

Л. И. ИВАНОВА, В. В. СОСНОВЫЙ

### ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ СЪЕМКИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

При строительстве сложных инженерных сооружений для открытий больших пролетов применяются различного типа облодки с криволинейной поверхностью. Обычно такие конструкции располагаются на значительной высоте, иногда непосредственно под ними устанавливается действующее оборудование, например мостовые краны. Исполнительная съемка ответственных сооружений выполняется периодически на различных этапах строительства. Геодезические [2] и фотограмметрические [4] методы исполнительной съемки криволинейных поверхностей основаны на использовании четких контурных или маркированных точек, расположенных в местах с заданными проектными координатами. На практике маркировка затруднена и не всегда может отразить характеристики всей поверхности в целом.

Известны геодезические методы съемки элементов пространственных конструкций вертикального и наклонного сечений, основанные на применении пространственной прямой угловой засечки и использовании характерных линий сооружений: кривых, обрамленных меридиональными сечениями архитектурных облодочек, стьков элементов паркетированных облодочек или швов в монолитных облодочках [1, 3]. Недостатком такого подхода к определению параметров криволинейных поверхностей является предположение, что эти характерные линии представляют собой плоские кривые. В действительности такие кривые могут отклоняться от плоскости. Без учета этого фактора возникают ошибки в определении параметров облодочек.

Цель настоящей работы — теоретические и экспериментальные исследования возможности использования общесоюзной фототеодолитной съемки для определения форм и размеров криволинейных поверхностей без их маркирования.

Объектом исследования служит купол реакторного отделения линейных поверхностей АЭС, представляющей собой шаровой сегмент радиусом 18 м и высотой 6 м. По техническим требованиям исполнителю съемка внутренней поверхности купола выполняется после сборки его на специальной площадке, монтируется та же и бетонирования. Контролируемыми параметрами являются радиус образующей, эксцентриситет и эллипсоидальность. Ребра купола (швелтеры или сварные швы) четко различимы на снимках, что позволяет использовать их при исполнительной съем-

рациональным хозяйством (юго-восточный берег Крыма); III — районы среднего уровня развития (Севастопольский); IV — слаборазвитые районы, в том числе формирующиеся (северо-западное восточное побережье Крыма, предгорный и горный Крым); V — районы отсутствия рекреации, в том числе перспективные для рекреационного освоения (равнинный Крым).

Для повышения эффективности изложенной методики необходим исторический анализ изменения уровня развития рекреации в районе с выделением прогрессивных и регрессивных тенденций. Это позволит в свою очередь сделать более объективными практические выводы по оптимизации рекреационной организации отдыха и туризма.

1. Бахчиев А. З., Головинина Г. И., Лебедев Л. П. Опыт оценки и картографирования производственной сложности. — В кн.: Научно-техническая реферация и методы географического анализа. М., 1977, с. 60—65. 2. Бедина Ю. А. Динамика территориальных рекреационных систем. — М.: Наука, 1977, с. 3. Гавадант М. Оценка территории на примере рекреационной стройки в Бескидском районе. — В кн.: Райональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды. М., 1977, с. 270—279. 4. Назидова Н. В. Информационные меры районирования, взаимосвязи, изменчивости признаков, изображенных на картах. — В кн.: Математические методы в географии. М., 1968, с. 5—18. 5. Кларк Р. Über einige Karten zum Erdumfangswesen in der Bundesrepublik Deutschland. — Raumforschung und Raumordnung, 1977, v. 35, № 5, p. 238—245. 6. Grand Atlas de France. Paris, 1969. — 306 p.

Статья поступила в редакцию 15. 04. 85

ке без дополнительной маркировки. Перечисленные параметры купола однозначно определяются значениями отклонений этих ребер от их теоретического расположения по высоте  $\Delta h$  и отклонениями от вертикальной плоскости  $\delta$  в нескольких точках.

