УДК 528.33:35

Ю. Н. КОРНИЦКИЙ

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИНЕЙНО-УГЛОВОГО РЯДА, СОСТОЯЩЕГО ИЗ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КВАДРАТОВ, ПРОЛОЖЕННОГО МЕЖДУ ИСХОДНЫМИ ПУНКТАМИ

Распределение погрешностей в линейно-угловых рядах геодезических четырехугольников разной формы без избыточных исходных данных уже в основном изучено [1, 2, 3]. Что же касается несвободных сетей, то данные об их исследовании в литературе отсутствуют.

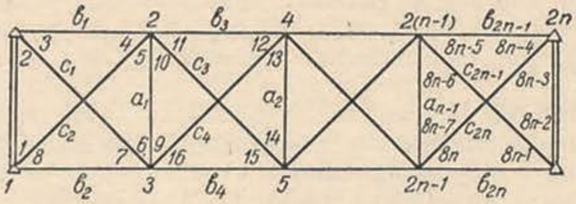

Схема линейно-углового ряда из геодезических квадратов, проложенного между исходными пунктами.

Цель нашей работы — изучение распределения ошибок в несвободных рядах линейно-угловой триангуляции. В ходе исследований определяются формулы для подсчета обратных весов функций дирекционного угла и стороны в середине ряда, состоящего из геодезических квадратов и уравненного за условия фигур, сторон, координат и дирекционных углов.

В несвободном ряду линейно-угловой триангуляции (рисунок) при уравнивании по методу условных измерений возникает $3n$ условных уравнений фигур вида:

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

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

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

где i — порядковый номер квадрата, $(8i)$, $(8i-1), \ldots, (8i-7)$ — вероятнейшие поправки к измеренным углам, $6n$ условных уравнений сторон вида:

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

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

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

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

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

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

где $(\lg a_i)$, $(\lg b_{2i})$, $(\lg c_{2i})$ — вероятнейшие поправки к логарифмам длин сторон, δ— изменение логарифма синуса при изменении угла на $1''$, условные уравнения дирекционных углов и координат вида:

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

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

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

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

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

где $r = 10^6 M \sin 1''$.

Весовые функции дирекционного угла и стороны запишем в виде:

$$f_\alpha = \sum_{i=1}^{k} \{(8i-7)-(8i-3)\}, \tag{13}$$

$$f_{\lg s_k} = (\lg a_k) \tag{14}$$

для случая, когда n — четное, или

$$f_\alpha = \sum_{i=1}^{k} \{(8i-7)-(8i-3)\} + (8k+1), \tag{15}$$

$$f_{\lg s_k} = (\lg c_{2k}), \tag{16}$$

для случая, когда n — нечетное.

Уравнивание выполнялось по методу двух групп. В первую группу включались условные уравнения фигур вида (1) и (2), во вторую — все остальные условные уравнения. Преобразованные коэффициенты условных уравнений второй группы вычислялись по известным формулам [4]:

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

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

где $q = \dfrac{1}{P_{\lg s}} = \left(\dfrac{10^6 \mu \cdot m_s}{m_\beta \cdot S}\right)^2$.

Обозначим преобразованные коэффициенты в уравнениях (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), соответственно через a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, g_i, h_i, j, l, и m, а коэффициенты в весовых функциях через f_α и f_a.

На основании таблицы преобразованных коэффициентов условных уравнений второй группы, легко вычисляются соответствующие им коэффициенты нормальных уравнений, кроме коэффициентов $[ll]$ и $[lm]$, которые получены следующим путем:

$$[ll] = 0{,}75r^2[n^2 + 2(n-1)^2 + 2(n-2)^2 + \ldots + 2\cdot 2^2 + 2\cdot 1] + (2n-1)q =$$
$$= 0{,}75r^2 n(2n^2+1) + q(2n-1),$$

$$[lm] = 0{,}75r^2[n + (n-1)] + [(n-2) + \ldots + 2 + 1] - nq = 0{,}375r^2 n(n+1) - nq.$$

Из решения системы нормальных уравнений получим квадратичные коэффициенты соответствующей эквивалентной системы.

