

глубокой инверсии ( $c > +0,20$ ), причем отдельные наблюдения проводились при аномальных градиентах, равных градусу, а иногда и больше.

В табл. 2 и 3, кроме вычисленных значений истинного угла наклона, приведены их средние значения, теоретические значения, разность между ними и среднеквадратическая ошибка среднего арифметического  $\sigma$ .

Анализируя эти результаты, приходим к выводу, что для значений, которые не включают пятую группу, расхождения между

Таблица 2

**Вычисления истинных значений углов наклона для результатов, включающих пятую группу**

Пары состояний атмосферы						Значение		
1-5	2-5	3-5	4-5	среднее	теоретическое	Разность	$\sigma$	
-925,6	-928,4	-932,8	-936,4	-930,8	-936,1	-5,3	4,77	
-1448,6	-1450,0	-1453,0	-1454,3	-1451,5	-1453,8	-2,3	2,63	
-1655,9	-1657,5	-1659,7	-1660,9	-1660,9	-1658,5	+0,2	2,23	
-2127,4	-2129,2	-2130,6	-2131,5	-2129,7	-2128,1	+1,6	1,79	
-2403,2	-2404,4	-2406,1	-2406,9	-2405,2	-2402,2	+3,0	1,67	
-2785,1	-2786,2	-2787,2	-2786,7	-2786,3	-2783,9	+2,4	0,90	
-3197,1	-3198,9	-3200,0	-3199,4	-3194,2	-3196,2	+1,0	1,25	
-2918,0	-2917,3	-2918,4	-2917,8	-2916,2	-2916,2	0,47	0,29	
-3652,0	-3652,4	-3652,3	-3652,7	-3652,4	-3651,3	+1,1	0,29	

Таблица 3  
Вычисления истинных значений углов наклона для результатов, не включающих пятую группу

Пары состояний атмосферы						Значение			
1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4	среднее	теоретическое	Разность	$\sigma$
-931,8	-932,5	-931,4	-932,5	-931,5	-932,6	-932,0	-936,1	-4,0	0,55
-1451,8	-1452,8	-1451,6	-1452,8	-1451,7	-1452,9	-1452,3	-1453,8	-1,5	0,63
-1659,5	-1659,6	-1658,6	-1659,6	-1658,9	-1659,7	-1659,3	-1658,7	+0,6	0,45
-2131,3	-2130,5	-2129,6	-2130,5	-2130,1	-2130,5	-2130,4	-2128,1	2,3	0,56
-2405,9	-2405,2	-2405,9	-2405,4	-2406,0	-2405,7	-2402,9	-2406,0	-3,5	0,33
-2787,1	-2786,0	-2787,1	-2787,2	-2786,9	-2786,4	-2783,9	-2786,4	3,0	0,59
-3201,2	-3199,8	-3198,4	-3199,9	-3199,1	-3200,0	-3199,7	-3194,2	5,5	0,94
-2918,5	-2917,3	-2918,1	-2917,3	-2918,2	-2917,2	-2917,8	-2916,8	1,0	0,56
-3652,9	-3652,3	-3652,4	-3652,3	-3652,5	-3652,4	-3651,3	-3652,4	1,1	0,23

истинными углами наклона лежат в пределах  $2,5''$ , а для значений, включающих пятую группу, — примерно  $7,0''$ . Причем для расстояний, меньших одного километра, разности между вычисленными углами наклона и теоретическими как для первой, так и для второй группы, лежат в пределах возможной точности определения превышений между пунктами. С увеличением расстояния разность между истинными углами наклона и теоретическими увеличивается, причем для значений, которые включают пя-

тую группу, это увеличение больше. Последнее можно объяснить тем фактом, что мы при выводе наших формул учитывали только второй член ряда, а для больших расстояний очевидно третий член ряда преенебречь нельзя. Что касается глубокой инверсии, то этот вопрос остается открытым и требует дальнейших исследований.