Одно из условий возникновения стереоэффекта при наблюдениях пары снимков — пересечение соответствующих лучей под углом, не превышающим  $16^\circ$ . При съемке криволинейных поверхностей, и в частности внутренней поверхности куполов, это условие

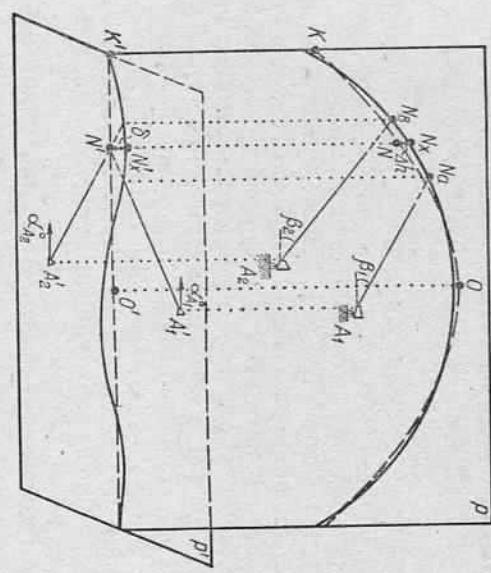


Рис. 1. Ребро купола ОК и его проекция на горизонтальную плоскость  $p$ .

обычно не выполняется. Поэтому измерения можно производить лишь по одиночным снимкам, на которых изображены одноименные ребра.

На рис. 1 представлены одно из ребер купола ОК и его проекция на горизонтальную плоскость  $p$  —  $O'K'$ . Пунктиром показано теоретическое положение этого ребра и его проекция. Проектные координаты  $X_N, Y_N, H_N$  ряда точек каждого ребра рассчитываются по теоретическим параметрам обочочки. Положения станций фотографирования  $A_1, A_2$  определяется в этой же системе координат.

Сущность метода заключается в измерении на стереопарах по одиночным снимкам аппликат  $z_N$  при наведении марки на ребро купола для расчетных значений абсцисс  $x_N$ , которые вычисляются по известным элементам ориентирования и проектным координатам точки  $N$  по формуле

$$x_N = (\cos \omega \cdot f - \sin \omega \cdot z_N^0) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{AN} - \alpha_A^0), \quad (1)$$

где 
$$\alpha_{AN} = \operatorname{arctg} \frac{Y_N - Y_A}{X_N - X_A}; \quad (2)$$

$$z_N^0 = \frac{\operatorname{tg} \beta_{AN} \cdot \cos \omega - \cos(\alpha_{AN} - \alpha_A^0) \cdot \sin \omega \cdot f}{\operatorname{tg} \beta_{AN} \cdot \sin \omega + \cos(\alpha_{AN} - \alpha_A^0) \cdot \cos \omega}; \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \beta_{AN} = \frac{H_N - H_A}{S_{AN}}. \quad (4)$$

После измерения каждого ребра по двум снимкам вычисляют отметки точек  $H_{N_x}$  по формулам (5) — (8), при этом участка ребер  $N_A - N_B$  (см. рис. 1) заменяют прямыми линиями:

$$H_{N_x} = \frac{H_1 + H_2 \cdot K}{1 + K}, \quad (5)$$

$$H_j = H_{A_j} + S_{A_j N} \operatorname{tg} \beta_{A_j N}, \quad (6)$$

$$K = \frac{\sin(\alpha_{A_1 N} - \alpha_{OK}) \cdot \operatorname{tg} \beta_{A_1 N}}{\sin(\alpha_{OK} - \alpha_{A_2 N}) \cdot \operatorname{tg} \beta_{A_2 N}}. \quad (7)$$

Здесь значения  $S_{AN}$  даны определяются путем решения обратной геодезической задачи между точками  $N$  и центрами проекций фотодолгиты  $A_1, A_2$ , а значения  $\operatorname{tg} \beta_{AN}$  вычисляются по формуле

$$\operatorname{tg} \beta_{AN} = \left( \frac{\sin \omega \cdot f + \cos \omega \cdot z_N}{\cos \omega \cdot f - \sin \omega \cdot z_N} \right) \cos(\alpha_{AN} - \alpha_A^0). \quad (8)$$

Значения  $\Delta h$  определяют по разностям проектных и фактических отметок по формуле

$$\Delta h = H_x - H_N. \quad (9)$$

Отклонения от вертикальной плоскости  $\delta$  вычисляют по формуле

$$\delta = \frac{\delta_1 - \delta_2 \cdot K^*}{1 - K^*}, \quad (10)$$

где 
$$\delta_2 = \left( \frac{H_{N_x} - H_{A_j} - S_{A_j N}}{\operatorname{tg} \beta_{A_j N}} \right) \cdot \sin(\alpha_{A_j N} - \alpha_{OK}). \quad (11)$$

$$K^* = \frac{\sin(\alpha_{A_2 N} - \alpha_{OK})}{\sin(\alpha_{A_1 N} - \alpha_{OK})}. \quad (12)$$