Уравнения вида (3) не зависимы между собой, следовательно:

$$[a_1a_1]=[a_2a_2\cdot 1]=\ldots=[a_na_n\cdot(n-1)]=+2.$$

Первый квадратичный коэффициент уравнений (4) равен $[b_1b_1\cdot n]=+1{,}5\delta^2+q$, для остальных $(n-1)$ уравнений будем иметь

$$[b_2b_2\cdot(n+1)]=[b_3b_3\cdot(n+2)]=\ldots=[b_nb_n\cdot(2n-1)]=+1{,}5\delta^2+2q.$$

Квадратичные коэффициенты уравнений (5) будут равны

$$[c_1c_1\cdot 2n]=\frac{q^2+2{,}125\,\delta^2 q+0{,}375\,\delta^4}{1{,}5\delta^2+q},\ [c_ic_i\cdot(2n+i-1)]_{i=2}^{n}=0{,}25\,\delta^2+1{,}5q.$$

Упрощая дальнейшие вычисления, примем

$$\eta=1{,}5\delta^2+2q,\ \nu=0{,}25\delta^2+1{,}5q,\ Y=4q^3+9{,}375\delta^2q^2+4{,}5\delta^4q+0{,}5\delta^6. \quad (17)$$

Первый квадратичный коэффициент уравнений (6)

$$[d_1d_1\cdot 3n]=1{,}5\,\delta^2+2q-\frac{0{,}25\,\delta^4}{1{,}5\delta^2+q}-\frac{q^2}{1{,}5\,\delta^2+2q}-\frac{0{,}25\,q^2}{0{,}25\,\delta^2+1{,}5\,q}-$$

$$-\frac{0{,}0625\,\delta^4q^2}{(1{,}5\,\delta^2+q)(q^2+2{,}125\,\delta^2q+0{,}375\,\delta^4)}, \quad (18')$$

если принять, что

$$\frac{0{,}25\,\delta^4}{1{,}5\,\delta^2+q}+\frac{0{,}0625\,\delta^4q^4}{(1{,}5\,\delta^2+q)(q^2+2{,}125\,\delta^2q+0{,}375\,\delta^4)}=\frac{0.25\,\delta^4}{1{,}5\,\delta^2+2q}$$

(при этом ошибка в величине коэффициента не превысит 1—3%), с учетом (17), приводится к виду:

$$[d_1d_1\cdot 3n]=\frac{Y}{\eta\nu}. \quad (18)$$

Все последующие квадратичные коэффициенты уравнений (6), кроме последнего, можно определить из выражения:

$$[d_id_i\cdot(3n+i-1)]_{i=2}^{n-1}=\frac{Y\beta_{i-1}-0.25\,\delta^4q^2\nu^2\,\beta_{i-2}}{\eta\nu\beta_{i-1}},$$

где β_{i-1} — числитель предыдущей дроби.

Последний квадратичный коэффициент уравнений (6) после ряда преобразований можно представить следующим образом:

$$[d_nd_n\cdot(4n-1)]=\frac{2\,(q^2+2.25\,\delta^2q+\delta^4)}{\eta}.$$

Как при преобразовании формулы (18′), так и в дальнейшем, при разложении многочленов на множители, использовался метод Ньютона [5].

Для уравнений (7) получим:

$$[e_1e_1\cdot 4n]=0{,}625\,\delta^2+2q-\frac{q^2(1{,}375\,\delta^2+q)^2}{(1{,}5\,\delta^2+q)(q^2+2{,}125\,\delta^2q+0{,}375\,\delta^4)}-$$

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

или после ряда преобразований:

$$[e_1 e_1 \cdot 4n] = \frac{(0{,}528\,\delta^2 + q)(6{,}081\,\delta^2 + q)(0{,}125\,\delta^2 + q)}{4\,(q^2 + 2{,}125\,\delta^2 q + 0{,}375\,\delta^4)},$$

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

Последний квадратичный коэффициент, без существенной потери точности, можно принять равным коэффициенту $[e_1 e_1 \cdot 4n]$.