- Хижак Л. С., Милюка М. А. Об одном частном методе определения световой кривой // Тезисы доклада Всесоюзного совещания по рефракции электромагнитных волн в атмосфере. Томск, 1983. С. 95—97.
- Изотопов А. А., Пелличен Л. П. Тр. ДНИИГИЛ. 1951. Вып. 102.

Статья поступила в редакцию 24. 03. 86

УДК 528.48

В. Д. ЧЕМРАТ

### РАЗРАБОТКА СПОСОБА КОНТРОЛЬНО-МОНТАЖНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ И ОЦЕНКА ЕГО ТОЧНОСТИ

Для контроля монтажа строительных конструкций по углоному отверстию вертикали, створа и горизонтальной плоскости разработан прибор с самоустановляющейся во всех плоскостях линией визирования. Прототипом его является прибор СПГ-1 [2]. Основные отличия нового прибора от существующего заключаются в следующем: визирная ось устанавливается автоматически в вертикальную или горизонтальную плоскости при двух положениях зрительной трубы; зрительная труба нивелира или теодолита изменяется оптическим отвесом или лазерным визиром при измерениях в затемненных помещениях; прибором определяются крен, строительность и горизонтальность контролируемого ряда строительных конструкций.

Рассмотрим схему и принцип действия прибора, оборудованного двусторонним оптическим отвесом. Устройство оптического отвеса подробно изложено в литературе [3, 4, 7]. Его визирный луч веса подобно изложен в литературе [3, 4, 7]. Его визирный луч переключается в надир или зенит. Снабжен двумя взаимно перпендикулярными уровнями с ценой деления  $\tau = 20''$ . Пределы погрешности  $\pm 5$  диоптр. при расстоянии от цели более 0,5 м. Увеличение оптической системы 2,5—8х. Оптический отвес 16 крепится к прибору фиксатором 14 втулки круга 15 (радиус 25, толщина 5 мм). Круг соединен жестко со скользящей оболочкой 9, имеющей форму куба со стороной 70 мм (см. рисунок). Для уравновешивания куба предназначена балансирующая рама 8. Куб состоит из двух разъемных оболочек 11, охватывающих шар 7 (радиус 25 мм) с выступающим хвостовиком 6. Шар свободно скользит в оболочке куба. С помощью груза 1 куб можно повернуть на  $180^\circ$  или установить так, что круг с прикрепленным к нему оптическим центриром займет горизонтальное или вертикаль-

ное положение. При этом линия визирания 17 расположится со-ответственно в горизонтальной или вертикальной плоскостях. Прибор крепится к строительной конструкции 20 сплошным устройством 4, имеющим две пластины (стационарная 3 и по-движная 2) и винт с направляющим штырем 19. Приспособление соединено с хвостовиком винтом 5. Хвостовик можно перемес-тить в горизонтальной плоскости от 0 до  $270^\circ$  или удалить от строительной конструкции на расстояние до 600 мм.

Перед работой требования к прибору следующие:  
При боковом и геометрическом нивелировании линия визиро-вания должна автоматически занимать горизонтальное положе-