Для решения различных инженерных задач от величины  $\delta$  можно перейти к координатам точек  $N_x$  по формулам:

$$X_{N_x} = X_N + \delta \cdot \sin \alpha_{OK}; \quad (13)$$

$$Y_{N_x} = Y_N - \delta \cdot \cos \alpha_{OK}. \quad (14)$$

Для наклонного снимка расчетные значения  $x_N$  зависят от измеренных величин  $z_N$ . Поэтому при измерениях на стереоком-

параторе необходимо использовать метод приближений, т. е. уточнить  $x_N$  по формуле (1). Для этой цели удобно использовать МК БЗ-34, позволяющий вычитать одно приближение за 8 с. Среднее время на измерение и вычисление координат одной точки по программам, составленным по приведенным формулам, 4 мин. Точность определения  $\Delta h$  зависит от погрешностей координат исходных пунктов  $m_{NA}$ ,  $m_p$ , расстояний до наблюдаемых точек

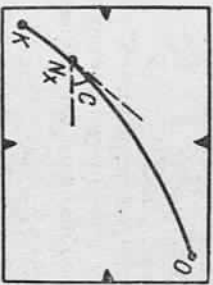


Рис. 2. Изображение ребра купола на фото-теодолитном снимке.

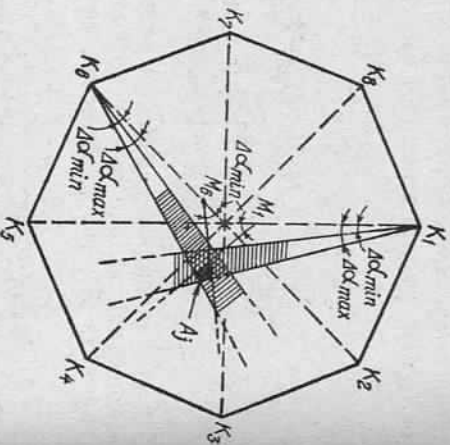


Рис. 3. Определение зоны оптимально-го расположения фотостанций  $A_j$  по предельным углам  $\Delta \alpha$ .

$S_{AN}$ , превышений наблюдаемых точек над исходными пунктами ( $H_N - H_A$ ), погрешностей измерений координат по фотоснимкам  $m_x$ ,  $m_z$  и различных угловых элементов. Средние квадратические погрешности определения  $\Delta h$  рассчитывают по формуле

$$m_{\Delta h} = \sqrt{\frac{m_{\Delta h}^2}{2} + \frac{m_x^2}{2}}, \quad (15)$$

где

$$m_{\Delta h_j} = \sqrt{\frac{m_{H_A}^2}{f^2} + \frac{(H_N - H_A)_j^2 \cdot \cos^4(\alpha_{A_j} - \alpha_{A_j N}) \cdot \text{ctg}^2(\alpha_{A_j N} - \alpha_{OK}) \cdot m_x^2}{f^2} + \frac{S_{A_j N}^2 \cdot T_j^2(C)}{f^2} \cdot m_z^2 + \text{tg}^2 \beta_{A_j N} \cdot m_p^2 + \frac{S_{A_j N}^2 \cdot T_j^2(C)}{f^2} \cdot m_z^2}. \quad (16)$$

Здесь ( $\alpha_{AN} - \alpha_{OK}$ ) — угол, составленный направлением из исходного пункта на наблюдаемую точку и проекцией ребра купола на горизонтальную плоскость (см. рис. 1);  $C$  — угол наклона изображенной на снимке грани купола к оси  $XX$  (рис. 2). При  $C \leq 45^\circ$  принимаем коэффициент  $T(C)$  равным единице, а при  $C > 45^\circ$   $T(C) = \text{tg } C$ .

Учет ошибки, возникающей в  $\Delta h$  из-за замены участка ребра  $NA - N_B$  (см. рис. 1) прямой линией, можно осуществить следующим образом. Задаваясь допустимым значением стрелы сегмента  $\delta_n$ , рассчитываем допустимую величину  $\delta$  по формуле

$$\delta_{\text{доп}} \leq \sqrt{R^2 - (R - \delta_n)^2} \cdot \text{tg}(\alpha_{AN} - \alpha_{OK}), \quad (17)$$

где  $R$  — радиус образующей купола. При  $\delta > \delta_{\text{доп}}$  измерения данной точки повторяют, принимая теоретические координаты точки  $N$  равными вычисленным координатам точки  $N_x$ , уменьшая таким образом участок ребра  $NA - N_B$  (см. рис. 1).