Уравнения вида (8) и (9) не влияют на точность определения дирекционного угла и длины стороны, поэтому соответствующие им коэффициенты эквивалентной системы не приводятся.

Квадратичный коэффициент уравнений (10) представим в виде:

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

$$\left. - \frac{(3{,}411\,\delta^2 + q)\,\delta^2\,\nu}{18\,(1{,}74\,\delta^2 + q)^2\,(q - 0{,}045\,\delta^2)}\right] + \frac{0{,}25\,\delta^2}{\eta} + \frac{0{,}0625\,\delta^2}{\nu} -$$

$$- \frac{0{,}25\,\delta^2}{1{,}5\delta^2 + q} - \frac{0{,}140625\,\delta^4}{(1{,}5\,\delta^2 + q)(q^2 + 2{,}125\,\delta^2 q + 0{,}375\,\delta^4)}$$

или после преобразований, с ошибкой не более 1%, получим:

$$[jj \cdot 7n] = \frac{q}{0{,}5\,\delta^2 + q} \cdot n. \tag{19}$$

В табл. 1 приведены значения коэффициентов $[jj \cdot 7n]$, полученных как по формуле (19), так и из решения системы нормальных уравнений по схеме Гаусса, для различных значений n и q.

Таблица 1

Значения коэффициентов $[jj.\,7n]$

$\frac{m_S}{S}$	3		5		8	
	по формуле (19)	по схеме Гаусса	по формуле (19)	по схеме Гаусса	по формуле (19)	по схеме Гаусса
1 : 500 000	0,7593	0,7599	1,2655	1,2654	2,0243	2,0253
1 : 300 000	1,4547	1,4547	2,4247	2,4245	3,8792	3,8791
1 : 100 000	2,6832	2,6847	4,4720	4,4723	7,1552	7,1557

Выражение для квадратичного коэффициента уравнения (11) очень громоздкое, поэтому приведем его в окончательном виде

$$[ll \cdot (7n + 1)] = \frac{0{,}5\,\delta^2\,(0{,}421\,\delta^2 + q)(q - 0{,}125\,\delta^2)}{q\eta} \cdot \frac{n\,(n-1)(2n-1)}{6} +$$

$$+ \frac{\delta^2\,(2{,}11\,\delta^2 + q)(q - 0{,}075\,\delta^2)}{5\nu\,(1{,}5\,\delta^2 + q)} \cdot \frac{n\,(n-1)}{2} + \frac{0{,}75\,\delta^2 q\,(\delta^2 + q)}{\eta\nu} \cdot (2n-1).$$

Последний квадратичный коэффициент эквивалентной системы с достаточной степенью точности определяется из выражения:

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

$$+ \frac{(q - 1{,}28\,\delta^2)(q - 0{,}095\,\delta^2)}{4\,(2\delta^2 + q)}.$$

Вес функции дирекционного угла стороны в середине ряда

Так как уравнения вида (3), (4) и (5) частично независимы, будем иметь:

$$[a_1 f_\alpha]=[a_2 f_\alpha\cdot 1]=[a_3 f_\alpha\cdot 2]=\ldots=[a_k f_\alpha\cdot(k-1)]=-1,$$

$$[b_1 f_\alpha\cdot n]=[b_2 f_\alpha\cdot(n+1)]=\ldots=[b_k f_\alpha\cdot(n+k-1)=+0{,}5\delta,$$

$$[c_1 f_\alpha\cdot 2n]=-\frac{0{,}375\,\delta^3}{1{,}5\,\delta^2+q},\quad [c_2 f_\alpha\cdot(2n+1)]=[c_3 f_\alpha\cdot(2n+2)]=$$