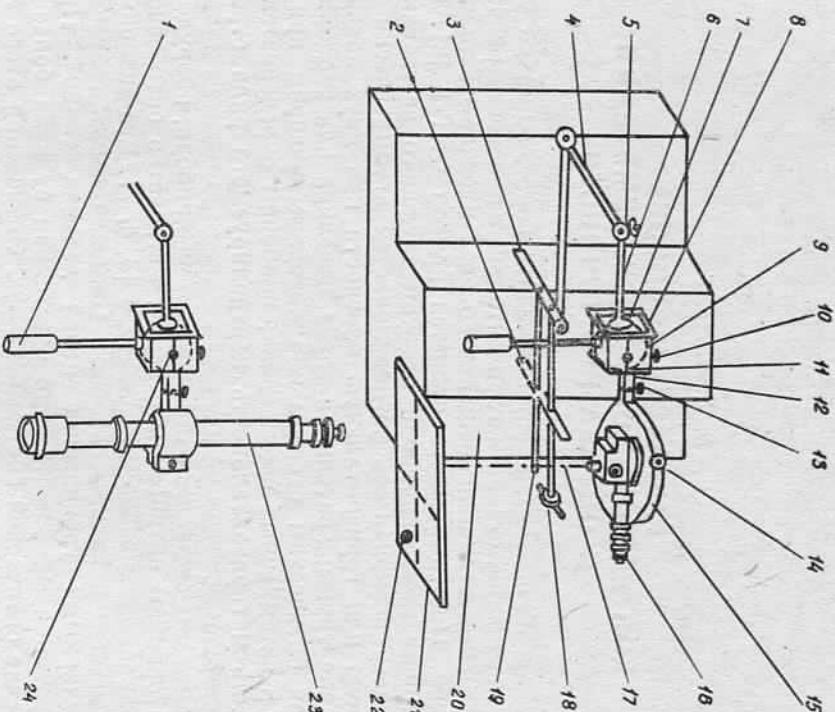


Схема устройства прибора с самоустанавливающейся ли-ней визирания:

1 — груз; 2 — пластина подвижная; 3 — пластина стационарная; 4 — крепежное устройство; 5 — зажимной винт хвостовика; 6 — хвосто-вик; 7 — шар; 8 — балансировочная рама; 9 — скользящая оболо-жка; 10 — стопорный зажим шара; 11 — штург; 12 — штург; 13 — соединяющий винт; 14 — фиксатор втулки опти-ческого отвеса; 15 — купли; 16 — оптический отвес; 17 — линия визи-рования; 18 — винт крепежного устройства; 19 — направляющий штырь крепежного устройства; 20 — тавровая коронка; 21 — палетка; 22 — установочный упор; 23 — зрищевая труба индикатора; 24 — отверстие с резьбой.

где  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  — отклонения выверяемой строительной конструкции по осям соответственно  $X$  и  $Y$ ;  $X_1$ ,  $Y_1$  — отсчеты по палетке, прикладываемой к нижней и  $X_2$ ,  $Y_2$  — верхней части конст-рукции.

Контрольно-монтажные измерения по поперечному свигу ряда конструкций проводим по способу бокового нивелирования. Груз подвешиваем методом ввинчивания к соответствующей грани куба, имеющей боковые отверстия 24 с резьбой. Автоматически уста-новившаяся в горизонтальную плоскость линия визирования фиксируется стопорным винтом 10 шара. Нивелирование выполним способом вперед или из середины. Так как линия визирова-ния проходит на коротком расстоянии от испытуемого ряда эле-ментов строительных конструкций, то влияние боковой рефракции на измерение будет ничтожно мало.

При контроле створности конструкций можно применять не только палетку, но и обычную или Z-образную рейку [8].

Для контрольно-монтажных измерений строительных кон-струкций по высоте, закрытых непрозрачными преградами, ис-пользуется Ч-образная рейка. Методика выверки описана в [9]. Контроль монтажа строительных конструкций прибором, обо-рудованным зрительной трубой нивелира или лазерным визиром, осуществляется аналогично вышепозложенной методике с двусто-ронним оптическим отвесом.

Рассмотрим оценку ожидаемой точности способа определения крена конструкции с применением палетки и прибора, оборудо-

ние. Для поверки устанавливают зрительную трубу по направле-нию стены инженерного сооружения, на которую проецируют и фиксируют точкой положение визирной оси. Затем поворачивают зрительную трубу на  $180^\circ$ , переключают визирный луч по направ-лению стены и замечают его положение вторично. Если намечен-ные на стеле точки совместились, то условие выполнено. В про-тивном случае сетку нитей перемещают на половину расстояния между двумя намеченными точками.