Расчет средней квадратической погрешности определения  $\delta$  выполняю по формуле

$$m_\delta = \sqrt{\frac{m_{\delta_1}^2 + m_{\delta_2}^2}{2}}, \quad (18)$$

где

$$m_{\delta_j} = \frac{\sin(\alpha_{A_j N} - \alpha_{OK})}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{m_{\Delta h}^2 \text{ctg}^2 \beta_{A_j N} + m_p^2}. \quad (19)$$

Используя принцип равных влияний, рассчитаем оптимальные параметры фотосъемки для заданных средних квадратических погрешностей  $m_{\Delta h}$  и  $m_\delta$

$$\text{tg}(\alpha_{A_j N} - \alpha_{OK})_{\text{min}} = \frac{\sqrt{2}(H_N - H_A) \cos^2(\alpha_{A_j} - \alpha_{A_j N})}{f \cdot m_{\Delta h}} m_x; \quad (20)$$

$$\sin(\alpha_{A_j N} - \alpha_{OK})_{\text{max}} = \frac{2m_\delta}{\sqrt{m_{\Delta h}^2 \cdot \text{ctg}^2 \beta_{A_j N} + m_p^2}}; \quad (21)$$

$$S_{\text{max}} = \frac{m_{\Delta h} \cdot f}{\sqrt{2} \cdot m_z \cdot T(C)}; \quad (22)$$

$$m_p = m_{NA} = \frac{m_{\Delta h}}{t}. \quad (23)$$

Здесь  $t=2$  при вероятности  $p=0,95$ .

**Пример.** При  $m_{\Delta h} = m_\delta = 2$  мм;  $(H_N - H_A) = 4$  м;  $\beta = 15^\circ$ ;  $(\alpha_{AN} - \alpha_{OK}) = 30^\circ$ ;  $f = 100$  мм;  $m_x = m_z = 0,01$  мм;  $T(C) = 1$  получим

$$m_p = m_{NA} = 1,0 \text{ мм}; \quad (\alpha_{AN} - \alpha_{OK})_{\text{min}} = 15^\circ; \\ (\alpha_{AN} - \alpha_{OK})_{\text{max}} = 27,4^\circ; \quad S_{\text{max}} = 14 \text{ м}.$$

Зоны оптимального расположения фотостанций при съемке внутренней поверхности купола определяют путем отложения предельных значений углов для крайних точек  $K$  и  $M$  каждого ребра купола на масштабированной схеме (рис. 3). Данный расчет позволяет выбрать минимальное количество фотостанций для максимального продвига работ при заданной точности определения параметров купола.

Для экспериментальных исследований предложенного метода выполнена фотосъемка внутренней поверхности купола при наклонном положении камеры УМК 10/1318 с нескольких пунктов, расположенных симметрично центру сооружения. При этом одноименные ребра купола изообразились на четырех снимках, что позволило дважды определить значения  $\Delta\mu$  и  $\delta$  для каждой точки  $M$ . Оценка точности произведена по разностям двойных измерений для 36 точек одного ребра, расположенных на четырех участках

Теоретические и эмпирические средние квадратические погрешности определения  $\Delta\mu$  и  $\delta$

Интервал	Теоретические				Эмпирические	
	$m_{\Delta\mu}$ , мм	$m_{\delta}$ , мм	$m_{\Delta\mu}$ , мм	$m_{\delta}$ , мм	Количество точек	$S_{\Delta\mu}$ среднее, м
1	1,28	1,10	0,77	0,35	6	8,7
2	1,48	1,42	0,98	0,56	13	11,0
3	1,61	1,55	1,20	1,50	11	12,5
4	5,40	3,03	16,1	18,9	6	19,0

с различными характеристиками. В таблице сравниваются эмпирические значения средних квадратических погрешностей  $m_{\Delta\mu}$  и  $m_{\delta}$  с величинами, рассчитанными по формулам (15) и (18). Для участка № 4 угол  $C = 70^\circ$ .

Для повышения точности определения параметров купола необходимо вводить поправки в фокусное расстояние камеры за непрямоугольные элементы внешнего ориентирования по фотографиям контрольных направлений [7], а также выполнять анализ данных экспериментальных исследований [6].

Разработанный метод позволяет определять параметры криволинейных поверхностей при использовании характерных линий сооружений, расположенных в вертикальных плоскостях с заданной точностью.