$$=\cdots=[c_k f_\alpha\cdot(2n+k-1)]=-0{,}25\,\delta.$$

Суммарное влияние этих уравнений на величину обратного веса функции дирекционного угла будет равно:

$$\sum_{i=1}^{k}\frac{[a_i f_\alpha\cdot(i-1]^2}{[a_i a_i\cdot(i-1)]}=-0{,}5\,k, \tag{20}$$

$$\sum_{i=1}^{k}\frac{[b_i f_\alpha\cdot(n+i-1)]^2}{[b_i b_i\cdot(n+i-1)]}=-\frac{0{,}25\,\delta^2}{1{,}5\,\delta^2+q}-\frac{0{,}25\,\delta^2}{\eta}\cdot(k-1), \tag{21}$$

$$\sum_{i=1}^{k}\frac{[c_i f_\alpha\cdot(2n+i-1)]^2}{[c_i c_i\cdot(2n+i-1)]}=$$

$$=-\frac{0{,}140625\,\delta^6}{(1{,}5\,\delta^2+q)(q^2+2{,}125\,\delta^2 q+0{,}375\,\delta^4)}-\frac{0{,}0625\,\delta^2}{\nu}\cdot(k-1). \tag{22}$$

Для уравнений (6) и весовой функции дирекционного угла имеем:

$$[d_1 f_\alpha\cdot(3n)]=-0{,}5\,\delta-\frac{0{,}25\,\delta^3}{\eta}-\frac{0{,}5\,\delta q}{\eta}+\frac{0{,}125\,\delta q}{\nu}=-\frac{2}{3}\delta,$$

$$[d_i f_\alpha\cdot(3n+i-1)]_{i=2}^{k}=[d_{i-1} f_\alpha\cdot(3n+i-2)]\cdot\left(1+\frac{0{,}5\,\delta^2 q\nu}{Y}\right).$$

Практически неквадратичные коэффициенты уравнений (6) и весовой функции дирекционного угла равны между собой, поэтому суммарное влияние этих уравнений на обратный вес функции будет равно:

$$\sum_{i=1}^{k}\frac{[d_i f_\alpha\cdot(3n+i-1)]^2}{[d_i d_i\cdot(3n+i-1)]}=-\frac{4\delta^2\,\eta\nu}{9Y}\,k. \tag{23}$$

Коэффициенты уравнений (7) и весовой функции, с ошибкой не более 1—2%, можно принять одинаковыми. Поэтому, опустив ряд преобразований, суммарное влияние этих уравнений на обратный вес функции дирекционного угла можно представить выражением:

$$\sum_{i=1}^{k}\frac{[e_i f_\alpha\cdot(4n+i-1)]^2}{[e_i e_i\cdot(4n+i-1)]}=-\frac{(3{,}41\,\delta^2+q)\,\delta^2\,\nu}{18\,(1{,}74\,\delta^2+q)^2\,(q-0{,}045\,\delta^2)}\cdot k. \tag{24}$$

Уравнения вида (8) и (9) не влияют на точность дирекционного угла стороны в середине ряда, так как

$$[g_i f_\alpha\cdot(5n+i-1)]=[h_i f_\alpha\cdot(6n+i-1)]=0.$$

Для уравнения (10) и весовой функции получим:

$$[j f_\alpha\cdot 7n)=\frac{q}{0{,}5\,\delta^2+q}\cdot k,$$

следовательно,

$$\frac{[jf_\alpha\cdot 7n]^2}{[jj\cdot 7n]}=-\frac{q}{0{,}5\,\delta^2+q}\cdot\frac{k^2}{n}. \qquad (25)$$