При определении вертикальности строительных конструкций линия визирования должна автоматически занимать вертикальное положение. Эта поверка отличается тем, что зрительную трубу устанавливают вертикально. Линию визирования проецируют и фиксируют на палетке, расположенной в надире. Дальнейшие операции и построения идентичны описанному выше методу. При определении крена прибор крепят к выверяемой конструк-ции. После автоматической установки его в рабочее положение шар закрепляют стопорным винтом 10. Палетка 21 (300×300 мм) с установочным уровнем 22 прикладывается ребром перпендику-лярию к нижней, а затем к верхней частям выверяемой строи-тельной конструкции. Отсчет берут с точностью 0,25 мм по осям абсцисс и ординат ( $X$ ,  $Y$ ). Значение крена вычисляем по фор-мулам

$$K = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}; \quad \Delta X = X_1 - X_2; \quad \Delta Y = Y_1 - Y_2, \quad (1)$$

где  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  — отклонения выверяемой строительной конструкции по осям соответственно  $X$  и  $Y$ ;  $X_1$ ,  $Y_1$  — отсчеты по палетке, прикладываемой к нижней и  $X_2$ ,  $Y_2$  — верхней части конст-рукции.

Фиксируется стопорным винтом 10 шара. Нивелирование выполним способом вперед или из середины. Так как линия визирования проходит на коротком расстоянии от испытуемого ряда эле-ментов строительных конструкций, то влияние боковой рефракции на измерение будет ничтожно мало.

При контроле створности конструкций можно применять не только палетку, но и обычную или Z-образную рейку [8]. Для контрольно-монтажных измерений строительных кон-струкций по высоте, закрытых непрозрачными преградами, ис-пользуется Ч-образная рейка. Методика выверки описана в [9]. Контроль монтажа строительных конструкций прибором, обо-рудованным зрительной трубой нивелира или лазерным визиром, осуществляется аналогично вышепозложенной методике с двусто-ронним оптическим отвесом.

Рассмотрим оценку ожидаемой точности способа определения крена конструкции с применением палетки и прибора, оборудо-

ванием оптическим центриром. Точность способа характеризуется формулой

$$M^K = \sqrt{m_{\Delta X}^2 + m_{\Delta Y}^2}, \quad (2)$$

где  $M^K$ ,  $m_{\Delta X}$ ,  $m_{\Delta Y}$  — средние квадратические ошибки соответственно способа, измерения уклонения выверяемой конструкции по осм абсцисс и ординат.

Так как измерения выполняются одним прибором и палеткой при равных условиях по направлению осей абсцисс и ординат, то примем

$$m_{\Delta X} = m_{\Delta Y} = m_{\Delta}, \quad M^K = m_{\Delta} \sqrt{2} = m \sqrt{4} = 2m, \quad m = \frac{1}{2} M^K = \frac{1}{2} M,$$

$$M = \sqrt{M_1^2 + M_2^2 + M_3^2 + M_4^2 + M_5^2 + M_6^2}, \quad (3)$$

где  $M$ ,  $m$ ,  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ ,  $M_4$ ,  $M_5$ ,  $M_6$  — средние квадратические ошибки соответственно определения крена, взгляда, изготовления прибора, приведения прибора в рабочее положение, собственно измерения, влияния личного фактора и внешних условий, волнистости граней элементов конструкций.

Исходя из принципа равного влияния систематических ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_5$ ) и случайных ( $M_3$ ,  $M_4$ ,  $M_6$ ) ошибок, совместное их влияние не должно превышать следующие допуски:

$$M \leq \sqrt{M_{\text{cr}}^2 + M_{\text{сл}}^2} = M_0 \sqrt{2}, \quad M_0 \leq \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2}}} M = 0,71 M,$$

$$M_{\text{cr}} \leq \lambda N_{\text{cr}} n = 3\lambda n, \quad M_{\text{сл}} \leq \mu \sqrt{N_{\text{сл}} n} = \mu \sqrt{3n},$$

$$\lambda \leq \frac{1}{4,24n} M, \quad \mu \leq \frac{1}{2,45 \sqrt{n}} M, \quad (4)$$

где  $\lambda$ ,  $\mu$  — коэффициенты влияния соответственно систематических и случайных ошибок;  $n$  — количество измерений;  $N_{\text{cr}}$ ,  $N_{\text{сл}}$  — количество систематических и случайных ошибок.

