Министерство строительства и эксплуатации автомобильных дорог РСФСР

Государственный дорожный проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт Гипродорнии.

УКАЗАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ НАЗЕМНОЙ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В ИЗЫСКАНИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Утверждены Минавтодором РСФСР

Протокол № 3 от 26 января 1976 г.

(Вводятся впервые)

Москва 1977

gost.e-ecolog.ru

В Гипродорнии в 1971–1975 гг. проведены научно-исследовательские работы, направленные на совершенствование методов изысканий автомобильных дорог с использованием фототеодолитной съемки. Разработан ряд новых аналитических способов, алгоритмов и программ для ЭВМ типа БЭСМ-4, М-222, Наири-С, позволяющих значительно сократить сроки проведения полевых геодезических работ по обоснованию съемки и упростить камеральные фотограмметрические процессы.

В настоящих "Указаниях" изложены методы и приемы полевых и камеральных работ, описаны современные технологические схемы производства фототеодолитной съемки, инструменты и приборы, а также определена рациональная сфера применения этого метода.

Методика полевых и камеральных работ стереофотограмметрической съемки излагается с учетом специфики автодорожных изысканий. Поэтому, кроме общих зависимостей и положений метода, описываются способы аналитических решений задач полевых и камеральных процессов при помощи ЭВМ, приемы измерений по стереомодели местности элементов трассы и инженерных сооружений, составление топопланов, фронтальных планов, продольных профилей и поперечников, а также методы перенесения проекта в натуру с использованием фототеодолитных снимков.

Данные "Указания" составлены в секторе изысканий и проектирования автодорог Гипродорнии канд.техн.наук Г.П.Кудрявцевым, ст.науч.сотр. О.Б.Масловским, канд.тех.наук П.Н.Бруевичем под общей редакцией Г.П.Кудрявцева.

Замечания и предложения просим направлять по адресу: 109089, Москва, Ж-89, наб.Мориса Тореза, 34, Гипродорнии.

Зам.директора по научной работе доцент,
канд.техн.наук А.П.ВАСИЛЬЕВ

I. ОСНОВЫ НАЗЕМНОЙ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

I.I. Основные положения, фототеодолиты и принадлежности

I.I.I. Наземную стереофотограмметрическую (фототеодолитную) съемку применяют при изысканиях новых и реконструкции существующих автомобильных дорог на стадиях технического проекта и рабочих чертежей, а также для съемок инженерных сооружений и участков местности в целях определения габаритных размеров, величин деформации и осадок, объемов земляных масс.

I.I.2. Фототеодолитной съемкой покрывают отдельные сложные участки проектируемой трассы, связанные со значительными трудностями в проведении тахеометрической и мензульной съемок. Такими участками могут быть территории: скальных прижимов и узких каньонообразных ущелий; крутых морских, озерных и речных берегов; осыпей и оползневых участков; мостовых переходов с высокими крутыми берегами; промышленных застроенных площадок (ДСУ, автовокзалов, карьеров и т.п.); существующих мостов и транспортных развязок; путевого развития железнодорожных станций и т.д.

Фототеодолитную съемку применяют для получения крупномасштабных топографических планов на участках местности, где аэрофотосъемочные материалы не обеспечивают необходимой детализации и точности, а также для создания планово-высотного обоснования аэрофотосъемки.

I.I.3. Полевые материалы фототеодолитной съемки используют для составления в камеральных условиях крупномасштабных топографических планов, фронтальных топо- и фотопланов, для создания профильных разрезов, продольных и поперечных профилей по заданным направлениям при проектировании трассы, для определения интенсивности и режимов движения транспорта на существующих дорогах.

I.2. Системы координат. Элементы ориентирования. Связь между координатами точек снимка и местности

I.2.I. В основу метода наземной стереофотограмметрической съемки положены геометрические соотношения между положением определяемых точек местности и их изображениями на снимках, составляющих стереопару.

При стереофотограмметрических измерениях для выражения пространственного положения определяемой точки в правой прямоугольной системе координат оси $Z\varphi$ и $X\varphi$ фотограмметрической системы совмещают с соответствующими проекциями осей снимка, а ось $Y\varphi$ располагают вдоль оптической оси фотокамеры.

Положение снимка относительно систем координат определяется элементами внутреннего (эво) и внешнего ориентирования (ЭВО). К первой группе элементов, определяющей положение центра проекции относительно снимка, относят фокусное расстояние камеры $f_к$ и координаты x_o и z_o главной точки О (рис. I), которая является началом картинной системы координат снимка - oxz.

Положение в пространстве связки лучей в момент фотографирования определяют геодезической системой координат $oxyz$ или ЭВО, состоящей из координат точки фотографирования X_s, Y_s, Z_s дирекционного угла δ оптической оси фотокамеры, угла наклона оптической оси ω и угла поворота $\varkappa$ снимка (рис. 2).

Положение одиночного снимка будет определено, если известны шесть элементов ориентирования:

$$f_к, x_o, z_o, X_s, Y_s, Z_s, \delta, \omega, \varkappa.$$

Так как съемку с концов базиса производят одной и той же камерой, то эво пары снимков можно считать одинаковыми.

Положение пары снимков определяют три элемента внутреннего и I2 внешнего ориентирования:

$$f_к, x_o, z_o, X_{s1}, Y_{s1}, Z_{s1}, \delta_1, \omega_1, \varkappa_1, X_{s2}, Y_{s2}, Z_{s2}, \delta_2, \omega_2, \varkappa_2.$$

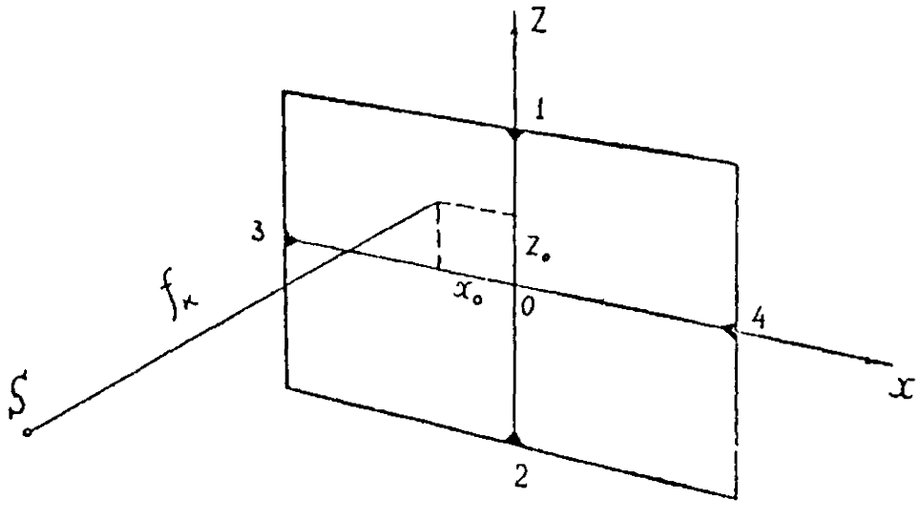

Z
1
3
Z_0
$f_к$
x_0
0
4
S
x
2

Рис.I

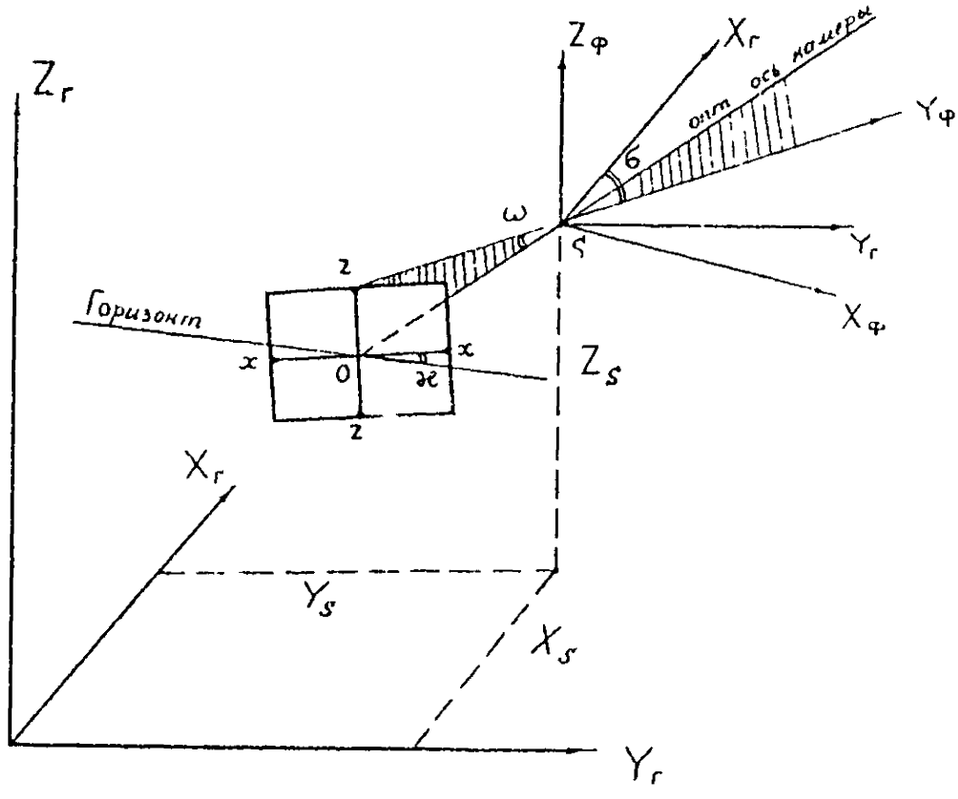

Z_r
$Z_ф$
X_r
опт ось камеры
$Y_ф$
б
ω
Y_r
S
$X_ф$
z
Горизонт
x
x
0
ж
Z_s
z
X_r
Y_s
X_s
Y_r

Рис.2

Применяют также систему элементов внешнего ориентирования, исключающую определение координат правого центра фотографирования: $X_S, Y_S, Z_S, \alpha_B, \varphi, \omega, \varkappa, B, \Delta H, \gamma, \omega_2, \varkappa_2$,

где α_B – дирекционный угол базиса;

φ – горизонтальный угол в левом конце базиса, образованный базисом и оптической осью камеры;

B – горизонтальное проложение базиса;

ΔH – превышение правого конца базиса относительно левого;

γ – угол конвергенции, горизонтальный угол между направлениями оптических осей в концах базиса.

I.2.2. При нормальном случае съемки зависимость между фотограмметрическими координатами точек местности и координатами их изображений на снимках выражают следующими формулами:

$$\left.\begin{aligned} Y_\varphi &= \frac{B \cdot f_K}{p}; \\ X_\varphi &= Y_\varphi \frac{x_1}{f_K} = \frac{B x_1}{p}; \\ Z_\varphi &= Y_\varphi \frac{z_1}{f_K} = \frac{B z_1}{p} \end{aligned}\right\}, \qquad (1)$$

где x_1, z_1 – координаты определяемой точки на левом снимке;

$p = x_1 - x_2$ – горизонтальный (продольный) параллакс определяемой точки;

x_2 – абсцисса точки на правом снимке.

I.2.3. При равноотклоненном случае съемки:

$$\left.\begin{aligned} Y_\varphi &= B \frac{f_K}{p}\left(\sin\varphi - \frac{x_1}{f_K}\cos\varphi\right); \\ X_\varphi &= B \frac{x_1}{p}\left(\sin\varphi - \frac{x_2}{f_K}\cos\varphi\right) = \frac{x_1}{f_K} \cdot Y_\varphi; \\ Z_\varphi &= B \frac{z_1}{p}\left(\sin\varphi - \frac{x_2}{f_K}\cos\varphi\right) = \frac{z_1}{f_K} \cdot Y_\varphi \end{aligned}\right\}, \qquad (2)$$

где φ – угол между направлениями оптической оси фотокамеры и базиса фотографирования.

Или

$$\left.\begin{aligned} Y_\varphi &= \frac{B}{p} f_K\left(\cos\varphi' \pm \frac{x_2}{f_K}\sin\varphi'\right); \\ X_\varphi &= \frac{B}{p} x_1\left(\cos\varphi' \pm \frac{x_2}{f_K}\sin\varphi'\right) = \frac{x_1}{f_K} Y_\varphi; \\ Z_\varphi &= \frac{B}{p} z_1\left(\cos\varphi' \pm \frac{x_2}{f_K}\sin\varphi'\right) = \frac{z_1}{f_K} Y_\varphi, \end{aligned}\right\} \qquad (2^I)$$

где φ' – угол отклонения оптической оси от нормали к базису фотографирования.

I.2.4. При равнонаклоненном случае съемки:

$$\left.\begin{aligned} X_\varphi &= N \cdot x_1 ; \\ Y_\varphi &= N \cdot (f_K \cdot \cos\omega - z_1 \sin\omega), \\ Z_\varphi &= N \cdot (f_K \sin\omega + z_1 \cos\omega), \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

где

$$N = B \frac{f_K \cdot \cos\omega - x_2 \sin\omega}{P \cdot f_K \cdot \cos\omega + (x_1 \cdot x_2 - x_1 z_2) \sin\omega} . \qquad (4)$$

Или

$$N = \frac{B f_K - x_2 \Delta H \sin\omega}{f_K \cdot P} .$$

I.2.5. Связь между координатами точек снимка и местности в общем случае съемки выражается зависимостями:

$$\left.\begin{aligned} X_\varphi &= N \cdot X' , \\ Y_\varphi &= N \cdot Y' , \\ Z_\varphi &= N \cdot Z' , \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

где

$$\left.\begin{aligned} X' &= a_1 x_1 + a_2 f_K + a_3 z_1 ; \\ Y' &= b_1 x_1 + b_2 f_K + b_3 z_1 ; \\ Z' &= c_1 x_1 + c_2 f_K + c_3 z_1 \end{aligned}\right\} . \qquad (6)$$

Величины $a_{I,2,3}$, $b_{I,2,3}$ и $c_{I,2,3}$ / – направляющие косинусы, являющиеся функциями угловых элементов внешнего ориентирования в принятой фотограмметрической системе координат:

$$
\begin{aligned}
a_I &= \cos\alpha \cdot \cos\varkappa - \sin\alpha \cdot \sin\omega \cdot \sin\varkappa ;\\
a_2 &= \sin\alpha \cdot \cos\omega ;\\
a_3 &= -\cos\alpha \cdot \sin\varkappa - \sin\alpha \cdot \sin\omega \cdot \cos\varkappa ;\\
b_I &= -\sin\alpha \cdot \cos\varkappa - \cos\alpha \cdot \sin\omega \cdot \sin\varkappa ;\\
b_2 &= \cos\alpha \cdot \cos\omega ;\\
b_3 &= \sin\alpha \cdot \sin\varkappa - \cos\alpha \cdot \sin\omega \cdot \cos\varkappa ; \qquad (7)\\
c_I &= \cos\omega \cdot \sin\varkappa ;\\
c_2 &= \sin\omega ;\\
c_3 &= \cos\omega \cdot \cos\varkappa ,
\end{aligned}
$$

где α - угол поворота оптической оси фотокамеры в горизонтальной плоскости.

Величину N в зависимости от пространственного положения базиса фотографирования в базисной системе фотограмметрических координат выражают через координаты левого (верхнего) центра фотографирования и соответствующие координаты определяемой точки в системах левого (верхнего) и правого (нижнего) снимков, т.е.

$$N = \frac{B_x \cdot Y_n - B_y \cdot X_n}{X_n \cdot Y_n - X_n \cdot Y_n} , \qquad (8)$$

где $B_x = B \cdot \sin\varphi ;$

$B_y = B \cdot \cos\varphi .$

I.2.6. Фотограмметрические $X_\varphi, Y_\varphi, Z_\varphi$ и геодезические X_r, Y_r, Z_r координаты точек связаны следующими зависимостями:

(9)

$$\left.\begin{aligned} X_r &= X_{s1r} + Y_\varphi \cos\sigma_1 - X_\varphi \cdot \sin\sigma_1; \\ Y_r &= Y_{s1r} + Y_\varphi \sin\sigma_1 + X_\varphi \cdot \cos\sigma_1; \\ Z_r &= Z_{s1r} + Z_\varphi + \Delta H_R \end{aligned}\right\}, \qquad (9)$$

где $X_{s1r}, Y_{s1r}, Z_{s1r}$ – геодезические координаты левого конца базиса фотографирования;

σ_1 – дирекционный угол оптической оси фотокамеры на левом конце базиса;

ΔH_R – поправка за кривизну Земли и рефракцию.