Неквадратичный коэффициент уравнения (11) и весовой функции в виде (13) или (15) будет равен:

$$[lf_\alpha\cdot(7n+1)]=-\frac{0{,}5\,\delta q}{0{,}5\,\delta^2+q}\cdot k^2.$$

Величина, вносимая этим уравнением в обратный вес дирекционного угла, определится из выражения:

$$\frac{[lf_\alpha\cdot(7n+1)]^2}{[ll\cdot(7n+1)]}=-\frac{q^3\eta}{3\,(0{,}5\,\delta^2+q)^3\,(q-0{,}10\,\delta^2)}\times\frac{k^2}{n}. \qquad (26)$$

Влиянием уравнения (12) на величину обратного веса функции дирекционного угла можно пренебречь, погрешность при этом не будет превышать 1—2% величины обратного веса.

Зная величины $[f_\alpha f_\alpha]$ и (20), (21), (22), (23), (24), (25), (26), можно получить приближенную формулу обратного веса функции дирекционного угла стороны в середине ряда, которая после ряда преобразований приводится к виду:

$$\frac{1}{P_\alpha}=+\frac{0{,}0765\,q\,(0{,}7\,\delta^2+q)^2}{(0{,}55\,\delta^2+q)^3}\times 2k. \qquad (27)$$

Значения величин $\frac{1}{P_\alpha}$, для различных значений n и q, вычисленные по формуле (27) и полученные из решения систем нормальных уравнений, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения обратных весов $1/P_\alpha$ и $1/P_{\lg s}$ при $m_\beta=1''$

n	$\frac{m_s}{S}$	$\frac{1}{P_\alpha}$ по схеме Гаусса	$\frac{1}{P_\alpha}$ по формуле (27)	$\frac{1}{P_\alpha}$ погрешность, %	$\frac{1}{P_{\lg s}}$ по схеме Гаусса	$\frac{1}{P_{\lg s}}$ по формуле (33)	$\frac{1}{P_{\lg s}}$ погрешность, %
3	1 : 500 000	0,087	0,078	11,5	0,284	0,316	10,1
	1 : 300 000	0,152	0,138	10,1	0,516	0,486	6,2
	1 : 100 000	0,246	0,216	13,9	1,050	1,108	5,2
5	1 : 500 000	0,120	0,130	7,7	0,314	0,321	2,2
	1 : 300 000	0,211	0,230	8,2	0,563	0,517	8,9
	1 : 100 000	0,343	0,360	4,7	1,310	1,435	8,7
8	1 : 500 000	0,200	0,208	3,8	0,318	0,324	1,8
	1 : 300 000	0,353	0,368	4,1	0,590	0,535	10,3
	1 : 100 000	0,564	0,576	2,1	1,478	1,619	8,7

Обратный вес стороны

Для уравнений вида (3), (4) и весовой функции стороны все неквадратичные коэффициенты эквивалентной системы будут равны нулю, за исключением одного:

$$[b_{k+1}f_\alpha\cdot(n+k)]=q,$$

следовательно, величина, вносимая этими уравнениями в обратный вес функции стороны, будет равна:

$$\frac{[b_{k+1} f_a \cdot (n+k)]^2}{[b_{k+1} b_{k+1} \cdot (n+k)]} = -\frac{q^2}{\eta}. \tag{28}$$

Для уравнений (5) и весовой функции стороны получим:

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{[c_i f_a \cdot (2n+i-1)]^2}{[c_i c_i \cdot (2n+i-1)]} = -\frac{0{,}25\, q^2}{\nu}. \tag{29}$$

Неквадратичные коэффициенты уравнений (6) и весовой функции стороны будут иметь вид:

$$[d_k f_a \cdot (3n+k-1)] = q - \frac{q^2}{\eta} - \frac{0{,}25\, q^2}{\nu}, \quad [d_{k+1} f_a \cdot (3n+k)] = -\frac{0{,}5\, \delta^2 q}{\eta},$$