Так как измерения выполняют всегда с контролем, то  $n=2$ ,

$$M_{\text{cr}} = \sqrt{M_1^2 + M_2^2 + M_5^2} = 0,71 M, \quad (5)$$

$$M_{\text{сл}} = \sqrt{M_3^2 + M_4^2 + M_6^2} = 0,71 M. \quad (6)$$

Ошибка изготовления прибора значительно превосходит ошибки приведения его в рабочее положение и влияния внешних условий, а ошибка собственно измерения превышает ошибку влияния личного фактора [8]. Практически можно считать:

$$M_2 = 3M_5, \quad M_1 = 3M_4 = 9M_5, \quad M_3 = 3M_4, \quad M_6 = 4M_4. \quad (7)$$

Тогда систематические и случайные ошибки соответствуют

$$M_{\text{cr}} = 9,54 M_5; \quad (8)$$

$$M_{\text{сл}} = 5,10 M_4. \quad (9)$$

Следовательно,

$$M_4 = \frac{0,71}{5,10} M; \quad (10)$$

$$M_5 = \frac{0,71}{9,54} M. \quad (11)$$

Учитывая, что геодезический контроль монтажа строительных конструкций не должен превышать 33% строительного допуска [8], составляющие компонента средней квадратической ошибки предлагаемого способа можно записать так:

$$M = 0,33 \Delta, \quad M_1 = 0,67 M, \quad M_2 = 0,22 M, \quad M_3 = 0,42 M, \quad (12)$$

где  $\Delta$  — строительный допуск.

Испытаем эти ошибки.

Средняя квадратическая ошибка изготовления прибора определяется формулами

$$M_1^K = \sqrt{m_0^2 + m_{\text{дел}}^2 + m_{\text{ур}}^2}; \quad (13)$$

$$m_{\text{ур}} = \sqrt{m_t^2 (\sec \beta - 1)^2 + l^2 \operatorname{tg}^2 \beta \sec^2 \beta \frac{m_l^2}{l^2}}; \quad (14)$$

$$m_t = m_{\text{ур}} = \frac{M_1^K}{\sqrt{3}} \leq \frac{M_1}{\sqrt{3}}, \quad (15)$$

где  $m_0$ ,  $m_{\text{дел}}$ ,  $m_{\text{ур}}$ ,  $m_t$ ,  $m_\beta$  — средние квадратические ошибки соответственно приведения сетки нитей от руки, нанесения делений на палетку, неперпендикулярности установленного уровня к плоскости палетки, измерения длины  $l$  стороны палетки, определения угла  $\beta$  перпендикулярности.

При  $m_0=0,06$  мм [5],  $m_{\text{дел}}=0,2$  мм,  $m_t=0,64$  мм,  $M_1=1,11$  мм,  $\beta=90^\circ$ ,  $m_\beta=8$  [6],  $m_{\text{ур}}=0,64$  мм,  $M_1^K=0,64$  мм и характеризуется формулой

$$M_1^K = \sqrt{m_t^2 (\sec \beta - 1)^2 + l^2 \operatorname{tg}^2 \beta \sec^2 \beta \frac{m_l^2}{l^2}} + 0,04 \text{ мм}. \quad (16)$$

Средняя квадратическая ошибка приведения прибора в рабочее положение описывается формулами

$$M_2^K = \sqrt{m_{\phi \text{н}}^2 + m_{\phi \text{о}}^2 + m_{\phi \text{н}}^2 + m_{\phi \text{о}}^2}; \quad (17)$$

$$m_{\phi \text{н}} = m_{\phi \text{о}} = \frac{M_2^K}{\sqrt{4}} \leq \frac{M_2}{\sqrt{4}}, \quad (18)$$

где  $m_{\phi \text{н}}$ ,  $m_{\phi \text{о}}$ ,  $m_{\phi \text{н}}$ ,  $m_{\phi \text{о}}$  — средние квадратические ошибки, вызванные соответственно неточной фиксацией прибора, приведением лиции в вертикальную плоскость (обусловленного тре-

нием шарнира), неперпендикулярностью плоскости палетки к линии визирования, фиксацией линии визирования.