Для перехода от геодезических координат к фотограмметрическим используют формулы:

$$\left.\begin{aligned} X_\varphi &= (Y_r - Y_{s1r})\cos\sigma_1 - (X_r - X_{s1r})\sin\sigma_1; \\ Y_\varphi &= (X_r - X_{s1r})\cos\sigma_1 + (Y_r - Y_{s1r})\sin\sigma_1; \\ Z_\varphi &= Z_r - Z_{s1r} - \Delta H_R. \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

При обработке снимков на универсальных приборах задача перехода от фотограмметрических координат к геодезическим решается механически.

В общем случае съемки для определения геодезических координат точки местности необходимо найти направляющие косинусы для левого и правого снимков, вычислить пространственные координаты определяемой точки на них используя предварительно измеренные плоские координаты определяемой точки и геодезические координаты точек местности.

I.3. Виды фототеодолитной съемки

В зависимости от пространственного положения фотопластинки в момент экспонирования различают пять основных случаев фототеодолитной съемки: нормальный, равноотклоненный, равнонаклоненный, конвергентный и общий.

При нормальном случае съемки (рис. 3) оптические оси фотокамеры на обоих концах базиса фотографирования горизонтальны и перпендикулярны ему, а оси xx фотоснимков горизонтальны, т.е. $\varphi_1' = \varphi_2' = 0$; $\omega_1 = \omega_2 = 0°$; $\varkappa_1 = \varkappa_2 = 0°$.

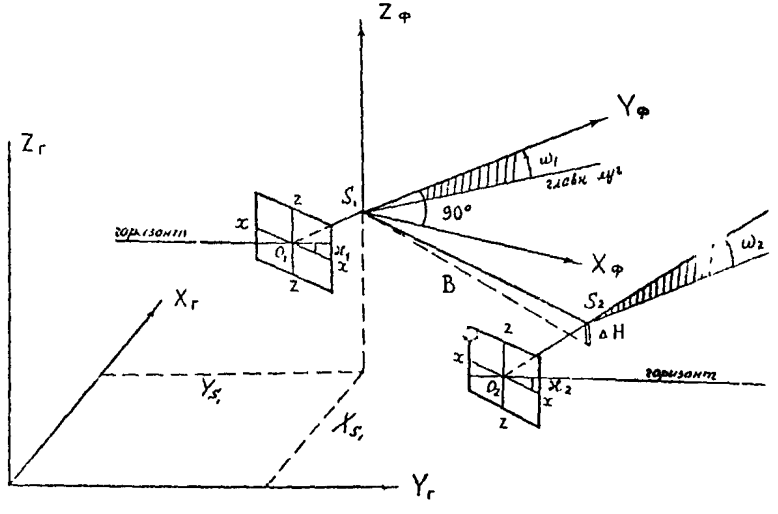


Рис.3

В равноотклоненном случае съемки (рис. 4) оптические оси фотокамер горизонтальны и параллельны между собой, но составляют с базисом фотографирования угол, отличающийся от 90^0. Оси снимков горизонтальны, т.е.

$$\varphi_1' = \varphi_2 \neq 0° \; ; \; \omega_1 = \omega_2 = 0° \; ; \; \varkappa_1 = \varkappa_2 = 0°.$$

В равнонаклоненном случае съемки (рис. 6) оптические оси перпендикулярны к горизонтальной проекции базиса и наклонены к горизонту на один и тот же угол, а оси x-x снимков горизонтальны, т.е. $\varphi_1' = \varphi_2' = 0°$, $\omega_1 = \omega_2 \neq 0°$, $\varkappa_1 = \varkappa_2 = 0°$.

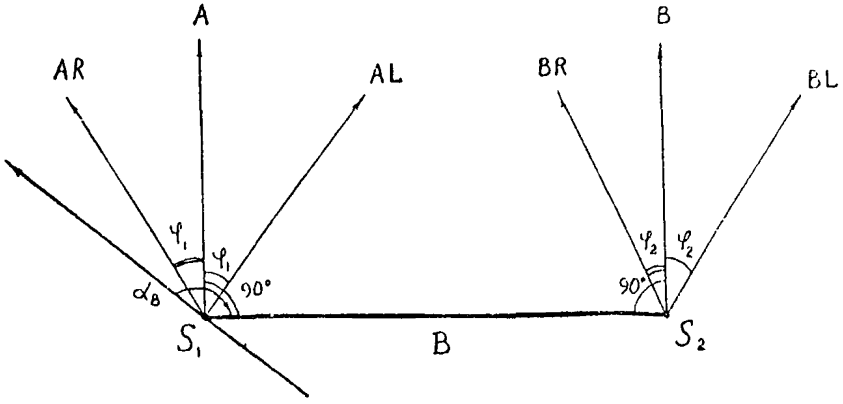


Рис.4

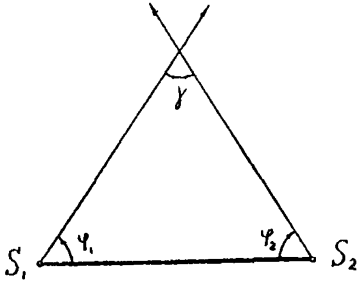


Рис.5

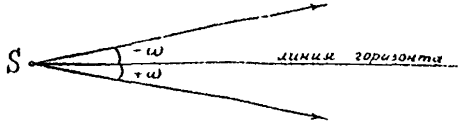


Рис.6

В конвергентном случае съемки (рис. 5) оптические оси горизонтальны, но не параллельны друг другу, а оси x–x снимков горизонтальны, т.е.

$$\varphi_1 \neq \varphi_2 \; ; \quad \omega_1 = \omega_2 = 0^\circ ; \quad \varkappa_1 = \varkappa_2 = 0^\circ ; \quad \gamma \neq 0^\circ$$

В общем случае съемки снимки могут занимать произвольное положение, т.е.

$$\varphi_1 \neq \varphi_2 \neq 0 ; \quad \omega_1 \neq \omega_2 \neq 0 ; \quad \varkappa_1 \neq \varkappa_2 \neq 0.$$

Все перечисленные случаи съемки применяют в практике изысканий и инженерных обследований: равнонаклонный случай съемки

- в сочетании с нормальным и равноотклоненным, если при фотографировании с горизонтальными оптическими осями объект съемки не охватывается по высоте;

конвергентный случай съемки - для увеличения перекрытия снимков при большем, чем расчетный, базисе фотографирования;

общий случай съемки - при фотографировании с качающейся опоры плоских участков местности, с катеров и шлюпок - крутых отвесных берегов морей, озер и рек, с жесткой опоры - застроенных или узких каньонообразных участков местности, а также труднодоступных обследуемых территорий. Общий случай съемки реализуется при любом пространственном положении базиса фотографирования аналитической камеральной обработкой материалов съемки.

I.4. Сведения из теории ошибок

I.4.I. Ошибки определения пространственных координат зависят от точности выдерживания или измерения элементов внешнего и внутреннего ориентирования снимков и точности измерения координат точек на снимках.

Формулы для подсчета средних квадратических ошибок пространственных фотограмметрических координат $M_{Yq}; M_{Xq}; M_{Zq}$ в зависимости от точности измерений плоских координат x, z, p и базиса фотографирования B имеют вид:

I) для нормального случая съемки:

$$\begin{aligned} M^2_{Yq} &= \left(\frac{Y^2}{B f_k}\right)^2 m_p^2 + \left(\frac{Y}{B}\right)^2 m_B^2 ; \\ M^2_{Xq} &= \left(\frac{Y^2 \cdot x}{B f_k^2}\right)^2 m_p^2 + \left(\frac{Y}{f_k}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{Yx}{B f_k}\right)^2 m_B^2 ; \\ M^2_{Zq} &= \left(\frac{Y^2 \cdot z}{f_k^2}\right)^2 m_p^2 + \left(\frac{Y}{f_k}\right)^2 m_z^2 + \left(\frac{Yz}{B f_k}\right)^2 m_B^2 ; \end{aligned} \quad (1)$$

2) для равноотклоненного случая:

$$m^2_{Y\varphi} = \left(\frac{Y^2}{B f_1} \cdot \sec\varphi\right)^2 m_p^2 + \left(\frac{Y}{B}\right)^2 m_B^2;$$
$$m^2_{X\varphi} = \left(\frac{Y^2 x}{B f_k^2} \cdot \sec\varphi\right)^2 m_p^2 + \left(\frac{Y}{f_k}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{Y x}{B f_k}\right)^2 m_B^2, \quad (I2)$$
$$m^2_{Z\varphi} = \left(\frac{Y^2 z}{B \cdot f_k^2} \sec\varphi\right)^2 m_p^2 + \left(\frac{Y}{f_k}\right)^2 m_z^2 + \left(\frac{Y}{B f_k}\right)^2 m_B^2.$$

Анализируя формулы (II) и (I2), можно сделать следующие выводы:

ошибки продольного параллакса m_p оказывают влияние на точность определения фотограмметрических координат пропорционально квадрату отстояния и обратно пропорционально величине базиса фотографирования;

ошибки параллакса m_p влияют в большей степени на координату Y_φ, чем на X_φ и Z_φ; при одинаковых отстояниях влияние ошибки m_p более ощутимо на краях снимка при $x = max$ и $z = max$;

ошибки в абсциссах оказывают влияние только на точность определения координаты X_φ;

ошибки в измерениях аппликат Z влияют только на точность определения координаты Z_φ;

ошибки в определении величины базиса фотографирования и угла отклонения оптической оси камеры влияют на точность фотограмметрических координат $X_\varphi, Y_\varphi, Z_\varphi$;

ошибки в измерениях величины базиса приводят к изменению масштаба модели, причем их влияние возрастает с удалением от главных вертикали и горизонтали к краю снимка.

I.4.2. Ошибки в величинах элементов внутреннего ориентирования вызваны чаще всего неприжимом фотопластинок к плос-

кости прикладной рамки фотокамеры. Учет неприжима и уменьшение его влияния могут быть произведены следующими способами:

аналитическим с вычислением поправок в измеренные координаты точек снимка;

применением специальных устройств регистрации недопустимых величин неприжима;

использованием предварительно выверенных на плоскость фотопластинок.

При применении фототеодолита I9/I3I8 и ошибках измерений $m_x = m_z = m_q$ = 0,0I мм, m_p = 0,005 мм предельно допустимая величина параллельного неприжима фотопластинки составляет для картинных координат x, z , а также p и q соответственно 0,03; 0,04; 0,02 и 0,04 мм.

Допустимый параллельный неприжим определяют по формуле

$$\Delta f_k = \frac{2m}{\sin 2\beta}, \qquad (I3)$$

где m - ошибка измерений x, z, p или q .

При аналитическом способе обработки материалов съемки вычисление поправок в картинные (плоские) координаты определяемых точек нужно производить для каждой четверти снимка обрабатываемой стереопары по формулам:

$$\begin{aligned} x_1 &= \kappa x_{n1,2} \cdot x_i' ; \\ x_2 &= \kappa x_{n1,2} \cdot (x_i' - p') ; \\ z_1 &= \kappa x_{n1,2} \cdot z_i' ; \\ p &= \kappa x_{n1,2} \cdot x_i' - \kappa x_{n1,2} \cdot (x_i' - p), \end{aligned} \qquad (I4)$$

где x_i', z_i', p' - измеренные значения координат;

$x_1, z_1; \rho$ – исправленные значения координат;

$$\left.\begin{aligned} K_{x_{n1,2}} &= \frac{D^{\circ}_{x_{1,2}}}{D_{x_{n1,2}}}; \; K_{x_{n1,2}} = \frac{D^{\circ}_{x_{1,2}}}{D_{x_{n1,2}}} \\ K_{z_{n1}} &= \frac{D^{\circ}_{z_{n1}}}{D_{z_{n1}}}; \; K_{z_{n2}} = \frac{D^{\circ}_{z_{n2}}}{D_{z_{n2}}} \end{aligned}\right\}$$ – коэффициенты деформации стереопары;

где $D^{\circ}_{x_{1,2}}\, D^{\circ}_{z_{1,2}}$ – эталонное значение полуосей снимков;

$D_{x_{n1,2}}; D_{x_{n1,2}}; D_{z_{n1,2}}$ измеренное значение полуосей.

Поправки за неприжим вводят в тех случаях, если расхождения измеренных значений полуосей снимков и их эталонных значений превышают 0,03 мм.

I.4.3. Ошибки в угловых элементах внешнего ориентирования снимков влияют на точность определения картинных координат.

Для предвычислений допустимых ошибок в отклонении оптической оси от заданного положения используют следующие зависимости:

I) при ориентировании оптической оси камеры в горизонтальной плоскости

$$\left.\begin{aligned} m_{\varphi} &= \frac{m_x \cdot f_K}{x^2} \rho''; \\ m_{\varphi} &= \frac{m_z \cdot f_K}{z \cdot x} \rho'' \end{aligned}\right\}, \qquad (15)$$

2) при наклоне оптической оси

$$\left.\begin{aligned} m_{\omega} &= \frac{m_x \cdot f_K}{x \cdot z} \rho'' \\ m_{\omega} &= \frac{m_z \cdot f_K}{f_K^2 + z^2} \rho'' \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

Для той же фотокамеры и при $m_x = m_z$ = 0,0I мм, x = 80 мм, z = 40 мм соответственно получим $\pm$I'; $\pm$2'; $\pm$2'; $\pm$I0". Таким образом, горизонтирование фотокамеры необходимо производить с ошибкой не более $\pm$I0".

Для обеспечения точности измерения продольного параллакса ориентирование оптической оси камеры в пространстве производят с точностью – в горизонтальной плоскости $\pm 5''$, а в вертикальной – $\pm 2^{I}$.

Допустимую ошибку крена пластинки $m_{\varkappa}$ для величин определяют по формулам:

$$m_{\varkappa} = \frac{m_x}{x}\rho'' \quad \text{для координаты X} \quad ;$$

$$m_{\varkappa} = \frac{m_z}{z}\rho'' \quad \text{для координаты } z \quad ; \qquad (I7)$$

$$m_{\varkappa} = \frac{m_p}{Z_A + Z_B}\rho'' \quad \text{для параллакса } p \text{ при равных по величине но различных по направлениям координат левого и правого снимков.}$$

Подставляя в формулу (I.I7) $x = 80$ мм, $z = 40$ мм, $m_x = m_z = \pm 0{,}0I$ мм, $m_p = 0{,}005$ мм, получим $\pm I'$; $\pm 0',5$; $\pm 0',2$.

I.5. Расчет параметров съемки

I.5.I. К оптимальным параметрам фототеодолитной съемки, выполняемой нормальным, равноотклоненным и равнонаклоненным случаями, относят:

допустимое максимальное отстояние Y_{max} от фототеодолитной станции до дальнего плана съемки;

допустимое минимальное отстояние Y_{min} от фототеодолитной станции до переднего плана съемки;

длины базисов фотографирования;

допустимые превышения между левым и правым концами базиса фотографирования.

Расчет указанных параметров съемки выполняют с учетом необходимой точности конечных результатов, характеристик применяемой полевой и камеральной аппаратуры, размеров фотографируемого объекта, условий геодезических измерений по привязке фототеодолитных станций, контрольных и опорных точек.

I.5.2. Полезную площадь стереопары определяют по формуле

$$S = \frac{\pi \cdot \varphi^{\circ}}{360^{\circ}}\left(f_K \cdot M_{пл}\right)^2\left[R^2 - \frac{R^4}{100}\right], \qquad (I8)$$

где φ° – угол поля изображения фототеодолита в горизонтальной плоскости;

$K = \frac{M_{ср}}{M_{пл}}$ – коэффициент увеличения дальнего плана снимка, используемый для составления топоплана;

$1 : M_{ср}$ – масштаб дальнего плана снимка;

$1 : M_{пл}$ – масштаб составляемого плана.