Незначительный объем полевых работ при использовании данного метода, по сравнению с известными, обеспечивает непрерывную инженерных сооружений процессов при строительстве и эксплуатации, использование ЭВМ для вычислений позволяет оперативно получать информацию о состоянии сооружения.

1. Баран П. И., Ницабаев Н., Давлатов Ш. Съемка недоступных вертикальных кривых. — Инж. геодезия, 1975, вып. 17, с. 98—106. 2. Войченко С. П., из обобщен. — Инж. геодезия, 1978, вып. 21, с. 100—104. 3. Войченко С. П., Колесник И. Н. Геодезическая съемка элементов пространственных конструкций наклонного сечения. — Инж. геодезия, 1979, вып. 22, с. 75—78. 4. Круме-инженерных сооружений фотограмметрическим методом. — Геодезия и картография, 1979, № 2, с. 48—49. 5. Сердюков В. М. Фотограмметрия в инженерно-

строительном деле. — М.: Недра, 1970. — 136 с. 6. Сердюков В. М. Фотограмметрия в промышленном и гражданском строительстве. — М.: Недра, 1977. — 245 с. 7. Смирнов Е. И. Зависимость между координатами точек снимка и координатами углов, измеренными с концов базиса. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1983, вып. 38, с. 141—144.

Статья поступила в редакцию 30. 04. 85

УДК 528.711.1

Е. И. СМЕРНОВ

### О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИИ КОРРЕКТУРНЫХ НАПРАВЛЕНИИ ПРИ ФОТОТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКЕ

Одним из важнейших факторов, обуславливающих использование какой-либо методики, является требуемая точность определения исходных величин и разработка работоспособной технологии их получения. В связи с этим при разработке аналитического способа обработки фототеодолитных снимков с использованием корректурных направлений перед нами стала задача определения необходимой точности угловых измерений, выполняемых в процессе подготовки геодезического обеспечения фототеодолитной съемки.

Задача сводится к определению зависимости допустимых ошибок измерений горизонтальных и вертикальных корректурных направлений от требуемой точности получения координат точек фототеодолитных снимков. Для этого использованы формулы\*, объединяющие параметры:

$$\begin{aligned} x &= f \frac{a_1 \sin \lambda + b_1 \cos \lambda + c_1 \operatorname{tg} \beta}{a_2 \sin \lambda + b_2 \cos \lambda + c_2 \operatorname{tg} \beta}, \\ z &= f \frac{a_3 \sin \lambda + b_3 \cos \lambda + c_3 \operatorname{tg} \beta}{a_4 \sin \lambda + b_4 \cos \lambda + c_4 \operatorname{tg} \beta}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x, z$  — измеренные координаты точек фототеодолитных снимков;  $f$  — фокусное расстояние камеры;  $a_i, b_i, c_i$  — направляющие косинусы, являющиеся функциями от угловых элементов внешне ориентирования;  $\lambda$  и  $\beta$  — соответственно горизонтальное и вертикальное корректурные направления, измеренные с концов базиса на замаркированные или легко определяемые на снимках точки. Корректурные направления должны быть предварительно исправленные за внешнюю перспективу передней узловой точки объектива\*.

Учитывая, что при наземной стереофотограмметрической съемке элементы  $\omega$  и  $\kappa$ , как правило, близки к нулю, запишем направ-

\* Смирнов Е. И. Зависимость между координатами точек снимка и корректурными углами, измеренными с концов базиса. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1983, вып. 38, с. 141—144.

Для экспериментальных исследований предложенного метода выполнена фотообъемка внутренней поверхности купола при наклонном положении камеры УМК 10/1318 с нескольких пунктов, расположенных симметрично центру сооружения. При этом одинаковые ребра купола изобразились на четырех снимках, что позволило дважды определить значения  $\Delta h$  и  $\delta$  для каждой точки  $N$ . Оценка точности произведена по разностям двойных измерений для 36 точек одного ребра, расположенных на четырех участках

Теоретические и эмпирические средние квадратические погрешности определения  $\Delta h$  и  $\delta$

Интервал	$m_{\Delta h}^2$ , мм	$m_{\delta}^2$ , мм	$m_{\Delta h}$ , мм	$m_{\delta}$ , мм	Количество точек	$S_{\Delta h}$ среднее, м
1	1,28	1,10	0,77	0,35	6	8,7
2	1,48	1,42	0,98	0,56	13	11,0
3	1,61	1,55	1,20	1,50	11	12,5
4	5,40	3,03	16,1	18,9	6	19,0

с различными характеристиками. В таблице сравниваются эмпирические значения средних квадратических погрешностей  $m_{\Delta h}$  и  $m_{\delta}$  с величинами, рассчитанными по формулам (15) и (18). Для участка № 4 угол  $C = 70^\circ$ .