При  $m_{\text{пп}} = m_{\text{но}} = m_{\text{уп}} = 0,64 \text{ мм}$ ,  $M_2 = 0,36 \text{ мм}$ ,  $m_{\text{пп}} = m_{\phi} = 0,18 \text{ мм}$   $M_2^K = 0,94 \text{ мм}$  и имеет вид

$$M_2^K = \sqrt{2m_t^2(\sec \beta - 1)^2 + 2l^2 \tg^2 \beta \sec \beta \frac{m_\phi^2}{\rho^2} + 1,39 \text{ мм}^2}. \quad (19)$$

Средняя квадратическая ошибка собственно измерения характеризуется формулами

$$M_3^K = \sqrt{m_\phi^2 + m_{\text{ор}}^2}; \quad (20)$$

$$m_\phi = \frac{3''}{\rho''} (S - S_1);$$

$$m_{\text{ор}} = \frac{2R \sqrt{\xi} V(S - S_1)}{\sqrt{v}}, \quad (22)$$

где  $m_\phi$ ,  $m_{\text{ор}}$  — средние квадратические ошибки соответственно изменения фокусировки за счет разности плеч визирования [1], собственно отсчета;  $S$ ,  $S_1$  — максимальное и минимальное расстояния от прибора до визирной цели;  $R$  — коэффициент, значение которого при определении положения нити в интервале деления шкалы на глаз 0,08;  $\xi$  — деление палетки.  
При  $S=3,0 \text{ м}$ ,  $S_1=1,5 \text{ м}$ ,  $\xi=1,0 \text{ мм}$ ,  $R=0,08$ ,  $V=2,5 \times M_3^K = 0,12 \text{ мм}$  и определяется формулой

$$M_3^K = \sqrt{(S - S_1) \left[ \frac{4R^2 \xi}{V} + \frac{9''}{(\rho'')^2} (S - S_1) \right]}. \quad (23)$$

Средние квадратические ошибки влияния личного фактора, внешних условий и волнистости граней строительных конструкций соответствуют значениям:  $M_5^K = M_5 = 0,12 \text{ мм}$ ,  $M_4^K = M_4 = 0,23 \text{ мм}$ ,  $M_6^K = M_6 = 0,92 \text{ мм}$ .

После подстановки соответствующих значений компонентов в формулу (3), ошибка измерения крена составила  $M=1,5 \text{ мм}$  и характеризуется формулой

$$M = \left[ 3m_t^2(\sec \beta - 1)^2 + 3l \tg^2 \beta \sec^2 \beta \frac{m_\phi^2}{\rho^2} + (S - S_1)^2 \frac{9''}{(\rho'')^2} + \frac{4R^2 \xi (S - S_1)}{V} + 2,34 \text{ мм}^2 \right]^{1/2}. \quad (24)$$

Ошибка контроля монтажа конструкций по одной оси ( $m^K = 1,06 \text{ мм}$ ) и взгляда ( $m_b = 0,75 \text{ мм}$ ) вычислена по формулам

$$M^K = \sqrt{m_{\Delta X}^2 + m_{\Delta Y}^2} = m \sqrt{2}; \quad (25)$$

$$m^K = \sqrt{m_{X_1}^2 + m_{X_2}^2} = \sqrt{m_{Y_1}^2 + m_{Y_2}^2} = 0,71 M^K = m_b \sqrt{2}; \quad (26)$$

$$m_b = \frac{m^K}{\sqrt{2}} = \frac{0,71}{\sqrt{2}} M^K = 0,5 M^K. \quad (27)$$

Для подтверждения теоретической оценки способа выполнено экспериментальное исследование опытного образца прибора. По сплошному разработанной программе каждым из пяти экспериментаторов измерен по 15 раз крен тавровой колонны 24-этажного строящегося жилого здания. Для определения влияния личного фактора на качество измерения принято распределение Фишера, критическая область которого  $F \geq F_a$ , где  $F = \sigma_1 : \sigma_2$ , а  $F_a$  выбрано из статистических таблиц по уровню значимости  $\alpha=0,05$  и числу степеней свободы  $f_1=f_2=q-1$ . Дисперсия вычислена по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{q-1} \left[ \sum K^2 - \frac{(\sum K)^2}{q} \right]}, \quad (28)$$

где  $K$  — крен;  $q$  — количество измерений крена.