I.5.3. Максимальное отстояние при графомеханической обработке материалов съемки определяют по формуле

$$Y_{max} = a_{max} \cdot K \cdot M_{пл} \qquad (19)$$

где a – наибольшее удаление мостика отстояний от оси вращения проектирующих рычагов стереоавтографа;

К – отношение масштаба стереомодели к масштабу плана, вычерчиваемого координатографом.

Например, для стереоавтографа I3I8 Народного предприятия Карл Цейсс (ГДР) a = 400 мм; К = 2.

Максимальное отстояние, зависящее от допустимой ошибки определения положения точек местности m_y, точности измерения продольного параллакса m_p и значения параллаксов, определяют по формуле

$$Y_{max} = \frac{m_y \rho}{m_p}, \qquad (20)$$

где m_y – допустимая ошибка в положении картографируемых объектов на местности.

Предвычисление максимального отстояния в зависимости от допустимого минимального масштаба изображения дальнего плана осуществляют по формуле

$$Y_{max} = 3{,}5 \cdot f_k \cdot M_{пл}. \qquad (21)$$

Минимальное отстояние при обработке на стереоавтографе определяют по формуле (I9), где принимают как наименьшее расстояние между мостиком отстояний и осью вращения рычагов.

У стереоавтографа I3I8 величина a_{min} = 50 мм.

При обработке материалов съемки на стереокомпараторе допустимое минимальное отстояние определяют по формуле

$$Y_{min} = \frac{B \cdot f_k}{\rho}, \qquad (22)$$

где ρ - расход винта продольных паралаксов равный для "Стекло I8I8" 75 мм.

Учитывая особенности стереоскопического зрения и технические особенности стереофотограмметрических приборов, минимальное отстояние определяют их соотношения $Y_{min} \geq 4B$.

За окончательные значения максимальных отстояний принимают наименьшее значение, а для минимального отстояния - наибольшее.

I.5.4. Определение величины базиса фотографирования с достаточной для топографических целей точностью ведут по формуле

$$B = \frac{Y^2_{max} \cdot m_p}{f_k \cdot m_y}. \qquad (23)$$

Учитывая предельные значения установки B_x в приборах камеральной обработки, наибольшую величину базиса фотографирования определяют по формуле $B_{max} = B_x \cdot M$, (24)

где M - знаменатель масштаба стереомодели.

I.5.5. В ряде случаев при производстве фототеодолитной съемки обрывистых склонов, когда плоскость фотопластинки имеет небольшие углы наклона относительно фронтальной плоскости проекции, колебания отстояний в пределах стереопары относительно невелики. Поэтому, для увеличения точности составляемых топопланов можно выполнять съемку с больших по величине, чем обычно, базисов фотографирования. Длины базисов и допустимые углы скосов оптической оси фотокамеры в этом случае определяют по формулам

$$\varphi = arctg \frac{2_K \cdot Y_{max} \cdot f_K}{B \pm 2_K \cdot Y_{max} \cdot |x_{max}|}, \qquad (25$$

$$B' = \frac{B \pm 2_K \cdot Y_{max} \cdot |x_{max}|}{f_K \cdot \cos\varphi},$$

где B' - длина базиса при его отклонении на угол φ

от плоскости проекции;

К - допустимое колебание продольного перекрытия снимков стереопары;

$|x_{max}|$ - максимальная абсолютная величина абсциссы на снимке равная 80 мм.

Плюс или минус в формулах соответствует углу скоса влево и вправо от нормали к базису.

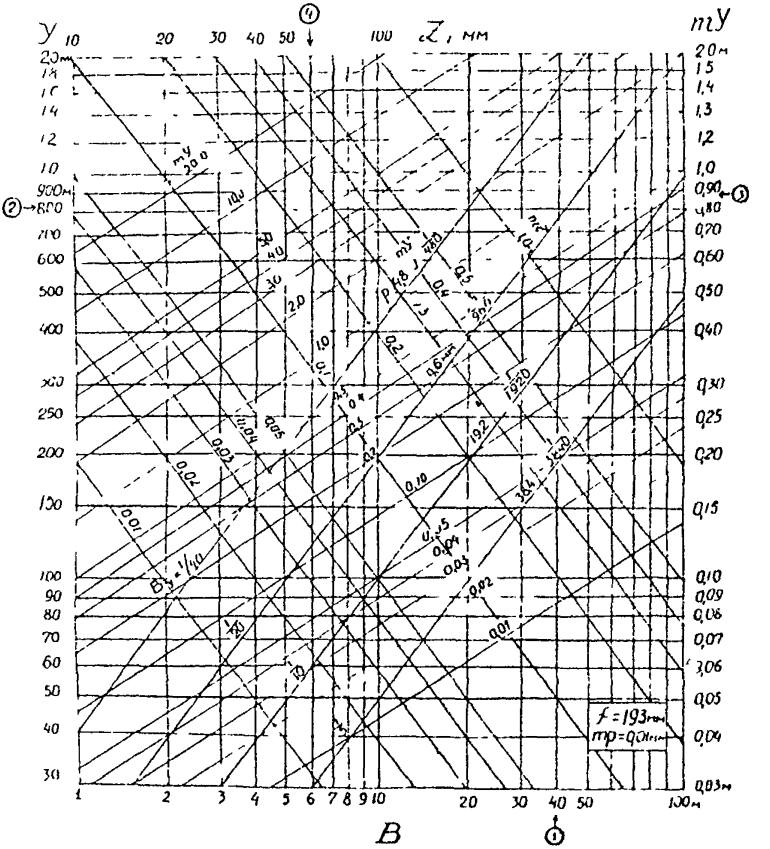
Для предвычисления ожидаемых ошибок определения координат точек в зависимости от выбранных параметров съемки удобно пользоваться диаграммой ожидаемых ошибок, построенной по формулам (II) или (I2).

Диаграмма абсолютных ошибок и пример пользования диаграммой приведены на (рис. 7).

I.5.6. Превышение между левой и правой станциями базиса фотографирования при камеральной обработке графомеханическим и аналитическим способами не должно превышать допустимого поперечного параллакса конкретного прибора в масштабе снимка.

Величина допустимого поперечного параллакса в стереоавтографе I3I8 Нар.предп. К.Цейсс составляет $\pm$20 мм, для стереоавтографа Карл Цейсс (ГДР) $\pm$I0 мм, для стереокомпаратора "Стеко I8I8" $\pm$I0 мм, стекометра - $\pm$40 мм.

ДИАГРАММА АБСОЛЮТНЫХ ОШИБОК



Дано

1. $B = 40$ м
2. Y_{max} 800 м

Находим: $m_Y = \pm 0{,}85$ м; $\frac{B}{Y} = \frac{1}{20}$; $p = 9{,}6$ мм; $\frac{m_Y}{Y} = \frac{1}{1000}$

Для координаты $x - y$ 60 мм $m_x - m_Y \approx 10$

Рис.7

2. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

Полевые работы, выполняемые фототеодолитной партией (2-3 ИТР и 4-5 рабочих), состоят из:

составления предварительного проекта съемки;

рекогносцировки участка съемки;

закрепления опорных, корректурных точек и проведение геодезических измерений по определению их геодезических координат;

маркировки опорных и корректурных точек, элементов ситуации;

фотографирования;

фотолабораторных работ и анализа результатов съемки;

пересъемка бракованных негативов;

дешифрирования.

2.I. Составление проекта съемки

2.I.I. Предполевые подготовительные работы включают: выбор участков обследуемой местности, где целесообразно применять фототеодолитную съемку и составлять ее проект, готовить фототеодолитный комплект и необходимое оборудование.

2.I.2. При изысканиях новых и реконструкции существующих автодорог, на основании изучения имеющегося картографического материала, вдоль проектируемой трассы намечают подлежащие фототеодолитной съемке участки, к которым относят:

незалесенные и слабозалесенные участки с косогорностью более 25^0;

скальные прижимы и осыпи;

подходы к проектируемым или существующим тоннелям;

существующие транспортные развязки;

мостовые переходы через реки с высокими берегами;

промышленные площадки, застроенные территории автовокзалов, автохозяйств, дорожно-строительных управлений;

путевое развитие железнодорожных станций и пр.

2.I.3. Определив участки съемки, составляют ее проект, на основе которого после полевой рекогносцировки - рабочий проект. Для этой цели используют имеющийся крупномасштабный картографический и аэрофотосъемочный материал.

В работах по реконструкции существующих автодорог, а также при съемках небольших участков местности, площадью менее I км^2, составляют сразу рабочий проект съемки на основе полевой рекогносцировки.

В проект съемки входит выбор оптимальных параметров съемки, определение целесообразных случаев съемки для каждого конкретного участка работ, исходя из условий рельефа, застроенности территории и обеспечения минимума работ по фотографированию, геодезической привязке фотостанций, корректурных и опорных точек, полного захвата фотографируемого объекта без "мертвых" зон и фотограмметрических разрывов.

2.I.4. Параметры съемки целесообразно выбирать в следующем порядке:

определяют по карте с уточнением после полевой рекогносцировки максимального отстояния Y_{max} от базиса фотографирования до дальнего плана и устанавливают возможность обработки дальнего плана на универсальных приборах. Если обработка невозможна следует наметить условия для обеспечения съемки с графоаналитическим методом камеральной обработки (равнонаклоненный или общий случаи съемки);

определяют по карте с уточнением в процессе рекогносцировки минимальное отстояние Y_{min} от базиса до ближнего плана и устанавливают возможности обработки близнего плана на универсальных приборах;

расчитывают длины базисов фотографирования с учетом намеченных величин максимальных отстояний Y_{max}, возможности графомеханической обработки и особенностей стереозрения;

определяют допустимость превышений между левой и правой точками базиса при обработке снимков на универсальных приборах;

определяют углы наклона оптической оси фотокамеры, пространственного положения базиса фотографирования при использовании общего случая съемки;

определяют возможности построения маршрута из серии базисов с разреженным обоснованием с целью аналитического сгущения или создания геодезического обоснования в камеральных условиях.

2.I.5. Базисы фотографирования целесообразно размещать:

перпендикулярно направлению ската, что позволяет выявить особенности рельефа фотографируемого участка и уменьшить площади "мертвых" зон;

нормально к направлению оврагов, с тем, чтобы обеспечить на снимках изображение тальвега;

на возвышенных местах, так как количество и площади "мертвых" пространств уменьшаются с увеличением относительной высоты стояния фотокамеры.

При расчете величины базиса и максимальных отстояний необходимо учитывать метод составления топографического плана. Применение графомеханического метода составления плана заданного масштаба возможно, если значения максимальных отстояний и базисов не будут превышать в масштабе плана величин, указанных в табл. I.

Таблица I

Название прибора	Y_{max}, мм	B_{max}, мм	ΔH, мм
Стереоавтограф I3I8	800	I20	40
Стереоавтограф Орель-Цейсс	I300	I20	20
Стереопланиграф	I500	740	240
Стереометрограф	I500	700	I40

2.I.6. При составлении проекта съемки проводят нумерацию базисов с указанием величины базиса и вида съемки. Например, $\frac{N\,20}{100\,N,R,L}$, что означает - базис № 20, длиною I00 м, виды съемки - нормальный скосы влево и вправо.

2.I.7. Одновременно с составлением проекта размещения базисов и границ съемки для "классического" случая съемки составляют схему размещения корректурных точек и схему геодезической привязки базисных и корректурных точек.

В пределах участка местности, покрываемого каждой стереопарой, намечают не менее трех корректурных точек (рис. 8). Координаты этих точек определяют в результате геодезических измерений.

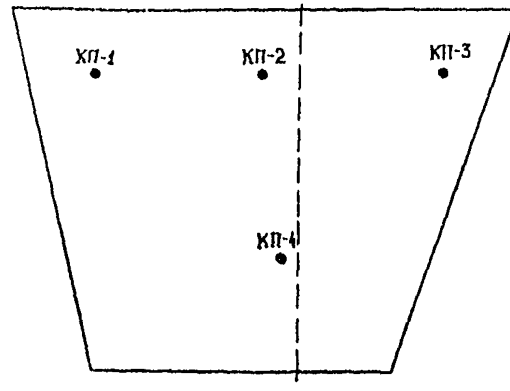


Рис.8

2.I.8. Схему геодезической привязки базисных и корректурных точек проектируют с расчетом обеспечения точности в соответствии с требованиями инструкций по топосъемке и специальными техническими условиями.

Привязку, как правило, осуществляют засечками с точек магистрального хода, прокладываемого в районе проектируемой трассы. Если с магистрального хода привязку нельзя осуществить, то для создания геодезического обоснования строят аналитическую сеть таким образом, чтобы пункты сети по возможности совпадали с левыми базисными и корректурными точками.

2.I.9. Фототеодолитная партия должна быть оснащена следующими инструментами и оборудованием:

фототеодолитным комплектом („Photheo 19/1318„ TAN", „ TAL " , "Геодезия" , " МК-10/1318);

техническим нивелиром с комплектом реек;

экспонометром;

рулеткой длиной 20-50 м;

топографическим зонтом;

шанцевым инструментом (лопаты, топор и т.д.);

комплектом фанерных щитов, металлических и других марок различной окраски для маркирования корректурных или опорных точек;

стандартным комплектом полевого фотолабораторного оборудования, включая фотореактивы;

фототеодолитными пластинками, количество которых определяют по проекту съемки;

полевыми журналами, бланками и другими канцелярскими принадлежностями;

стереоскопом для рассматривания отпечатков.

2.I.IO. Фотокамеры, применяемые для топографической съемки, должны обеспечивать постоянство элементов внутреннего и, при фотографировании с твердой опоры, внешнего ориентирования в процессе работы с ошибками, не превышающими величин, приведенных в табл. 2.

Таблица 2

Элементы ориентирования		Допустимые значения ошибок ориентирования для фотокамеры	
		$f_к$ =100 мм	$f_к$ =200 мм
Фокусное расстояние камеры	$f_к$	0,02	0,03
Положение главной точки	δ_x	0,02	0,07
	δ_z	0,02	0,02
Угол скоса	φ	I9"	I3"
Угол конвергенции	χ	35"	I9"
Угол наклона оптической оси	ω	23"	I0"
Угол поворота фотопластинки	$\varkappa$	38"	38"

2.I.II. Все оборудование перед выездом в поле должно быть тщательно осмотрено с целью выявления и устранения неисправностей и после проведения рабочих поверок и юстировок подготовлено к транспортировке.

2.2. Рекогносцировка участка съемки

2.2.I. Задачей рекогносцировки является определение на местности наиболее целесообразного положения фототеодолитных

станций, корректурных точек и уточнение схемы их геодезической привязки к существующей геодезической сети или к точкам магистрального хода. Рекогносцировку выполняют группой в составе инженера-фотограмметриста и двух рабочих. В результате рекогносцировки составляют рабочий проект размещения и привязки базисных и корректурных точек. Рекогносцировку начинают с общего осмотра участка съемки с господствующих высот. При необходимости намеченное в предварительном проекте положение фотостанций изменяют в зависимости от выявленных на местности условий.

2.2.2. После общего изучения местности выполняют детальную рекогносцировку, целью которой является выбор схемы съемки, определение границ секторов съемки с каждого базиса и положения точек геодезического обоснования. При этом необходимо выполнять следующие основные условия:

точки стояния фототеодолита должны быть удобны для установки штативов и работы наблюдателя;

горизонтальные и вертикальные секторы фотографирования не должны закрываться близрасположенными местными предметами (деревьями, строениями, складками рельефа и т.п.);

между базисными точками должна обеспечиваться прямая видимость со штативов (кроме общего случая съемки), причем визирный луч должен проходить не ближе 0,5 м от поверхности земли или местных предметов.

2.2.3. При выборе фототеодолитных станций и определении границ съемки удобно пользоваться фотоаппаратом "Москва", имеющим тот же угол поля зрения, что и фототеодолит Photheo - 19/1318 или рекогносцировочным прибором (рис. 9).

2.2.4. Выбор местоположения базисов производят последовательно с расчетом обеспечения перекрытия между границами съемки смежных стереопар не менее 10% по ближнему плану. Одновременно намечают контрольные пункты или опорные точки и схему их геодезической привязки.

