+i-1)]^2}{[b_i b_i\cdot(n+i-1)]}=\frac{0{,}25\,\delta^2}{\eta}\cdot\frac{k(2k+1)(k+1)}{6}+\frac{0{,}25\,\delta^2 q}{\eta(1{,}5\,\delta^2+q)}\cdot k^2. \qquad (32)$$

Следующие n уравнений сторон вносят в обратный вес величину

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{[c_i f_T\cdot(2n+i-1)]^2}{[c_i c_i\cdot(2n+i-1)]}=\frac{0{,}0625\,\delta^3}{\nu}\cdot\frac{k(2k+1)(k+1)}{6}-$$

$$-\frac{0{,}0625\,\delta^2 q\,(3{,}57\,\delta^2+q)(0{,}05\,\delta^2+q)}{\nu\,(1{,}5\,\delta^2+q)(q^2+2{,}125\,\delta^2 q+0{,}375\delta^4)}\cdot k^2. \qquad (33)$$

Значения обратных весов $\frac{1}{P'_L}$ и $\frac{1}{P_T}$ при $m_\beta=1''$

k	$\frac{m_s}{m_\beta S}$	$\frac{1}{P'_L}$			$\frac{1}{P_T}$		
		из схемы Гаусса	по формуле (30)	погрешность, %	из схемы Гаусса	по формуле (39)	погрешность, %
				$n=3$			
1	1:100 000	1,630	1,321	19,0	0,439	0,418	4,8
1	1:300 000	0,633	0,590	6,8	0,286	0,290	1,4
1	1:500 000	0,300	0,282	6,0	0,171	0,179	4,7
				$n=5$			
1	1:100 000	2,059	1,951	5,2	0,577	0,484	16,1
2	1:100 000	3,297	3,451	4,7	1,089	1,035	5,0
3	1:100 000	3,296	3,451	4,7	1,089	1,169	7,3
2	1:300 000	1,024	1,024	0	0,670	0,681	1,7
1	1:500 000	0,358	0,358	0	0,218	0,199	8,7
2	1:500 000	0,477	0,477	0	0,389	0,402	3,3
3	1:500 000	0,477	0,477	0	0,389	0,444	14,0
				$n=8$			
4	1:100 000	6,418	6,489	1,1	3,282	3,294	0,4
4	1:300 000	1 589	1,586	0,2	1,911	1,965	2,8
4	1:500 000	0,724	0,726	0,3	1,062	1,052	0,9

Первый коэффициент элиминационной системы для уравнений вида и весовой функции можно определить из выражения

$$[d_1 f_T\cdot 3n]=k\left\{-0{,}5\,\delta-\frac{0{,}25\,\delta^3}{1{,}5\,\delta^2+q}-\frac{0{,}5\,\delta q}{\eta}+\frac{0{,}125\,\delta q}{\nu}+\right.$$

$$\left.+\frac{0{,}09375\,\delta^5 q}{(1{,}5\,\delta^2+q)(q^2+2{,}125\,\delta^2 q+0{,}375\,\delta^4)}\right\},$$

а все остальные коэффициенты этого вида — из следующего:

$$[d_i f_T\cdot(3n+i-1)]_{i=2}^{k}=(k-i+1)\left\{-0{,}5\,\delta-\frac{0{,}25\,\delta^3}{\eta}-\frac{0{,}5\,\delta q}{\eta}-\right.$$

$$\left.-\frac{0{,}125\,\delta q}{\nu}-\frac{0{,}5\,\delta^2 q\nu}{Y}\cdot[d_{i-1} f_T\cdot(3n+i-2)]\right\}.$$

Однако с достаточной для практических целей точностью можно принять

$$[d_i f_T\cdot(3n+i-1)]_{i=1}^{k}=-\frac{2}{3}\,\delta\,(k-i+1).$$

Следовательно,

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{[d_i f_T\cdot(3n+i-1)]^2}{[d_i d_i\cdot(3n+i-1)]}=\frac{4\delta^2\,\eta\nu}{9Y}\cdot\frac{k(2k+1)(k+1)}{6}. \qquad (34)$$

Выражения для коэффициентов остальных видов уравнений очень громоздки, поэтому приводим их в окончательном виде, спустив ряд преобразований

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{[e_i f_T \cdot (4n+i-1)]^2}{[e_i e_i \cdot (4n+i-1)]} = \frac{\delta^2 \nu}{5q(2{,}5\,\delta^2+q)} \cdot \frac{k(2k+1)(k+1)}{6} -$$

$$- \frac{0{,}63\,\delta^2 \nu}{q(2{,}5\,\delta^2+q)} \cdot \frac{k(k+1)}{2} + \frac{0{,}5\,\delta^2 \nu}{q(2{,}5\,\delta^2+q)} \cdot k; \qquad (35)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{[g_i f_T \cdot (5n+i-1)]^2}{[g_i g_i \cdot (5n+i-1)]} + \sum_{i=1}^{n} \frac{[h_i f_T \cdot (6n+i-1)]^2}{[h_i h_i \cdot (6n+i-1)]} =$$

$$= \frac{0{,}5\,\delta^2 (0{,}75\,\delta^2+q)}{3(1{,}74\,\delta^2+q)(0{,}5\,\delta^2+q)} \cdot k. \qquad (36)$$

Для условного уравнения дирекционных углов

$$[jf_T \cdot 7n] = -\frac{q}{0{,}5\,\delta^2+q} \cdot \frac{k^2}{2}.$$

С учетом (17) получаем

$$\frac{[jf_T \cdot 7n]^2}{[jj \cdot 7n]} = \frac{b}{0{,}5\,\delta^2+q} \cdot \frac{k^4}{4n}. \qquad (37)$$

Из условных уравнений координат на величину обратного веса функции направления диагонали влияет только условие абсцисс

$$\frac{[lf_T \cdot (7n+1)]^2}{[ll \cdot (7n+1)]} = \frac{0{,}855(q+0{,}037)}{q+2{,}226} \cdot \frac{k^2(k+1)^2(4n-2k-1)^2}{27\,n^2(n+1)}. \qquad (38)$$

Зная величины (31)—(38), можно получить приближенную формулу для определения обратного веса функции направления диагонали

$$\frac{1}{P_T} = \frac{q}{q+2{,}226} \cdot \frac{k^3(4n-3k)}{12n} + \frac{0{,}475\,q}{q+1{,}113} \cdot k -$$

$$- \frac{0{,}855(q+0{,}037)}{q+2{,}226} \cdot \frac{k^2(k+1)^2(4n-2k-1)^2}{27\,n^2(n+1)}. \qquad (39)$$

Значения величин $\frac{1}{P_T}$ для различных значений n, k и q, вычисленные по формуле (39) и полученные из решения систем нормальных уравнений по схеме Гаусса, приведены в таблице.

Из таблицы видно, что обратные веса $\frac{1}{P_L}$ и $\frac{1}{P_T}$ определяются по формулам (30) и (39) с достаточной степенью точности, следовательно, этими формулами можно пользоваться при предварительной оценке точности несвободных рядов линейно-угловой триангуляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проворов К. Л. Точность цепи триангуляции с измеренными сторонами и углами. — «Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка», 1959, № 3.

Работа поступила в редколлегию 1 июня 1973 года. Рекомендована кафедрой инженерной геодезии Львовского политехнического института.