Дисперсии по каждому экспериментатору составили: 1,11; 1,24; 1,81; 1,85; 2,11, где  $F=2,11 : 1,11 = 1,9 < F_a = 2,49$ . Отсюда вытекает, что влияние личного фактора на исследуемый незначимо.

Практическая средняя квадратическая ошибка способа, найденная экспериментальным путем ( $M_0 = 1,3 \text{ мм}$ ), имеет вид

$$M_0 = \frac{V|\sigma|}{\sqrt{N_0}}. \quad (29)$$

С учетом теоретической (24) и практической (29) точности, усредненное значение средней квадратической ошибки данного способа ( $M_K = 1,4 \text{ мм}$ ) вычислено по формуле

$$M_K = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(M^K)^2 + M_0^2}. \quad (30)$$

По рассмотренной методике испытан прибор, оборудованный зрительной трубой нивелира и лазерным визиром ЛВ-5М.

В результате теоретического и экспериментального исследования установлено, что точность разработанного способа выверки элементов ( $H=3,0 \text{ м}$ ) ряда ( $S=50,0 \text{ м}$ ) строительных конструкций, основанного на предложенном приборе и оборудованном оптическим отвесом с применением обычной и Ч-образной реек (2,5 мм (по высоте), Z-образной рейки 2,7 мм (по попеченному свигу), палетки 1,4 и 1,1 мм (по вертикали соответственно в двух взаимно перпендикулярных направлениях и по одной оси абсцисс или ординат); зрительной трубой нивелира с установкой на испытуемой точке обычной и Ч-образной реек 1,5 мм (по высоте), Z-образной рейки 1,8 мм (по попеченному свигу), палетки 1,6 и 1,2 мм (по вертикали соответственно крена и по одной оси X или Y); лазерным визиром ЛВ-5М с визуальным отсчетом по Ч- и Z-образной реекам; по высоте 1,2 мм, по попеченному свигу 1,5 мм, по вертикали 1,5 и 1,1 мм (соответственно в двух взаимно перпендикулярных направлениях и по одной оси абсцисс или ординат). Точность предложенного способа соответствует требованиям производства и СНиП. Его эффективность заключается в сниже-

нии себестоимости геодезических измерений, обусловленном исключением из работы дорогостоящих комплексов теодолита и инвентаря, уменьшением количества переносимых геодриболов, сокращением затраты полезного времени, выверкой закрытых непрерывными преградами строительных конструкций, контролем монтажа в затемненных помещениях, обеспечением безопасности работы исполнителей.

1. *Видуев Н. Г., Баран П. И., Войтенко С. П. и др.* Геодезические разведочные работы. М., 1973.
2. *Видуев Н. Г., Грибоедский В. П., Подрезан В. В.* Геодезические работы при крупноплатформенном строительстве. К., 1963.
3. ГОСТ 10529—70. Технология. Типы, основные параметры и технические требования геодезических работ при крупном строительстве. М., 1975.
4. *Даниленко Т. С.* Организация и производство геодезических наблюдений за осадками сооружений геодезическими методами // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 1974. Вып. 1. С. 83—84.
5. *Пилькунов М. Е.* О разработке методики наблюдений за осадками сооружений геодезическими методами // Изв. инженерной геодезии / Пол. ред. Н. Г. Видуева. К., 1978.
6. *Судаков Я. А.* Геодезические работы при возведении крупных промышленных сооружений и высотных зданий. М., 1972.
7. *Чемзат В. Д.* Исследование точности измерительных конструкций методом горизонтального луча // Инженерная геодезия. 1981. Вып. 24. С. 33—36.
8. *Чемзат В. Д.* Исследование точности метода геодезического контроля монтажа конструкций по высоте, закрытых непрозрачными преградами // Инженерная геодезия. 1982. Вып. 25. С. 9—11.