2.2.5. В результате рекогносцировочных работ составляют рабочий проект съемки, состоящий из схем фотосъемки, геодезического обоснования и пояснительной записки.

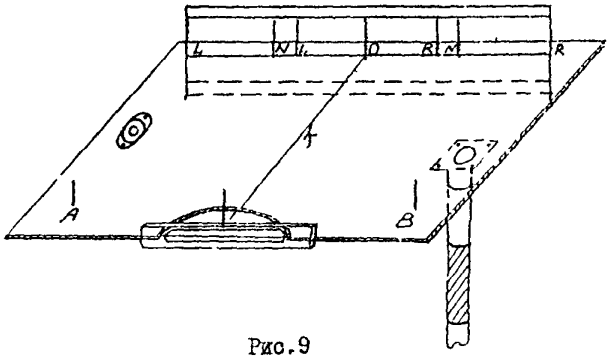


Рис.9

На схеме съемки показывают положение и нумерацию базисов фотографирования, случаи съемки (нормальной, равноотклоненный, общий и др.), границы зон фотографирования и местоположение контрольных и опорных пунктов.

В пояснительной записке отражается вся последовательность фотосъемочных работ и условия съемки с каждого базиса (характер освещенности, время дня и т.п.), рекомендуемые высоты фотографирования при общем случае съемки, а также углы наклонов и нестандартные углы скосов оптической оси.

2.3. Геодезические работы по обоснованию съемки

2.3.1. Базисные, опорные и контрольные точки, а также точки геодезического обоснования закрепляют в процессе рекогносцировки на местности постоянными и временными центрами.

Постоянные центры устанавливают при съемках оползневых участков и подходов к проектируемым тоннелям на основных направлениях трассы.

Тип постоянного центра выбирают в зависимости от района работ и необходимого срока сохранности в соответствии с существующими инструкциями.

2.3.2. При необходимости контрольные и опорные точки перед фотографированием маркируют с помощью фанерных щитов, картона или ткани. В горных скальных районах маркировку осуществляют выкладыванием туров или нанесением марок определенной формы с помощью масляной краски на скале.

Минимальные размеры марок зависят от расстояния между маркой и базисной точкой и должны выбираться такими, чтобы изображение марки на фотоснимке имело размеры не менее 0,12х0,04 мм.

Для определения допустимых минимальных размеров марок в метрах для фототеодолитов с $f_к$ = 190 мм рекомендуется пользоваться табл. 3

Таблица 3

Размер марок	Расстояние, м						
	50	100	200	400	600	800	1000
Вертикальный	0,03	0,06	0,12	0,25	0,35	0,50	0,60
Горизонтальный	0,01	0,02	0,04	0,08	0,15	0,20	0,20

2.3.3. Геодезические работы по обоснованию съемки выполняют в соответствии с рабочей схемой. Независимо от способа геодезических определений погрешности в положении базисных, опорных и контрольных точек относительно пунктов рабочего обоснования или магистрального хода не должны превышать /Инструкция СН-234-62/: в плане - ±0,3 мм в масштабе составляемого топоплана; по высоте - 1/5 принятого сечения рельефа в равнинной и всхолмленной местности и 1/3 - в горной.

Способы построения рабочего геодезического обоснования могут варьироваться в зависимости от характера участка.

2.3.4. Способы построения рабочего обоснования можно изменять в зависимости от природных условий участка съемки.

Если необходимо положить магистральный ход в районе изыскиваемой трассы, удобнее применить способ многократных боковых засечек, предложенный проф. А.И.Дурневым. В качестве определяемых пунктов могут быть фотостанции (ФС), контрольные пункты (КП), опорные точки. Координаты пунктов вычисляют по известным формулам путем решения треугольников.

При определении геодезических координат данным способом угловые измерения следует выполнять оптическим теодолитом со средней квадратической ошибкой измерения угла одним приемом 5-10". В этом случае относительная погрешность передачи координат точек хода и боковых пунктов составляет 1/5000-1/10000.

При этом линейные измерения следует выполнять параллак-

тическим способом с использованием базисной рейки *Ba Co* в 2 *m* с относительной ошибкой I/2000 - I/4000.

2.3.5. Для определения отметок точек геодезического обоснования съемки следует применять тригонометрическое нивелирование с измерением углов наклона оптическим теодолитом с ценой деления вертикального круга - 5". Колебания значений места нуля (МО) вертикального круга при измерениях *с одной станции не должны превышать* ±10".

2.4. Фотографирование местности и фотолабораторные работы

2.4.I. Перед производством фотосъемочных работ выполняют рабочие поверки фототеодолитного комплекта и производят опытное фотографирование с целью определения оптимальных величин экспозиции для различных условий освещенности и времени дня. Фотографирование выполняют при нескольких значениях экспозиций.

2.4.2. Перед выполнением фотосъемочных работ составляют план работы на станции с таким расчетом, чтобы фотографирование с каждой станции выполнялось в наиболее благоприятных условиях освещенности. При этом учитывают следующее:

для получения однообразного по контрастности изображения местности на снимках при съемке с левой (верхней) точки и правой (нижней) точки базиса разрыв во времени должен быть минимальным;

наиболее благоприятным временем дня для фотосъемки является такое, когда тени минимальны и участок съемки освещен солнцем равномерно (слабая облачность).

2.4.3. При производстве фототеодолитной съемки на каждой фотостанции выполняют следующие работы:

установку инструментов на базисных точках;

фотографирование;

измерение длин базисов, углов наклона и скоса оптической оси и угловую привязку направления базиса;

измерение горизонтальных и вертикальных углов на контрольные и другие точки в соответствии с рабочим проектом или привязку опорных точек для построения разреженного геодезического обоснования.

2.4.4. Для выявления таких недостатков фотосъемки, как неприжимы фотостекла к прикладной рамке камеры, плохое фотокачество, неудовлетворительная компановка деталей изображения фотолабораторную обработку экспонированных пластинок производят в день съемки.

После фотообработки проводят анализ и оценку фотографического и фотограмметрического качества негативов. Нормально экспонированный и правильно обработанный негатив должен иметь нормальную плотность и прозрачность, быть достаточно контрастным с проработкой мелких деталей, не иметь вуали и механических повреждений эмульсии (царапины, сползание эмульсии и т.п.), пятен, полос и смазов изображения.

Результаты фотографического анализа записывают в регистрационный журнал, в котором отмечают их фотокачество и пригодность для дальнейшей обработки.

Основная цель полевой фотограмметрической оценки - выявить негативы с неприжимом, для чего используют эталонные пластинки, полученные при заведомо плотном прилегании фотопластинки в момент экспозиции.

Для определения величины неприжима в полевых условиях исследуемую и эталонную пластинки укладывают эмульсией друг к другу, совмещают координатные метки обоих негативов по оси x - x и оценивают величину несовпадения с точностью 0,05 мм при помощи измерительной лупы.

Если расстояния между координатными метками отличаются от эталонного более чем на 0,03 мм, то съемку следует повторить и проверить состояние кассеты, в которой была экспонирована исследуемая пластинка.

Результаты фотограмметрической оценки вносят в журнал оценки качества негативов.

2.4.5. Фотолабораторные работы должны выполняться в специально оборудованном помещении. Фотолаборатория должна иметь электроосвещение, водопровод, сливные раковины, необходимые приборы и специальное фотолабораторное оборудование (прилож. I).

2.4.6. Негативный процесс начинается с проявления отснятых фотопластинок, которое рекомендуется производить в

специальных бачках с вкладышами, а при их отсутствии - в обычных кюветах.

Процесс проявления следует контролировать визуальным просмотром в отраженном свете. Негативы сушат на наклонных стеллажах, обтянутых марлей, в сухом помещении с ровной температурой и без пыли.

2.4.7. Назначение позитивного процесса - получение контактных или увеличенных отпечатков, необходимых для топографического дешифрирования контуров и элементов рельефа и опознавания на них контрольных и опорных точек. Позитивный процесс включает в себя экспонирование фотобумаги, проявление, фиксирование и промывку отпечатков.

2.4.8. В качестве фотоматериалов для производства фотосъемочных работ используются фототеодолитные или репродукционно-штриховые фотопластинки I3xI8 см, контрастные, светочувствительностью по ГОСТ 4-6 единиц.

При фотографировании с качающейся опоры применяют фотопластинки "Изоорто" чувствительностью 45-250 ед. ГОСТа.

Для контактной печати рекомендуется пользоваться матовой бумагой. По номеру контрастности фотобумага подбирается в зависимости от характера негатива.

Рецептура проявляющих и фиксирующих растворов приведена в прилож. 2.

2.5. Топографическое и инженерное дешифрирование снимков

2.5.I. Дешифрирование выполняют на контактных или увеличенных отпечатках; оно заключается в опознавании и закреплении на отпечатках пунктов планово-высотной подготовки, элементов ситуации и т.п.

Объекты, элементы ситуации и рельефа, сооружения, качественное содержание которых при камеральном просмотре установить не удается, опознают на местности в результате дешифрирования, осуществляемого как путем обхода объектов, так и визуально с точек фотографирования.

В результате полевого дешифрирования на отпечатках показывают:

границы с.-х.угодий,лесопосадок, леса и т.п. с указанием содержания контуров (порода леса, высота и ширина деревьев);

элементы гидрографии;

дороги, с классификацией по категории и типу;

линии связи и электропередач;

ограждения, с указанием их типа;

мосты и переправы, с указанием технических характеристик;

отдельные здания, с указанием типа и характера использования;

элементы геологического строения и т.д.

Для описания опознанных объектов на каждый снимок составляют ведомость дешифрирования.

2.5.2. Элементы ситуации, сооружения, контрольные и опорные пункты, изображение которых на снимках составляет площадь менее I $мм^2$, накалывают, с обратной стороны снимка, нумеруют и зарисовывают.

В процессе полевого дешифрирования все контуры на снимках показываются тушью: зеленой - для элементов гидрографии и черной - для остальных объектов. Номера точек закрепляются на снимке тушью.

2.5.3. В результате полевых работ должны быть получены следующие материалы:

I. Исполнительная схема выполненной фототопографической съемки.

2. Схема геодезического обоснования.

3. Полевые журналы геодезической подготовки.

4. Ведомости вычислений геодезических координат и отметок пунктов обоснования.

5. Журналы фототеодолитной съемки.

6. Ведомости дешифрирования снимков.

7. Ведомости анализа негативов.

8. Негативы фотосъемки и контактные отпечатки с результатами дешифрирования.

2.5.4. Негативы фототопографической съемки, являющиеся

основным материалом для камеральных работ, следует хранить особенно тщательно. Пары негативов подбирают в соответствии с видами съемок с каждого базиса с подписанными номерами снимков и базисов и укладывают в коробки также, как хранят неэкспонированные фотопластинки.

На коробке указывают перечень содержащихся в ней материалов, номера базисов и снимков.

2.6. Особенности производства НСС с разреженным геодезическим обоснованием

В целях сокращения трудоемкости полевых геодезических работ и сроков их выполнения применяют аналитические методы камеральной обработки материалов фотосъемки при помощи ЭВМ. В этом случае основные этапы производства полевых работ (составление проекта съемки, рекогносцировка, фотографирование, фотолабораторные работы, топографическое и инженерное дешифрирование снимков) остаются теми же, что и при классической НСС.

При производстве линейных инженерных изысканий применяют способы:

створных базисов фотографирования;

сгущения геодезического обоснования маршрутной съемки;

создания геодезического обоснования маршрутной съемки;

общий случай фотограмметрической съемки.

При составлении проекта фотосъемки с последующей аналитической обработкой учитывают специфику планово-высотной подготовки, выбора местоположения фотостоянок, параметров съемки и методику камеральной обработки полевых материалов.

2.6.I. Способ створных базисов

2.6.I.I. Способ створных базисов применяют при съемках небольших участков местности (мостовые переходы, путепроводы и т.п.), а также в маршрутной фототеодолитной съемке, когда на участках работ отсутствуют геодезические пункты. Способ позволяет обрабатывать маршруты, состоящие из I5-I8 стереопар, при этом топографический план участка составляют в условной системе координат.

2.6.I.2. Для производства фотограмметрической съемки со створных базисов фотографирования по карте намечают местоположение базиса фотографирования с дополнительной фотостанцией, которую располагают в створе с основными (рис. I0).

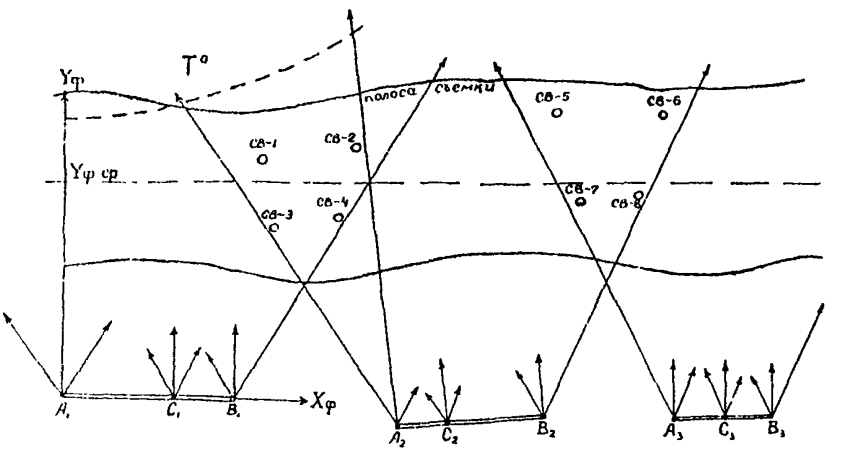


Рис. I0

Если по условиям местности такое расположение створной фотостанции невозможно, то ее выбирают в другом месте, исходя из условия обеспечения прямой видимости между всеми тремя фотостанциями и отсутствия фотограмметрических разрывов между ними.

2.6.I.3. Длины створных базисов фотографирования определяют из соотношения

$$B_{ств.} = \left(1/5 \div 1/10\right) Y_{ср}, \qquad (26)$$

где $Y_{ср}$ - отстояние до средней границы съемки.

Створная фотостанция может делить величину основного базиса фотографирования в отношениях от 0,5-0,25.

При производстве рекогносцировки положения створных базисов уточняют, а все фотостанции закрепляют на местности. Для контроля длину створного базиса измеряют тесьмяной рулеткой.

2.6.I.4. Средние квадратические ошибки фотограмметрических координат точек, определенных с одиночного створного базиса, подсчитывают по формуле

$$M_{x,y,z} = \frac{M_{x,y,z}}{\sqrt{[p]}}, \qquad (27)$$

где $M_{x,y,z}$ – средняя квадратическая ошибка единицы веса; ее определяют так:

$$M_{x,y,z} = \sqrt{\frac{[v^2 p]}{n-1}}, \qquad (28)$$

где v – уклонение измеренного значения координаты от общей арифметической середины;

P – вес измерения, определяемый из базисного соотношения;

n – число неравноточных измерений.

Средние квадратические ошибки координат точек маршрута находят по формулам:

$$m_{x_0} = \sqrt{\left[1+\frac{2(\kappa-1)}{\ell}\right]\left[\left(\frac{Y}{f\kappa}\right)^2 m_x^2 + \left(\frac{xY}{Bf\kappa}\right)^2 m_p^2 + 2\left(\frac{Y}{B}\right)^2 m^2 Y_s\right]};$$

$$m_{y_0} = \sqrt{\left[1+\frac{2(\kappa-1)}{\ell}\right]\left[\left(\frac{Y}{B}\right)^2 m_B^2 + \left(\frac{Y^2}{Bf\kappa}\right)^2 m_p^2 + 2\left(\frac{xY}{Bf\kappa}\right)^2 m^2_{ys}\right]}, \qquad (29)$$

$$m_{z_0} = \sqrt{\left[1+\frac{2(\kappa-1)}{\ell}\right]\left[\left(\frac{Y}{f\kappa}\right)^2 m_z^2 + \left(\frac{zY}{Bf\kappa}\right)^2 m_B^2 + \left(\frac{zY}{Bf\kappa}\right)^2 m_p^2\right]},$$

где ℓ – число связующих точек в стереопаре;

κ – номер стереопары;

m_{ys} – ошибка створа.