а суммарное влияние уравнений (6) на обратный вес функции стороны, с ошибкой не более 1—3%, определится из выражения:

$$\frac{[d_i f_a \cdot (3n+i-1)]^2}{[d_i d_i \cdot (3n+i-1)]} = -\frac{q^2 (q^2 + 2{,}125\, \delta^2 q + 0{,}375\, \delta^4)}{\eta \nu Y}. \tag{30}$$

Величину, вносимую в обратный вес функции стороны уравнениями (7), получим следующим образом:

$$[e_k f_a \cdot (4n+k-1)] = \frac{(\delta^2 + q)(\delta^2 + 2q)(q^2 + 2{,}125\, \delta^2 q + 0{,}375\, \delta^4)}{\eta Y},$$

$$[e_{k+1} f_a \cdot (4n+k)] = \frac{q^2 (0{,}5\, \gamma^2 + q)(q - 0{,}125\, \delta^2)(g^2 + 2{,}125 \delta^2)(q + 0{,}375\, \delta^4)}{\eta Y} -$$

$$- \frac{0{,}5\, \delta^2 q \nu (\delta^2 + q)(\delta^2 + 2q)}{\eta Y},$$

следовательно, после ряда преобразований получим:

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{[e_i f_a \cdot (4n+i-1)]^2}{[e_i e_i \cdot (4n+i-1)]} = -\frac{0{,}75\, \delta^2 q^2 (0{,}195\, \delta^2 + q)}{3 (1{,}74\, \delta^2 + q)(q - 0{,}04\, \delta^2)}. \tag{31}$$

Уравнения вида (8), (9), (10) и (11) незначительно влияют на обратный вес стороны. Этим влиянием можно пренебрегать, при этом ошибка не превысит 4—5% величины обратного веса.

Для уравнений (12) и весовой функции стороны будем иметь:

$$\frac{[m f_a \cdot (7n+2)]^2}{[mm \cdot (7n+2)]} = -\frac{q^3 (2{,}25\, \delta^2 + q)}{3 \eta \nu (0{,}3 \delta^2 + q)} \times \frac{1}{n}. \tag{32}$$

Зная величины (28), (29), (30), (31), (32) и $[f_a f_a]$, получим приближенную формулу обратного веса функции стороны в середине ряда

$$\frac{1}{P_{\lg s_k}} = \frac{q \eta (q^2 - 1{,}828\, \delta^2 q + 7{,}3155\, \delta^4)}{8{,}889 (1{,}74\, \delta^2 + q)^2 (0{,}44\, \delta^2 + q)} - \frac{q^3 (2{,}25\, \delta^2 + q)}{3 \eta \nu (0{,}3\, \delta^2 + q)} \times \frac{1}{n}. \tag{33}$$

Значения величин $\frac{1}{P_{\lg s}}$, для различных значений n и q, вычисленные по формуле (33) и полученные из решения систем нормальных уравнений по схеме Гаусса, приведены в табл. 2. Как видно из таблицы, обратные веса $\frac{1}{P_{\lg s}}$ и $\frac{1}{P_{\alpha}}$ определяются по формулам (27) и (33) с достаточной степенью точности, следовательно, этими формулами можно пользоваться при предварительной оценке точности несвободных рядов линейно-угловой триангуляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новосельская В. П. Точность цепи линейно-угловой триангуляции. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1964, вып. 1.
2. Новосельская В. П. Оценка точности элементов линейно-углового ряда из геодезических прямоугольников. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1965, вып. 3.
3. Новосельская В. П. Оценка точности элементов линейно-углового ряда, состоящего из ромбов. — «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», 1969, вып. 10.
4. Проворов К. Л. Точность цепи триангуляции с измеренными сторонами и углами. — «Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка», 1959, № 3.
5. Зельдович Я. Б., Мышкис А. Д. Элементы прикладной математики. М., «Наука», 1972.

Работа поступила в редакцию 10 января 1973 года. Рекомендована кафедрой инженерной геодезии Львовского ордена Ленина политехнического института.