Статья поступила в редакцию 18. 01. 86

УДК 528.235

## ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТИ

По координатам геодезических пунктов можно определить различные элементы сети. Оценку точности этих элементов нужно производить с учетом корреляционной зависимости погрешностей определения координат [1]. В статье, на основании математической интерпретации элементов ковариационной матрицы координат пункта в виде окружности стандартов, предлагаем простой способ оценки точности определения длин сторон и дирекционных углов сети. Показан характер и степень влияния математической корреляции на погрешность таких определений.

Пусть окружность стандартов (рис. 1, a) характеризует погрешность положения определяемого пункта сети относительно исходных. Теоретические основы и способы построения такой окружности, ее ориентирование относительно координатных осей и методика получения по ней необходимой информации подробно изложены в [3, 4]. Для некоторой стороны сети ( $a, s$ ) стандарт расстояния  $\sigma_s$  равен 0—3, а стандарт дирекционного угла  $\sigma_a = \frac{(0-4) \cdot 206265''}{s}$ . Указанные оценки сразу учитывают коэффи-

циент корреляции  $r_{xy}$ , характеризующий тесноту связи ошибок отыскания  $x$  и  $y$  определяемого пункта. Докажем это, помня, что стандарты координат  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  зависят от результатов измерения угловых и линейных элементов сети, например, при вставке пункта геодезической засечкой.

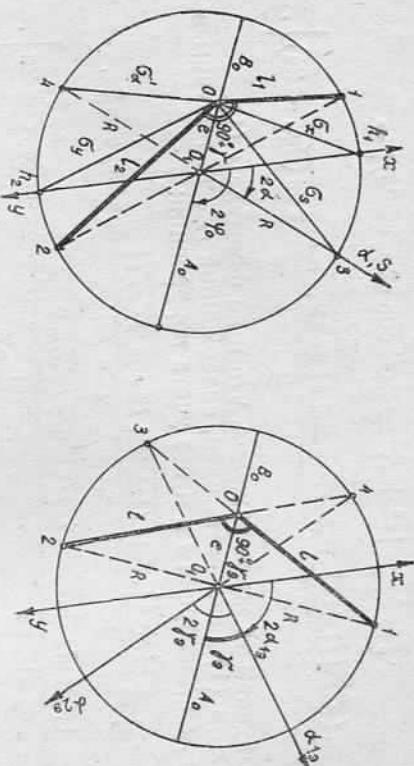


Рис. 1. Окружность стандартов (a) и эквивалентная ей окружность (b).

Стандарты расстояния  $s$  и дирекционного угла  $a$  необходимо вычислять по формулам [1]

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_x^2 \cos^2 a + \sigma_y^2 \sin^2 a + 2r_{xy} \sin a \cos a \sigma_x \sigma_y}, \quad (1)$$

$$\sigma_a = \frac{p''}{s} \sqrt{\sigma_y^2 \cos^2 a + \sigma_x^2 \sin^2 a - 2r_{xy} \sin a \cos a \sigma_x \sigma_y}. \quad (1)$$

Представим входящие в формулы (1) слагаемые следующим образом (рис. 1, a):

$$\sigma_x^2 = e^2 + R^2 + 2eR \cos 2\varphi_0, \quad (2)$$

$$\sigma_y^2 = e^2 + R^2 - 2eR \cos 2\varphi_0,$$

$$2r_{xy} \sin a \cos a \sigma_x \sigma_y = (A_0^2 - B_0^2) \sin 2\varphi_0 \sin a \cos a.$$

В [3] даны зависимости эксцентрикитета  $e$ , радиуса окружности  $R$ , большой  $A_0$  и малой  $B_0$  полуосей эллипса ошибок от величин  $l_1$ ,  $l_2$  и  $\psi$ , с учетом которых формулы (1) после соответствующих преобразований принимают вид

$$\sigma_s^2 = \frac{l_1^2 + l_2^2}{2} + \sqrt{\frac{l_1^4 + 2l_1^2 l_2^2 \cos 2\psi + l_2^4}{2}} \cos(2\varphi_0 - 2a), \quad (3)$$