2.6.2. Сгущение геодезического обоснования маршрутной фотосъемки способом связки независимых моделей

2.6.2.1. Способ связки независимых моделей применяют, если условия местности позволяют проводить фотосъемку отдельных маршрутов, состоящих из 8-10 стереопар, полученных при фотографировании исследуемой местности нормальным, равноотклоненным, равнонаклоненным или комбинациями на них случаями съемки.

К таким участкам местности относят протяженные косогоры, длинные каньонообразные ущелья и т.п.

2.6.2.2. В процессе составления проекта фотосъемки намечают по картографическому материалу местоположения фотостанций с учетом построения маршрутов без фотограмметрических разрывов. Причем углы скосов и наклонов оптической оси фотокамеры можно задавать не стандартными, а при назначении их величин необходимо исходить из требуемой точности конечной продукции.

2.6.2.3. Длину фотографируемого маршрута при трех связующих точках между стереопарами выбирают по допустимым величинам ошибок в координатах точек последней стереопары, которые предвычисляют по формулам:

$$\left.\begin{aligned} m_{X_{ГК}} &= \pm\sqrt{m^2_{X_{ГН}} + \left(2+\frac{2}{3}K\right)m^2_{Y\varphi}}\,; \\ m_{Y_{ГК}} &= \pm\sqrt{m^2_{Y_{ГН}} + \left(2+\frac{2}{3}K\right)m^2_{X\varphi}}\,; \\ m_{Z_{ГК}} &= \pm\sqrt{m^2_{Z_{ГН}} + \left(2+\frac{2}{3}K\right)m^2_{Z\varphi}}\,; \end{aligned}\right\} \qquad (29')$$

где $m^2_{X_{ГН}}, m^2_{Y_{ГН}}, m^2_{Z_{ГН}}$ – ср.кв.ош. определения величин геодезических координат опорной точки, изобразившейся на первой стереопаре маршрута;

K – число передач;

$m^2_{X\varphi}, m^2_{Y\varphi}, m^2_{Z\varphi}$ – ср.кв.ош. определения величин фотограмметрических координат связующей точки.

2.6.2.4. Полевые геодезические работы включают в себя: измерение длин базисов фотографирования; определение величин геодезических координат опорных точек, расположенных минимум по одной в начале и в конце обрабатываемого маршрута; дирекционных углов (азимутов) базисов фотографирования, углов скоса и наклона оптической оси фотокамеры на каждом базисе (рис. II).

2.6.2.5. Для сгущения опорной сети между базисами фотографирования прокладывают угломерный ход без измерений длин сторон с точностью 20-25". Угломерный ход позволяет построение одиночных стереопар выполнять в единой системе координат путем последовательного переноса начала координат при помощи общих для смежных стереопар I-3 связующих точек, в

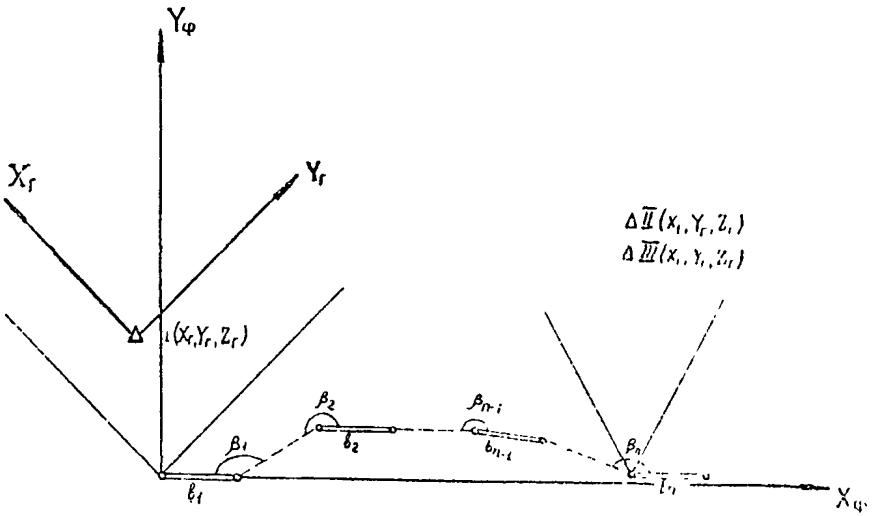


Рис.II

качестве которых используют хорошо опознающиеся на [illegible] контурные или специально замаркированные точки.

2.6.2.6. Процессы фотографирования и фотограмметрической обработки материалов съемки выполняются известными способами.

В журнал фотосъемки, кроме общепринятых сведений, заносят измерения величин нестандартных углов скоса и наклона оптической оси фотокамеры на каждой фотостанции, вид съемки, а также выполняют абрис с указанием и описанием связующих точек.

Связующие точки выбирают или маркируют на ближнем или среднем отстояниях.

В качестве связующих точек выбирают отдельные местные предметы (элементы строений, опор электропередач и связи, отдельные камни и т.п.) однозначно отождествляемые на обоих смежных стереопарах.

При отсутствии естественных предметов и однообразном характере местности намечают зоны установки маркированных знаков.

2.6.3. Способ аналитического создания геодезического обоснования НСС

2.6.3.1. Способ аналитического создания планово-высотного обоснования применяют, когда нельзя обеспечить прямую видимость между фотостанциями смежного базиса, а условия местности не позволяют достаточно точно определить длины базисов фотографи вания и осуществить геодезические наблюдения на контрольные пункты.

Способ позволяет производить аналитическую обработку материалов фотосъемки маршрутов из 8-10 стереопар, полученных при фотографировании нормальным, равноотклоненным, равнонаклоненным или комбинацией из них случаев съемки.

2.6.3.2. При производстве полевых работ определяют величины геодезических координат двух опорных точек, расположенных на среднем или ближнем плане первой стереомодели, и двух - в конце маршрута ; а в процессе фотографирования - величины углов скосов и наклона оптической оси фотокамеры.

Величины базисов фотографирования специально не определяют, но если их значения известны, то используют в последующих камеральных работах.

2.6.3.3. Связующие точки выбирают или маркируют на ближ-

нем и среднем плане, причем, их взаимное пространственное положение может быть произвольно с небольшими отстояниями друг от друга.

2.6.4. Общий случай съемки

2.6.4.1. Общий случай съемки с аналитической обработкой материалов применяют: при составлении топографических планов небольших участков местности с особо сложным и труднодоступным рельефом, когда нельзя использовать стандартные величины элементов внешнего ориентирования; при обследованиях инженерных сооружений (мостовые переходы, путепроводы, промышленные площадки и т.п.); при фотографировании исследуемых объектов и участков местности с колеблющейся опоры (съемка берегов рек, озер и морей с судов, существующих автодорог и других инженерных сооружений с автовышки, прожекторных мачт и т.п.).

2.6.4.2. Особенностью рекогносцировки и составления рабочего проекта фотосъемки является рациональный выбор точек стояния фотокамеры с учетом возможности производства съемки с любым пространственным положением базиса фотографирования. Для этой цели в процессе рекогносцировки выбирают в качестве точек фотографирования местные высокие сооружения, вершины холмов и т.п. При отсутствии вблизи участка, подлежащего съемке таких объектов, намечают способ производства фотографирования с колеблющейся опоры или подвижного базиса (автовышка, шлюпка и т.п.).

2.6.4.3. Положение базисов фотографирования и опорных точек выбирают с расчетом обеспечения минимальных "мертвых" зон, отсутствие фотограмметрических разрывов и удобства геодезических работ по привязке опорных точек.

2.6.4.4. В результате рекогносцировочных работ составляют рабочий проект фотограмметрической съемки общего случая, состоящий из схем съемки и геодезической подготовки, пояснительной записки.

2.6.4.5. При производстве фотограмметрической съемки с автовышек существующих автодорог в целях их дальнейшей

реконструкции, вдоль улиц или застроенных территорий съемку целесообразно производить с вертикального или близкого к нему базиса фотографирования с одной точки стояния автовышки в обе стороны вдоль дороги или улицы, учитывая перекрытия с предыдущей и последующей точек стояния автомобиля (рис.I2). Расстояние между точками стояния вышки зависит от максимально возможной для данного типа автовышки высоты подъема фотокамеры.

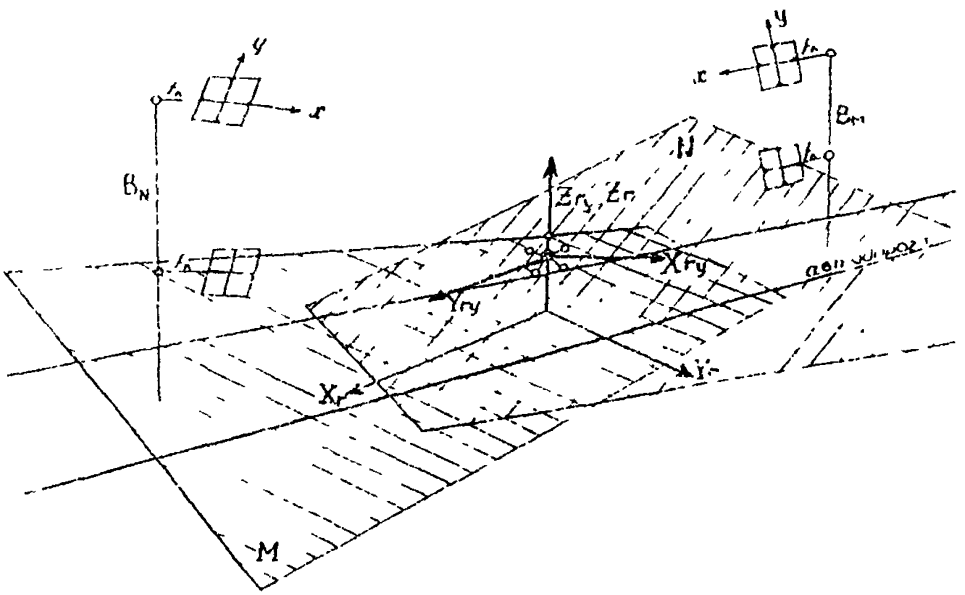


Рис.I2

По контактным отпечаткам намечают и фиксируют на обратной стороне пять общих для соседних стоянок автовышки опорных точек, в качестве которых используют местные характерные предметы (столбы, мачты высоковольтной сети и т.п.). Намеченные опорные пункты геодезически привязывают с точек магистрального хода угловыми засечками.

2.6.4.6. При производстве фотограмметрической съемки с катера или шлюпки отвесных берегов, существующих мостов и

нем и среднем плане, причем, их взаимное пространственное положение может быть произвольно с небольшими отстояниями друг от друга.

2.6.4. Общий случай съемки

2.6.4.1. Общий случай съемки с аналитической обработкой материалов применяют: при составлении топографических планов небольших участков местности с особо сложным и трудно доступным рельефом, когда нельзя использовать стандартные величины элементов внешнего ориентирования; при обследованиях инженерных сооружений (высотные дымовые трубы, путепроводы, промышленные площадки и т.п.); при фотограмметрировании исследуемых объектов и участков местности с неизвестной опорой (съемка берегов рек, озер и морей с судов, существующих автодорог и других инженерных сооружений с автовышки, телескопических мачт и т.п.).

2.6.4.2. Особенностью рекогносцировки и составления рабочего проекта фотосъемки является рациональный выбор точек стояния фотокамеры с учетом возможности производства съемки с любым пространственным положением базиса фотографирования. Для этой цели в процессе рекогносцировки выбирают в качестве точек фотографирования местные высокие сооружения вершины холмов и т.п. При отсутствии вблизи участка, подлежащего съемке таких объектов, намечают способ производства фотографирования с колеблющейся опоры или подвижного базиса (автовышка, шлюпка и т.п.).

2.6.4.3. Положение базисов фотографирования и опорных точек выбирают с расчетом обеспечения минимальных "мертвых" зон, отсутствие фотограмметрических разрывов и удобства геодезических работ по привязке опорных точек.

2.6.4.4. В результате рекогносцировочных работ составляют рабочий проект фотограмметрической съемки общего случая, состоящий из схем съемки и геодезической подготовки, пояснительной записки.

2.6.4.5. При производстве фотограмметрической съемки с автовышек существующих автодорог в целях их дальнейшей

реконструкции, вдоль улиц или застроенных территорий съемку целесообразно производить с вертикального или близкого к нему базиса фотографирования с одной точки стояния автовышки в обе стороны вдоль дороги или улицы, учитывая перекрытия с предыдущей и последующей точек стояния автомобиля (рис.I2). Расстояние между точками стояния вышки зависит от максимально возможной для данного типа автовышки высоты подъема фотокамеры.

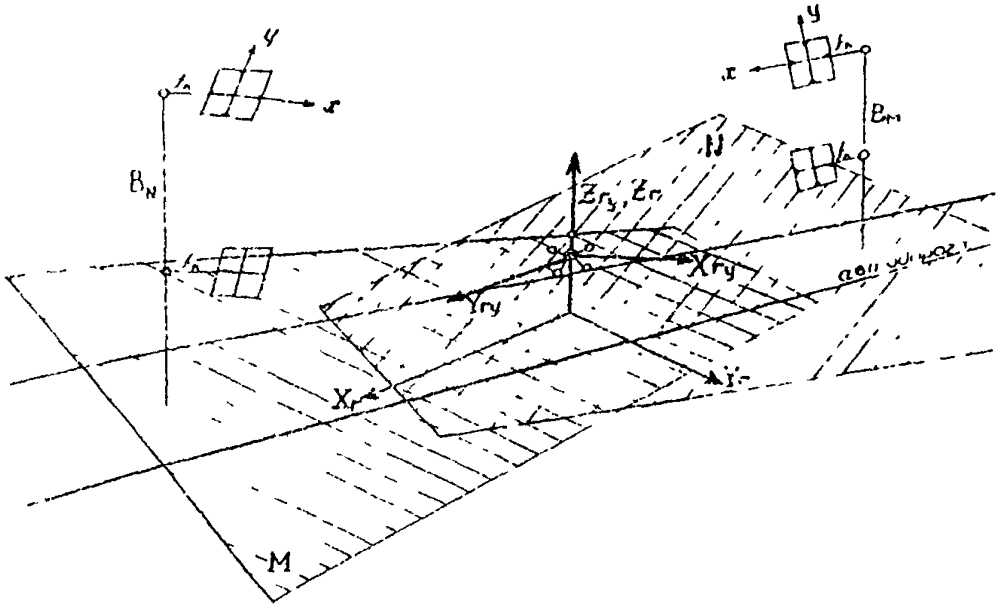


Рис.I2

По контактным отпечаткам намечают и фиксируют на обратной стороне пять общих для соседних стоянок автовышки опорных точек, в качестве которых используют местные характерные предметы (столбы, мачты высоковольтной сети и т.п.). Намеченные опорные пункты геодезически привязывают с точек магистрального хода угловыми засечками.

2.6.4.6. При производстве фотограмметрической съемки с катера или шлюпки отвесных берегов, существующих мостов и

т.п. съемку производят с базиса фотографирования близкого к горизонтальному. Места стоянок фотокамеры намечают в процессе рекогносцировки, используя для этой цели местные береговые предметы или элементы мостового перехода в качестве ориентиров. При их отсутствии намечают створы, которые перед съемкой маркируют.

По полученным контактным отпечаткам намечают опорные точки, которые геодезически привязывают к магистральному ходу или государственной геодезической сети.

Выбор параметров съемки осуществляется известными способами в зависимости от требуемой точности конечной продукции.

2.6.4.7. Методика камеральной обработки при помощи ЭВМ материалов фотограмметрической съемки позволяет обрабатывать снимки, полученные с любым пространственным положением базиса фотографирования и взаимными углами поворотов и наклона, вплоть до величин углов, дающих точечный стереоэффект. Однако фотографирование следует производить близкими к параллельным оптическими осями фотокамеры.

2.6.4.8. При фотографировании с качающейся опоры применяют контрастные фотопластинки ИЗООРТО, чувствительностью 45-250 единиц ГОСТа.

3. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Обработку полевых материалов фототеодолитной съемки производят в стационарных условиях или на основной базе изыскательной экспедиции в следующей последовательности:

вычисление координат пунктов геодезического обоснования, базисных и контрольных точек;

подготовка негативов и рабочей основы для составления топографического плана и специальных измерений по стереомодели;

рабочие поверки стереофотограмметрической аппаратуры;

фотограмметрическое сгущение сети контрольных пунктов;

ориентирование негативов в приборах и составление топографических типов других видов продукции

Координаты пунктов геодезического обоснования, базисных и контрольных точек вычисляют известными геодезическими методами. Дополнительно по результатам полевых наблюдений вычисляют дирекционные углы всех базисов и контрольных направлений и составляют их ведомость.

При аналитическом и графоаналитическом методах обработки результатов фотосъемки камеральные работы включают:

выполнение рабочих поверок стереокомпаратора, стекометра координатографа;

подготовку негативов для стереоизмерений;

ориентирование негативов в стереоприборе и измерение стереопар;

подготовку результатов измерений для аналитической обработки материалов при помощи ЭВМ;

расшифровку результатов машинного счета и составление ведомости аналитически вычисленных геодезических координат определяемых точек;

составление топографического плана исследуемого участка местности;

составление ведомости аналитически определенных геодезических координат точек ситуации и рельефа.

В зависимости от назначения конечной продукции, методики фотограмметрической съемки, геодезической подготовки съемки, а также наличия стереофотограмметрической аппаратуры обработку фотоснимков выполняют оптико-механическим, аналитическим или графоаналитическим способами.

Оптико-механическим методом обрабатывают фотоснимки, полученные нормальным и равноотклоненным случаями съемки с составлением топографических или фронтальн планов и профилей при помощи стереоавтографов, технокарта, топокарта и других универсальных стереофотограмметрических приборов.

Материалы фотограмметрической съемки общего случая или с разреженным геодезическим обоснованием обрабатывают аналитическим или графоаналитическим методами. В этом случае измерения фотоснимков осуществляют на стереокомпараторах, вычисления выполняют по специальным программам на ЭВМ, а составление топографических и фронтальных планов и профилей выполняют либо при помощи универсальных стереофотограмметрических приборов, либо при помощи координатографов или графопостроителей.

3.I. Подготовительные работы

3.I.I. До начала фотограмметрических измерений проверяют постоянство элементов внутреннего ориентирования снимков и правильность установки камеры по заданным элементам внешнего ориентирования.

3.I.2. Постоянство элементов внутреннего ориентирования фотокамеры (фокусное расстояние f_K и ксординаты главной точки снимка x^o и z^o) выявляют, сравнивая расстояния между координатными метками рабочих негативов l_r с эталонными расстояниями L^o_r полученных из серии негативов, сфотографированных с заведомым прижимом (прилож. 3). Если расхождение $\Delta L = L^o_r - L_r > 0{,}03$, то вычисляют поправки к значениям элементов внутреннего ориентирования:

$$\delta_{f_K} = \frac{\Delta L_r}{L^o_r} f_K ;$$
$$x_o = -\frac{2 f_K^2}{(L^o_r)^2}(\Delta l_1 + \Delta l_2) ; \qquad (30)$$

$$Z^{o} = -\frac{2 f_k^2}{(L_r^{o})^2}(\Delta l_4 - \Delta l_3),$$

где

$$\Delta l_1 = l_1 - l_1^{o};$$
$$\Delta l_2 = l_2 - l_2^{o};$$
$$\Delta l_3 = l_3 - l_3^{o};$$
$$\Delta l_4 = l_4 - l_4^{o}.$$

Все записи и вычисления заносят в журнал анализа негативов.

3.I.3. Погрешность установок фотокамеры по заданным элементам внешнего ориентирования определяют измерением координат точек местности, на которые в поле взяты контрольные направления. По вертикальным и горизонтальным углам, измеренным в поле относительно оптической оси камеры, вычисляют фотограмметрические координаты точек контрольных направлений (x_o, z_o):

$$\left.\begin{aligned} x_o &= f_k \cdot tg\,\alpha'; \\ z_o &= \frac{f_k}{\cos\alpha'}\, tg\,\beta \end{aligned}\right\}, \qquad (3I)$$

где α' – горизонтальный угол на наблюдаемую точку;

β – вертикальный угол.

Величину угла α' получают из выражения

$$\alpha' = \alpha + \Delta\alpha_y,$$

где α – угол, полученный измерениями контрольных направлений относительно направления базиса;

$\Delta\alpha_y$ – поправка за внецентренность передней узловой точки объектива фотокамеры, определяемая из

$$\Delta\alpha_y = 0{,}1\,\frac{\sin 2\alpha}{2Y}\,\rho, \qquad (32)$$

где 0,I – расстояние от оси инструмента (фотео I9/I3I8) до передней узловой точки;

Y – приближенное значение отстояния до наблюдаемой точки.

При учете поправки за центрировку абсолютное значение угла увеличивают.

Если расхождения между измеренными значениями координат точек снимка и их вычисленными значениями не превышают ±0,02 : 0,03 мм, то угловые элементы внешнего ориентирования считают соответствующими заданным.

Для контроля элементов внешнего ориентирования (ЭВО) необходимо иметь на каждый снимок не менее двух контрольных направлений, одно из которых должно располагаться в центре снимка.

3.1.4. В базисы фотографирования, абсолютные отметки которых превышают 2000 м, вводят поправки за приведение измеренных длин базисов к уровенной поверхности:

$$\Delta B = B \times \frac{H}{R}, \qquad (33)$$

где H – абсолютная отметка фотостанций;

R – радиус кривизны уровенной поверхности, равный $6{,}4 \times 10^6$ м.

Исправленную величину базиса Во находят по формуле

$$B_0 = B - \Delta B. \qquad (34)$$

3.1.5. По результатам оценки фотограмметрического качества негативов и правильн эти установки ЭВО составляют ведомость оценки качества всей съемки (прилож. 4) и устанавливают необходимость аналитического сгущения сети контрольных точек и последовательность обработки стереопар.

3.2. Фотограмметрические способы определения координат контрольных и определяемых точек

3.2.1. Фотограмметрическое определение величин координат контрольных и определяемых точек выполняют на основе прямой фотограмметрической засечки и пикетным способом.

Для определения величин координат фотостанций или длин базисов фотографирования применяют обратную фотограмметрическую засечку с решением задачи Ганзена. В этом случае необ-

ходимо, чтобы на измеряемой стереопаре изобразилось не менее двух точек геодезического обоснования. При наличии на стереопаре большего числа геодезических точек применяют для решения задачи способ Потенота.

3.2.2. В тех случаях, когда намечают камеральное сгущение контрольных пунктов способом прямой фотограмметрической засечки, в процессе выполнения полевых фототеодолитных работ:

геодезически определяют координаты левых точек базисов фотографирования или одиночных фотостанций;

на каждой фотостанции определяют дирекционные углы направлений оптической оси фотокамеры или одного-двух контрольных направлений;

фотосъемку производят не менее чем с трех станций.

Камеральные работы выполняют в следующем порядке:

измеряют картинные координаты твердых и определяемых точек на стекометре или стереокомпараторе;

вычисляют углы по результатам фотограмметрических измерений с учетом ошибок снимков;

вычисляют прямые засечки;

вычисляют высоты определяемых точек;

составляют каталог координат всех точек.

3.2.3. Выбор и опознавание точек сгущения на снимках должны отвечать следующим требованиям:

размещение точек сгущения в пределах стереопары должно быть выполнено в соответствии с рис. 8;

в качестве точек сгущения выбирают четкие натуры, местные предметы или специально замаркированные точки;

выбранная для камерального сгущения точка должна однозначно опознаваться на всех снимках;

намеченную точку обводят на всех негативах или отпечатках тушью и подписывают соответствующий номер. На обратной стороне отпечатка зарисовывают абрис и отмечают место наводки.

3.2.4. Определения плановых координат точек прямой засечкой производят по известным формулам. Вычисления высотных отметок выполняют по формуле

$$H_\varphi = H_0 + i + \frac{S\cos\beta}{f_k^0} Z^0 - \Delta H_R \,, \tag{35}$$

где H_0 - отметка фотостанции;
i - высота инструмента;
S - расстояние от фотостанции до исходной точки;
β - горизонтальный угол между осью снимка и направлением на исходную точку;
Z^0 - исправленная координата точки на снимке;
f_k^0 - исправленное фокусное расстояние камеры;
ΔH_R - поправка за кривизну Земли и рефракцию.

Поправку ΔH_R следует учитывать только в тех случаях, когда ее величина превышает 0,I принятого сечения рельефа.

3.2.5. Определение величин координат контрольных и определяемых точек пикетным способом осуществляют аналитически с измерением снимков на стереокомпараторе. Величины координат точек вычисляют по формулам (I) - (5).

При пикетном способе координаты точек вычисляют дважды независимо друг от друга, за окончательные значения принимают средние арифметические величины.

3.2.6. Координаты и отметки дополнительных контрольных пунктов при последующей оптико-механической обработке стереопар наносят на съемочный планшет и включают в каталог координат.

3.3. Аналитическая обработка при помощи ЭВМ результатов измерений фотоснимков

Аналитические методы обработки при помощи ЭВМ материалов наземной фотосъемки применяют при:

обработке одиночных стереопар с известными и неизвестными ЭВО;

сгущении геодезического обоснования фототеодолитных маршрутов;

специальных измерениях.

Работы по аналитической обработке материалов состоят из следующих основных этапов:

составления проекта обработки и подготовки фотоснимков;

измерения фотоснимков на стереокомпараторе и подготовк числовой информации для ЭВМ;

аналитической обработки материалов съемки.

В результате аналитической обработки получают:

величины геодезических координат определяемых точек (контрольных, опознаков и пикетов), с помощью которых графически или оптико-механическим методами составляют топографический план, профили, разрезы;

величины геодезических координат контрольных корректурных точек с последующей оптико-механической обработкой стереопар на универсальных стереофотограмметрических приборах;

линейные и угловые величины элементов внешнего ориентирования фотоснимков, используемых в качестве установочных для универсальных приборов.

3.3.I. Аналитическая обработка одиночных стереопар

3.3.I.I. Алгоритм и программа (прилож. 5) позволяют определить величины ЭВО каждого фотоснимка стереопары на основе решения обратной фотограмметрической засечки.

По известным или вычисленным ЭВО, используя решение прямой фотограмметрической засечки, обрабатывают пары фотоснимков, полученные с любого пространственного положения базиса фотографирования, с большими взаимными углами поворотов и наклона вплоть до величин углов, дающих лишь точечный стереоэффект.

При составлении проекта обработки материалов общего случая съемки на снимках отождествляют опорные геодезические точки, намечают определяемые. Одновременно определяют приближенные значения координат центров фотографирования и взаимное положение фотограмметрических и геодезических систем координат.

3.3.I.2. При измерениях на стереокомпараторе пар фотоснимков, полученных с наклонного или вертикального базиса

фотографирования, снимки закладывают в прибор с разворотом обоих снимков против часовой стрелки на 90^0 таким образом, чтобы на левой кассете находился верхний, а на правой - нижний снимок.

Порядок измерений стереопар на стереокомпараторе следующий:

измерение координатных меток (очередность в соответствии с рис. 1);

определение величин плоских координат опорных точек в любой последовательности;

определение величин координат точек ситуации и рельефа в необходимом количестве для составления топографических планов, профилей и разрезов пикетным способом.

Необходимые для составления крупномасштабных исполнительных планов промышленных площадок, железнодорожных станций и инженерных сооружений линейные обмеры получают, используя разности геодезических координат соответствующих точек, полученных после аналитической обработки.

3.3.1.3. По результатам аналитической обработки фотоснимков составляют ведомость геодезических координат точек ситуации, которая вместе с фотоотпечатками, с нанесенными на них определяемыми точками, являются дополнением к графическим материалам.

3.3.2. Аналитическое сгущение геодезического обоснования маршрутной фотосъемки

3.3.2.1. Алгоритм и программа позволяют сгущать опорную геодезическую сеть маршрута, *состоящего из* 8-10 стереопар.

При составлении проекта аналитической обработки на фотоснимках отождествляют опорные геодезические и связующие замаркированные точки. При отсутствии замаркированных точек намечают в качестве связующих два-три надежно опознающихся местных предмета, расположенных на ближнем или среднем планах.

Для построения и сгущения маршрута отбирают стереопары,

покрывающие весь обрабатываемый участок съемки без фотограмметрических разрывов.

3.3.2.2. На стереокомпараторе измеряют координатные метки, опорные, связующие и определяемые (до 20) точки. На основе этих измерений аналитически находят пространственные геодезические координаты первой стереомодели. Последующие стереопары решают также, только в качестве опорных точек для вычисления величины базиса фотографирования, если он не определен геодезически в полевых условиях, используют соответствующие связующие точки с вычисленными геодезическими координатами.

Наличие одной-двух опорных геодезических точек на последней стереомодели маршрута позволяет оценить точность построения маршрута и распределить допустимую невязку.

3.3.2.3. В результате аналитической обработки получают

установочные данные и геодезические координаты контрольных (корректурных) точек для графомеханической обработки фотоснимков на универсальных стереоприборах;

геодезические координаты пикетных точек для составления топоснимков, профилей и разрезов графическим методом.

3.3.2.4. По результатам обработки составляют ведомость геодезических координат планово-высотной опорной сети.

3.3.3. Створные базисы

Алгоритм и программа (прилож. 6) позволяют создать или сгущать планово-высотное геодезическое обоснование фототеодолитной съемки, выполненной с фотостанций, расположенных в створе.

По стереопарам каждого базиса намечают четкие контурные предметы или замаркированные точки (если местность слабоконтурная и произведена маркировка точек), которые выбирают в качестве контрольных, связующих (4-5 точек), опорных и других точек.

По результатам измерений на стереокомпараторе аналитически определяют координаты всех точек и используют их для последующей графомеханической обработки материалов съемки.

При отсутствии геодезических пунктов в маршруте съемки

фотограмметрическую сеть создают в условной системе координат, при этом начальный и конечный базисы сети должны содержать не менее двух дополнительных створных фотостанций.

Наличие двух твердых точек в площади съемки позволяет оценить точность построения сети и распределить допустимую невязку.

По результатам сгущения составляют ведомость координат. Координаты точек могут быть использованы для составления топографических планов, профилей и разрезов на локальные участки местности.

3.4. Составление топографических планов графомеханическим способом

Обработка фотоснимков на стереоавтографе I3I8 состоит из следующих основных процессов:

подготовительные работы;

установка снимков в прибор и ориентирование планшета;

ориентирование стереомодели по контрольным пунктам;

рисовка рельефа и ситуации.

Работы начинают с подготовки планшета - нанесения координатной сетки контрольных пунктов и фотостанций. Для удобства ориентирования планшета наносят также направления оптических осей камер во время съемки.

Для фиксирования направления оптической оси или контрольного направления вычисляют координаты точек направления в ближнем и дальнем плане по формулам

$$\left.\begin{aligned} X_K &= X_A + S\cos\delta_0 \\ Y_K &= Y_A + S\sin\delta_0 \end{aligned}\right\}, \qquad (36)$$

где X_A, Y_A - координаты левой фотостанции базиса;

S - выбранное расстояние до определяемых точек;

δ_0 - дирекционный угол оптической оси.

Все работы по разбивке планшета и нанесения точек выполняют на координатографе.

3.4.I. Построение модели и установка основы на координатографе

Снимки, составляющие стереопару с помощью центрировочного приспособления и светового пульта, укладывают в снимкодержатели: негатив с буквенными индексами AL , A , AR - в левый снимкодержатель; α - с буквенными индексами, BL , B , BR - в правый снимкодержатель R . Затем на отсчетных приспособлениях стереоавтографа (индикаторах) устанавливают величины элементов внутреннего и внешнего ориентирования: значение фокусного расстояния fK ; базисные составляющие Bx , By , Bz - в масштабе построения стереомодели, а также величину смещения объектива камеры во время съемки. Значения базисных составляющих рассчитывают по следующим формулам:

$$\left.\begin{aligned} Bx &= B\cos\varphi\ \frac{1000}{t_M}\ ; \\ By &= B\sin\varphi\ \frac{1000}{t_M}\ ; \\ Bz &= \Delta h\ \frac{1000}{t_M} \end{aligned}\right\}, \qquad (37)$$

где B - горизонтальное проложение базиса фотографирования;
φ - угол скоса;
Δh - превышение правого центра проекции над левым;
t_M - знаменатель выбранного масштаба стереомодели прибора.