Для повышения точности определения параметров купола необходимо вводить поправки в фокусное расстояние камеры за непряжик [5], в угловые элементы внешнего ориентирования по измерениям контрольных направлений [7], а также выполнять фотографиярование на две и более фотопластинки [6].

Из анализа данных экспериментальных исследований следует: разработанный метод позволяет определять параметры криволинейных поверхностей при использовании характерных линий сооружений, расположенных в вертикальных плоскостях с заданной точностью;

незначительный объем полевых работ при использовании данного метода, по сравнению с известными, обеспечивает непрерывность технологических процессов при строительстве и эксплуатации инженерных сооружений;

использование ЭВМ для вычислений позволит оперативно получать информацию о состоянии сооружения.

1. Баран П. И., Нишанбаев Н., Давлатов Ш. Съемка недоступных вертикальных крыш. — Инж. геодезия, 1975, вып. 17, с. 98—106. 2. Волынец С. П., Колесник И. Н. Методика геодезического обеспечения возведения сооружений из облодчек. — Инж. геодезия, 1978, вып. 21, с. 100—104. 3. Волынец С. П., Колесник И. Н. Геодезическая съемка элементов просторазличных конструкций наклонного сечения. — Инж. геодезия, 1979, вып. 22, с. 75—78. 4. Кружалец В. А., Иванова Л. И., Дерех З. Д. Определение формы вантовых покрытий инженерных сооружений фотограмметрическим методом. — Геодезия и картография, 1979, № 2, с. 48—49. 5. Сердюков В. М. Фотограмметрия в инженерно-

строительном деле. — М.: Недра, 1970. — 136 с. 6. Сердюков В. М. Фотограмметрия в промышленном и гражданском строительстве. — М.: Недра, 1977. — 245 с. 7. Смирнов Е. И. Зависимость между координатами точек снимка и координатами углов, измеренными с концов базиса. — Геодезия, картография и аэрофотообъемка, 1983, вып. 38, с. 141—144.

Статья поступила в редколлегию 30. 04. 85

УДК 528.711.1

Е. И. СМЕРНОВ

### О ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ КОРРЕКТУРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПРИ ФОТОТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКЕ

Одним из важнейших факторов, обуславливающих использование какой-либо методики, является требуемая точность определения исходных величин и разработка работоспособной технологии их получения. В связи с этим при разработке аналитического способа обработки фототеодолитных снимков с использованием корректурных направлений перед нами стала задача определения необходимой точности угловых измерений, выполняемых в процессе подготовки геодезического обеспечения фототеодолитной съемки.

Задача сводится к определению зависимости допустимых ошибок измерений горизонтальных и вертикальных корректурных направлений от требуемой точности получения координат точек фототеодолитных снимков. Для этого использованы формулы\*, объединяющие параметры:

$$\begin{aligned} x &= f \frac{a_1 \sin \lambda + b_1 \cos \lambda + c_1 \operatorname{tg} \beta}{a_2 \sin \lambda + b_2 \cos \lambda + c_2 \operatorname{tg} \beta}, \\ z &= f \frac{a_3 \sin \lambda + b_3 \cos \lambda + c_3 \operatorname{tg} \beta}{a_2 \sin \lambda + b_2 \cos \lambda + c_2 \operatorname{tg} \beta}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x, z$  — измеренные координаты точек фототеодолитных снимков;  $f$  — фокусное расстояние камеры;  $a_i, b_i, c_i$  — направляющие косинусы, являющиеся функциями от угловых элементов внешне ориентирования;  $\lambda$  и  $\beta$  — соответственно горизонтальное и вертикальное корректурные направления, измеренные с концов базиса на замаркированные или легко определяемые на снимках точки. Корректурные направления должны быть предварительно исправленные за внецентренность передней узловой точки объектива\*.

Учитывая, что при наземной стереофотограмметрической съемке элементы  $\omega$  и  $\kappa$ , как правило, близки к нулю, запишем направ-

\* Смирнов Е. И. Зависимость между координатами точек снимка и корректурными углами, измеренными с концов базиса. — Геодезия, картография и аэрофотообъемка, 1983, вып. 38, с. 141—144.