Масштаб модели выбирают в зависимости от заданного масштаба плана и отстояния до дальней границы съемки по табл. 4.

Таблица 4

Масштаб составляемого плана	Максимальные отстояния (м)	Масштаб модели	Увеличение на координатографе x
I:500	200	I:500	I,0
	400	I:1000	2,0
I:1000	400	I:1000	I,0

Продолжение таблицы 4

I	2	3	4
	800	I:2000	2,0
I:2000	400	I:1000	0,5
	800	I:2000	I,0
	I600	I:4000	2,0
I:5000	I000	I:2500	0,5
	2000	I:5000	I,0
	4000	I:I0000	2,0

x) у стереоавтографа I3I8 *FL* диапазон коэффициентов передач (стереомодель-координатограф) расширен и составляет от 0,I до 5,0.

Все установочные устройства стереоавтографа после введения исходных величин закрепляют зажимными винтами.

После построения стереомодели в приборе на координатограф укладывают планшет с рабочей основой и ориентируют его. Для этого используют точки, фиксирующие направление оптической оси. На счетчике У стереоавтографа устанавливают минимальное отстояние, равное величине S , взятой для определения координат точек оптической оси. На счетчике X устанавливают отсчет, соответствующий положению марки прибора на главной вертикали снимка. При отключенном координатографе марку микроскопа совмещают с ближней точкой оптической оси. Подключают координатограф к стереоавтографу, установив выбранный коэффициент передачи. Штурвалом У перемещают каретку отстояний и устанавливают на счетчике У отстояние, соответствующее выбранному расстоянию для дальней точки оптической оси. Поворачивают планшет вокруг ближней точки оптической оси до совмещения марки микроскопа с дальней точкой. Методом последовательных приближений, пользуясь поворотом планшета и установочными винтами микроскопа, добиваются точного ориентирования рабочей основы относительно оптической оси камеры.

3.4.2. Корректура модели

3.4.2.1. Модель, построенная в стереоавтографе, имеет искажения, обусловленные как погрешностями установки зво и ЗВЗ камеры, так и погрешностями юстировки самого прибора. Поэтому дополнительно ориентируют стереомодель по контрольным пунктам (см.рис. 8).

В зависимости от количества и расположения контрольных пунктов на стереопаре и координат левых фотостанций базисов фотографирования выбирают соответствующий способ корректуры модели. При графоаналитическом способе обработки материалов съемки, по пяти-шести КП, расположенным в зоне съемки, аналитически с использованием ЭВМ вычисляют элементы внешнего ориентирования для данной стереопары и устанавливают их на соответствующих отсчетных приспособлениях прибора.

3.4.2.2. Для корректуры модели достаточно иметь три контрольных пункта, расположенных в дальнем плане обрабатываемого участка. Если стереопара обеспечена меньшим количеством контрольных точек (1-2 КП), то производят раздельное исправление ошибок в элементах внутреннего и внешнего ориентирования.

Производство корректуры осуществляют в следующей последовательности:

центрируют снимки обычным образом;

на всех индикаторах прибора устанавливают нули, а на линейках - фокусное расстояние камеры f_K ;

мостик отсчетный ставят на отсчет $У = f_K$ и закрепляют штурвал;

штурвалами X и $\mathcal{Z}$ и изменяя установку конвергенции, измерительную марку стереоскопически наводят на координатную метку 3; затем на координатную метку 4 (см. рис. 1);

используя движение и шкалы X и $\mathcal{Z}$, монокулярно измеряют расстояния между координатными метками на левом и правом снимках и по формулам

$$\left.\begin{aligned} \alpha f_0 &= \frac{f}{b_0 x_1 z}\left(\Delta \ell x_1 + \Delta \ell x_2\right); \\ \Delta \ell x, x_2 &= \ell' x_1 x_2 - \ell'' x_1 x_2 \end{aligned}\right\} \qquad (38)$$

вычисляют поправки за неприким в фокусное расстояние левого и правого снимков

По формуле

$$f'_{к1,п} = f_к + \alpha f_к \alpha_{1,п} \qquad (39)$$

определяют установочные величины $f'_к$ и ставят их на индикаторах.

Контролем служит равенство по величине и знаку отклонений $\Delta p'_{1,2}$ правой марки от координатных меток 1,2. Отклонение устраняют изменением правого фокуса;

совмещают левую марку на координатные метки 1,2 и оценивают на глаз отклонение правой марки $\Delta p'$ 1,2 ;

децентрируют правый снимок на величину

$$\Delta x = 6 \Delta p_{1,2} \qquad (40)$$

вдоль оси снимка. Подъюстировку осуществляют правым фокусом;

штурвалами X , Z и, меняя установку конвергенции, измерительную марку стереоскопически наводят на любую координатную метку. Если марка не касается метки, то все операции повторяют;

поправку ΔBy вычисляют по результатам сделанных ранее измерений расстояний между координатными метками левого снимка:

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon x &= \frac{2f}{x_{0x}^2}\left(\Delta l_{x1} - \Delta l_{x2}\right); \\ \Delta By &= 2Bx\,\varepsilon x_л \end{aligned}\right\} \qquad (41)$$

При $\varepsilon_{x_л} > 0$ поправку ΔBy вводят по шкале индикатора "скос вправо", а при $\varepsilon x_л < 0$ - по шкале индикатора "скос влево".

3.4.2.3. Корректуру модели по трем точкам (см.рис. 8) производят в следующем порядке:

стереоскопически наводят марку на КП-I и с помощью установочного микроскопа определяют величину смещения измерительной марки относительно точки I. Если величина смещения по

оси У не превышает 0,2 мм на планшете, то корректуру модели по КП-I можно считать законченной. Если величина этого смещения больше 0,2 мм, но не превышает I,0 мм, то движением правого негатива вдоль оси ХХ снимкодержателя совмещают марку микроскопа с точкой. Если же величина смещения превышает I мм, то несоответствие устраняют изменением установки угла конвергенции.

При необходимости корректуру повторяют:

стереоскопически наводят марку прибора на КП-2 и смещение более 0,2 мм устраняют движением B_y плановой линейки;

наводят марку на изображение точки 3. При удовлетворительном качестве негативов величина смещения на планшете не должна превышать 0,4 мм. Она распределяется установочным микроскопом примерно поровну на все точки. При значительных отклонениях проверяют геодезические вычисления и проводят ориентирование планшета заново;

если после ориентирования стереомодели по контрольным пунктам I-3 возникли смещения в положении точек по оси Х больше 0,2 мм, то их устраняют перемещением установочного микроскопа на величину среднего арифметического из отклонений на всех трех точках;

если на планшете имеются дополнительные точки с геодезическими координатами, то марку наводят на эти точки: расхождения в положении точек в плане не должно превышать 0,4 мм;

для установки начальной высотной отметки барабан счетчика высот ставят на выбранный масштаб стереомодели.

На отсчетном устройстве левого компенсатора смещения объектива устанавливают нулевой отсчет. Вращением штурвалов Х, У, Z наводят левую измерительную марку на ось ХХ снимка, и на счетчике высот устанавливают отметку левого центра проекции. После этого левый компенсатор вновь устанавливают на отсчет, соответствующий смещению объектива при съемке. Стереоскопически наводят марку прибора на КП-I и на барабанчике высот устанавливают ее отметку. Наводят марку поочередно

на КП-2 и КП-3 и сравнивают вычисленные отметки этих точек с измеренными. Если расхождения не превышают I/4--I/5принятого сечения рельефа, то можно считать, что в высотном отношении модель ориентирована правильно.

При больших расхождениях распределяют полученные разности высот равномерно по всем точкам изменением установки счетчика высот.

Результаты корректуры модели по контрольным точкам записывают в журнал обработки стереопар (прилож. 7).

3.4.3. Особенности обработки наземных снимков на стереопланиграфе, стереометрографе, топокарте, технокарте

3.4.3.I. Для построения модели на стереопланиграфе негативы укладывают на снимкодержатели эмульсией вниз и центрируют обычным образом. Затем снимкодержатели смещают в направлении оси Z на величину перемещения объектива фотокамеры во время съемки (ΔZ). Смещение выполняют в положительном направлении оси Z, если объектив смещался вверх и наоборот. Кассеты закрепляют в камерах. На отсчетных устройствах прибора ставят:

фокусные расстояния камер, соответствующие фокусным расстояниям снимков;

угол скоса - φ ;

значения углов наклона ω и поворота X равные нулю;

угол конвергенции - γ устанавливают на отсчетном устройстве скоса $\varphi_п$ правой камеры;

значения b_y, b_z - левого снимка равные нулю,

значения базисных составляющих b_y и b_z правого снимка и b_x - в масштабе модели, вычисленные по формуле (8).

При выборе масштаба модели рекомендуется пользоваться табл. 5.

Установочные отсчеты $b_{yм}$ и $b_{zм}$ вычисляют по формулам

$$\left.\begin{aligned} b_{yм} &= b_y^0 - b_y; \\ b_{zм} &= b_z^0 - b_z \end{aligned}\right\} \qquad (47)$$

Диапазон установок величин $в_{ул}$ и $в_{уп}$ на стереопланиграфе составляют ± 20 мм. В тех случаях, когда вычисленные значения этих составляющих превышают ± 20 мм, на отсчетном устройстве $в_{ул}$ ставят отсчет $в^{o}_{ул}$ = 40 мм (при скосе влево) или нуль (при скосе вправо). Тогда нулевым отсчетам шкалы $в_{уп}$ также будут соответствовать 40 мм или нуль.

В этом случае нулевые отсчеты по шкале и счетчику У также изменяют соответственно на + 20 или - 20 мм.

Установочный отсчет $в_{x_м}$ при работе с негативами определяют по формуле

$$в_{x_п} = в^{o}_{x} + в_{x}. \tag{43}$$

Таблица 5

Масштаб плана	Масштаб модели	Пределы измерений, м	Передаточное соотношение
I:500	I:500	75-300	I
	I:750	100-450	I,5
	I:I000	I50-600	2
	I:I500	225-900	3
I:I000	I:I000	I50-600	I
	I:I500	225-900	I,5
	I:2000	300-I200	2
	I:3000	450-I800	3
I:2000	I:2000	300-I200	I
	I:3000	450-I800	I,5
	I:4000	600-2400	2
	I:6000	900-3600	3
I:5000	I:5000	750-3000	I
	I:7500	II25-4500	I,5
	I:I0000	I500-6000	2
	I:I5000	2250-9000	3

После окончания всех установок проверяют правильность построения стереомодели. Сначала проверяют установку X сним-

ков. Монокулярно совмещают измерительную марку левого снимка с первой координатной меткой. Вращением штурвала X перемещают марку ко второй координатной метке. Несовпадение устраняют поворотом X снимкодержателя на I/2 смещения и наполовину - вращением ножного диска Σ . Методом последовательных приближений добиваются точного совмещения измерительной марки с координатными метками I и 2. Аналогичные действия выполняют и при установке правого снимка.

На счетчике X прибора устанавливают нулевой отсчет, при этом левая измерительная марка должна находиться на главной вертикали снимка. Выключают счетчик и ставят на нем отсчет X=500мм; после чего вновь включают счетчик.

Затем, в коробке передач координатографа устанавливают соответствующие шестерни,согласно табл. 5, и,подключив координатограф, сриентируют планшет приемом, описанным выше.

3.4.3.2. Корректура модели по оси $У_\Phi$ и уточнение ориентирования планшета выполняют также, как и на стереоавтографе. Исправления производят следующими устройствами прибора:

погрешность Δ Bx - базисной составляющей B_x ;

погрешность Δ By - базисной составляющей $в_y$ правой камеры;

ошибка неприжима - смещением правого снимка по оси xx с одновременным изменением скоса φ правой камеры;

ошибка конвергенции γ - изменением установки скоса правой камеры;

Корректуру модели по высоте производят также как и для стереоавтографа.

Некоторые особенности заключаются в следующем:

при корректуре модели по КП-I (или по КП-4 и КП-I), т.е. устранение ошибок высот за счет погрешностей наклона оси камеры ω и установки смещения объектива производят одновременным наклонами обеих проектирующих камер на равные углы $\Delta\omega$ с помощью устройств ω левой и правой камер;

при корректуре модели по КП-2 и КП-3, в случае обнаружения ошибки X в поворотах снимков, ее устранение производят разворотом обоих снимкодержателей на равные углы Δ x.

Исправление выполняют в следующей последовательности.

После исправления по КП-I или КП-I и КП-4, измеряют отметки $H\varphi$ на КП-2 и КП-3 и записывают отсчеты по счетчику X : X_2 и X_3 при совмещении марки этими точками.

Вычисляют разности:

$$\left.\begin{aligned} \Delta H_2 &= H_{2\varphi} - H_2 \\ \Delta H_3 &= H_{3\varphi} - H_3 \end{aligned}\right\}, \qquad (44)$$

где $H_{2,3}$ - геодезические отметки точек.

Вычисляют поправку ΔH_2^0 к фотограмметрической отметке точки

$$\Delta H_2^0 = \frac{\Delta H_3 - \Delta H_2}{x_3 - x_2}(500 - x_2). \qquad (45)$$

Вращением ножного диска устанавливают на счетчике высот исправленную отметку

$$H_2^0 = H_{2\varphi} + \Delta H_2^0, \qquad (46)$$

и поворотом x обеих камер устраняют смещение измерительной марки относительно точки 2 модели. В заключении производят контрольные измерения высот на КП-2 и КП-3.

3.4.3.3. Стереометрограф с некоторыми ограничениями можно использовать для обработки стереопар наземной стереофотограмметрической съемки.

В приборе использован принцип пространственного восстановления связки лучей подобной той, какая имела место при съемке. *Пространственное положение точки местности определяют* механической засечкой.

На приборе устанавливают элементы внутреннего и внешнего ориентирования, негативы закладывают в снимкодержатели эмульсией вниз и центрируют обычным образом.

Точное ориентирование стереомодели производят по начальным направлениям, прочерченным на планшете; разворот снимков осуществляют движениями винта x.

Для стереоскопических измерений на построенной модели производят переключение координатных осей У на Z с помощью переключателя $У_Z$.

Таким образом, перемещения по оси У осуществляют ножным штурвалом, а по оси Z - правым штурвалом.

По конструктивным особенностям стереометрографа перемещение по оси Z возможно в пределах 180 мм. Для увеличения диапазона обрабатываемых отстояний применяют афинное преобразование модели.

3.4.3.4. При обработке снимков наземной стереофотограмметрической съемки на топокарте следует учитывать конструктивные особенности прибора.

Построение стереомодели и ее обработку осуществляют аналогично работе со стереометрографом.

3.4.3.5. Работа на технокарте подобна обработке снимков на стереоавтографе. Предел некоторых постоянных технокарт изменен:

диапазон фокусных расстояний обрабатываемых снимков от 50 мм до 215 мм;

формат обрабатываемых негативов от 4х4 см до 23х23 см;

средняя квадратическая ошибка параллакса прибора $\pm$ 0,002 мм;

возможна обработка снимков, полученных при равнонаклонном случае съемки;

кроме графической регистрации возможна цифровая;

возможно подключение координатора;

коэффициент передач прибор - координатограф дается в пределах от 0,16 до 6,25;

графическая регистрация может быть осуществлена на горизонтальную, вертикальную и наклонную плоскости;

увеличение оптической системы прибора от 6^X до 11^X.

3.4.4. Рисовка рельефа и контуров. Оформление плана

После окончания корректуры модели на любом из новых универсальных приборов приступают к рисовке рельефа и контуров. В держатель чертежного устройства стереографа

вместо микроскопа вставляют карандаш, а на счетчике высот устанавливают минимально возможную отметку для данного участка местности. Счетчик высот закрепляют. Штурвалами X и У на стереомодели отыскивают такое место, где измерительная марка касается поверхности модели. В этой точке отметка земли равна отметке, установленной на счетчике высот. После этого включают чертежное устройство и, перемещая марку штурвалами X и У, проводят горизонталь, следя за тем, чтобы марка непрерывно касалась поверхности модели. Аналогично проводят остальные горизонтали.

Рисовку рельефа следует начинать с одной из границ рабочей площади стереопары. При этом горизонтали рекомендуется проводить всегда в одном направлении, например, слева направо: это особенно необходимо работая с прибором, находящимся длительное время в эксплуатации.

При однообразном рельефе (крутой затяжной склон, глубокая впадина и т.д.) следует выполнять не сплошную рисовку горизонталей а только , например, второй, четвертой, пятой. Остальные горизонтали наносят способом интерполяции.

Если рельеф местности слабо выражен, то следует проводить полу- и четверть горизонтали, или же ограничиться набором определенного количества пикетов с последующим проведением по ним горизонталей.

После завершения рисовки рельефа приступают к зарисовке контуров и ситуации.

Совместив измерительную марку с какой-либо точкой контура, одновременным движением штурвалов X, У и ножного диска перемещают марку по периметру контура, следя за тем, чтобы марка в процессе движения все время касалась данного контура.

Если при отображении контуров возникают трудности, связанные с одновременной работой трех штурвалов, то рисовать данный контур следует по характерным точкам, набранным стереоскопически по периметру контура. При отображении контуров леса, кустарника и других высоких предметов, на планшете указывают их высоту, а также и породу деревьев.

Заканчивают рисовку стереопары набором пикетов, которые служат для контроля, отображения рельефа. Пикеты набирают равномерно по рабочей площади стереопары и на характерных точках рельефа. На элементах гидрографии должны быть даны отметки урезов воды. По набранным пикетам оценивают точность изображения рельефа. Расхождения в плановом положении не должны превышать 0,5 мм, а по высоте 1/3 сечения рельефа.

Кроме того, точность рисовки рельефа и контуров оценивают по сходимости их на границах (сводках) со смежными стереопарами. Участки с недопустимыми расхождениями должны быть зарисованы заново.

По заполнению планшета элементами рельефа и ситуации, производят укладку горизонталей и вычерчивание элементов тушью.

3.4.5. Составление топографических планов графоаналитическим методом

Графоаналитический метод с применением ЭВМ используют в следующих случаях:

при обработке материалов фотосъемки небольших участков местности общим или другими случаями съемки. Координаты точек снимков измеряют на стереокомпараторе или стекометре, а фотограмметрические и геодезические координаты вычисляют на ЭВМ;

при обработке материалов маршрутной фототеодолитной съемки с разреженным обоснованием. Координаты определяемых точек измеряют также на стереокомпараторе или стекометре, а фотограмметрические или геодезические координаты точек вычисляют на ЭВМ. Составление топопланов производят графическим способом по точкам, нанесенным на планшет координатографом, или оптико-механическим способом на универсальных приборах с использованием контрольных пунктов и установочных данных, полученных на ЭВМ.

4. Применение НСС для решения некоторых инженерных задач

4.I. Измерения по стереомодели при изысканиях трасс на прижимных участках

4.I.I. На труднодоступных скальных косогорах, обрывистых и прижимных участках топографические планы используют на предварительных стадиях изысканий. Для окончательной укладки трассы с учетом ее общего проектного положения взамен измерений на местности - съемка профилей, вынос трассы от магистрального хода - целесообразно аналогичные измерения производить в камеральных условиях по стереомодели местности, полученной в результате ориентирования пары фототеодолитных снимков на стереокомпараторе, стересавтографе, технокарте и других универсальных приборах.

4.I.2. Для повышения детальности изображения крутого прижимного участка при окончательной укладке трассы кроме топографических создают фронтальные планы и фронтальные фотопланы.

4.I.3. Основные разрезы местности, применяемые при изысканиях и проектировании автомобильных дорог, по расположению их в пространстве подразделяют на две основные группы:

вертикальные профили, являющиеся линией пересечения с поверхностью земли секущих плоскостей, перпендикулярных к горизонтальной плоскости проекции (поперечные и продольные профили);

горизонтальные и наклонные профили, являющиеся линией пересечения с поверхностью земли секущих плоскостей, перпендикулярных к вертикальной плоскости.

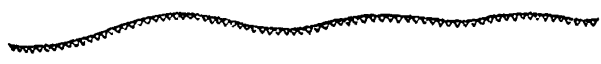
Для получения перечисленных разрезов местности используют камеральные измерения по фототеодолитным снимкам.

4.I.I. Особенности полевых фототеодолитных работ

4.I.I.I. При использовании фототеодолитных снимков для

окончательной укладки трассы съемочные базисы размещают в процессе полевых работ параллельно простиранию рельефа косогора "в створе" или "уступом", применяя нормальный случай НСС (рис. I3).

Простирание косогора



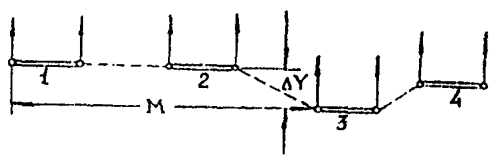


Рис.I3

4.I.I.2. Длины базисов фотографирования выбирают, исходя из требований точности получения координат точек местности в соответствии с формулой

$$\frac{m_B}{B} = \frac{m_e}{2Y_{max}}, \qquad (47)$$

где m_e - допустимая ошибка положения точки в плане;

Y_{max} - отстояние до наиболее удаленной точки фотографируемого объекта.

Базисы фотографирования располагают под одинаковым азимутом или дирекционным углом (I,2,3,4 на рис. I3).

Допустимую разность дирекционных углов базисов в секундах вычисляют по формуле

$$m'' = \frac{m_e}{2Y_{max}} \rho'', \qquad (48)$$

где $\rho'' \approx 200\,000''$.

4.I.I.3. Контрольные точки размещают в зоне предполагаемого положения трассы с расчетом их последующего использования для выноса на местность запроектированной трассы.

Контрольные точки перед фотографированием должны быть замаркированы.

4.I.I.4. Трассирование по снимкам НСС производят в районе расположения полевой трассировочной партии. Снимки измеряют на стереокомпараторе, установленном в ближайшем населенном пункте. В стационарных условиях снимки для трассирования измеряют на стереоавтографе, технокарте и других универсальных приборах.

4.I.I.5. Процесс трассирования состоит из следующих основных этапов:

составление продольных разрезов местности (построение линии нулевых работ);

проектирование линии трассы с помощью продольного разреза местности;

составление поперечных профилей;

составление продольного профиля.

4.I.I.6. При измерениях снимков НСС на стереокомпараторе характерные разрезы местности составляют графически или графоаналитически. Графоаналитический метод применяют, если базисы фотографирования расположены под одинаковым дирекционным углом и если число точек составляемого разреза превышает 5-10 точек.

В остальных случаях характерные разрезы местности строят графически.

4.I.2. Составление разрезов местности по материалам НСС

4.I.2.I. Составление горизонтальных или наклонных продольных разрезов заключается в определении на стереомодели характерных точек местности, располагающихся на проектных отметках, и измерении их координат на стереокомпараторе.

4.I.2.2. При графоаналитическом методе предварительно вычисляют фотограмметрические координаты $X\varphi, Y\varphi, Z\varphi$ крайней точки трассы на подходе к прижимному участку (точка К на рис. I4). По этим координатам далее вычисляют координаты x_r, z_r и продольный параллакс p для

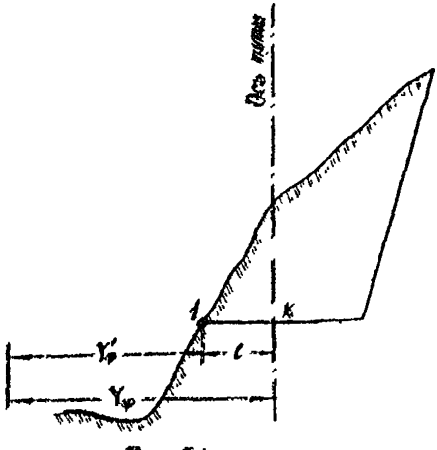


Рис.14

этой же точки на стереомодели.

При вычислении фотограмметрических координат Хφ и Уφ начальной точки исходными данными являются: геодезические координаты и высоты точки трассы Хк , Ук Нк , левого центра фотографирования Ха Уа , На и дирекционный угол оптической оси фотокамеры δ_o .

При этом искомые координаты определяют по формулам

$$\left.\begin{aligned} X_\varphi &= \Delta Y \cos\delta_o - \Delta X \sin\delta_o; \\ Y_\varphi &= \Delta Y \sin\delta_o + \Delta X \cos\delta_o \end{aligned}\right\}, \qquad (49)$$

где $\Delta X = Xк - Xа$, $\Delta У = Ук - Уа$.

Фотограмметрическое превышение Z_φ определяют по формуле

$$Z_\varphi = Нк - Но, \qquad (50)$$

где Но - горизонт оптической оси фотокамеры.

Для определения на стереомодели первой точки продольного разреза (точка I на рис. I4) необходимо учитывать, что координаты крайней точки трассы относятся к оси пути. Поэтому при вычислении Уф для начальной точки разреза следует учесть ширину полки или присыпки ℓ :

$$Y'_\varphi = Y_\varphi \pm \ell. \qquad (51)$$

Координаты x_1 z_1 и продольный параллакс p для точки 1 вычисляют с учетом поправок за нарушение элементов ориентирования.

Для нахождения первой точки продольного разреза на шкалах стереокомпаратора устанавливают ее предвычисленные величины координат X и p, а штурвалом Z марку опускают

на модель. Отсчет по шкале не должен отличаться от предвычисленного более, чем ± 0,02 мм.

4.1.2.3. Для установки марки на точки продольного горизонтального разреза при уклоне трассы $i_{\varphi} = 0$ используют формулу

$$x_i = p_i \cdot C_r , \qquad (52)$$

где x_i – текущая координата на левом снимке, соответствующая линии продольного разреза;

p_i – продольный параллакс наблюдаемой точки разреза

C_r – постоянный коэффициент данного горизонтального разреза

$$\left(C_r = \frac{Z_{\varphi}}{B}\right).$$

Положение точек, соответствующих данному горизонтальному разрезу, определяют методом приближений. При этом последовательно, начиная от исходной точки разреза, определяют точки стереомодели, превышения которых равны.

Для этого наблюдают характерные точки местности и определяют значение параллакса p_i. Затем на арифмометре или логарифмической линейке вычисляют по формулам (6) x и по шкале стереокомпаратора Z устанавливают соответствующий отсчет. Если при этом марка не касается стереомодели, ее наводят винтом параллаксов, определяя новый отсчет p_i, по которому вычисляют новое значение x_i. Приближения повторяют до тех пор, пока x_i наблюдаемой точки не будет равно вычисленному значению с точностью 0,02–0,03 мм.

4.1.2.4. Для установки марки на точки наклонного разреза используют формулу

$$z_i = p_i \cdot C_H + i_{\varphi_3} \cdot x_i , \qquad (53)$$

где z_i – искомая аппликата текущей точки на левом снимке;

C_H – постоянный коэффициент наклонного разреза;

i_{φ_3} – уклон секущей плоскости.

Коэффициент C_H определяют из соотношения $C_H = \frac{Z_{\varphi_0}}{B}$,

в котором $Z\varphi.o$ - фотограмметрическое превышение точки разреза, принятой за начальную.

Превышение $Z\varphi c$ находят по формуле

$$Z\varphi o = Z\varphi 1 \pm i_{роз} X_i , \qquad (54)$$

где $Z\varphi 1$ и Хф.1 - известные фотограмметрические координаты одной из точек разреза.

Уклон разреза $i_{раз.}$ и уклон трассы $i_{тр.}$ равны, если ось трассы параллельна базису фотографирования. При отклонении трассы от направления съемочного базиса на угол δ, который измеряют для отдельных участков трассы транспортиром, значение величины уклона разреза $i_{роз}$ определяют по формуле

$$i_{роз} = i_{тр} \cdot \sec \delta . \qquad (55)$$

Установку измерительной марки стереоприбора на точки наклонного разреза производят в том же порядке, что и для горизонтального разреза, с учетом поправки $i_{роз} X_i$, обычно постоянной при работе на данном участке местности.

4.I.2.5. После установки марки на характерные точки разреза измеряют их координаты x, z, ρ . Затем вычисляют фотограмметрические координаты Хф, Уф для построения точки на разрезе и $Z\varphi$ (Нф) для контроля определения. Форма записи и вычисления координат точек продольного разреза приведены в прилож. 6.

4.I.2.6. При создании непрерывного разреза для косогорного участка, снятого с нескольких одинаково ориентированных базисов (см. рис, I3), координаты точек разреза вычисляют в системе координат одного из базисов. При этом фотограмметрические координаты общих точек смежных базисов вычисляют дважды в своих базисных системах.

При расположении базисов "уступом" (например, базисы № 1 и № 3 на рис. 13) координаты точки разреза, снятого с базиса № 3 в системе первого базиса, определяют по формулам:

$$\left.\begin{aligned} X_{ф.3} &= X_{ф.1} - M \;; \\ Y_{ф.3} &= Y_{ф.1} \pm \Delta Y \;; \\ Z_{ф.3} &= H_{ф.1} - H_{о.3} \end{aligned}\right\}, \qquad (56)$$

где $H_{о.3}$ – отметка центра фотографирования в левой точке последующего базиса.

Величины М, Δ У и $H_{ф.1}$ определяют по данным геодезической привязки при фототеодолитной съемке.

4.1.2.7. Продольный разрез строят в заданном масштабе на чертежной или миллиметровой бумаге по вычисленным фотограмметрическим координатам $X_ф$, $У_ф$ (рис. 15).

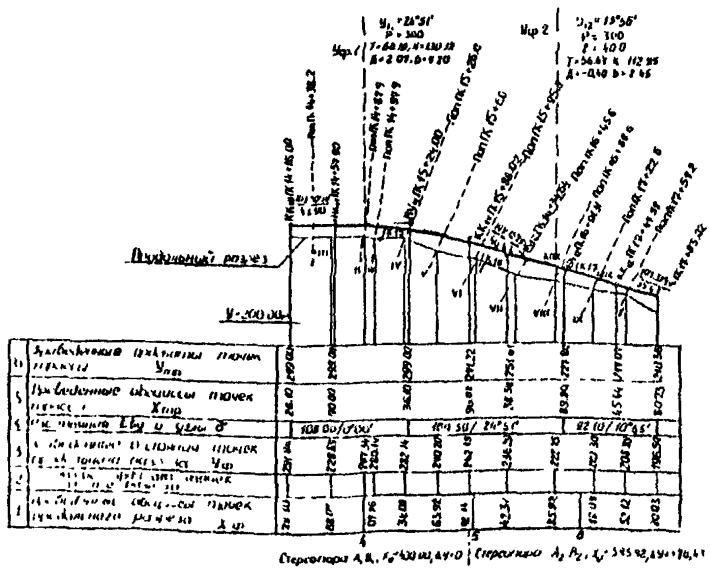


Рис.15

4.I.2.8. Построение продольного разреза графическим способом выполняют на плановой основе с помощью фотограмметрической сетки ориентированной по контрольным точкам.

Так как при съемке продольного разреза косогорного участка разность отстояний от базисов фотографирования есть величина сравнительно небольшая, то для повышения точности разрез строят в масштабе I:500 на части стандартной сетки только в зоне прохождения трассы. При этом линии стандартной сетки могут быть перенесены на планшет и сгущены. Точки разреза наносят по отсчетам x и ρ также, как и пикетные точки при составлении топоплана. Интерполирование величин x и ρ между линиями сетки выполняют с помощью миллиметровой линейки и накалывают их с точностью 0,2 мм.

4.I.3. Проектирование плана трассы

Составление проекта плана трассы выполняют графической укладкой вариантов плана трассы под линейку со вписанными кривых лекалами. Проектирование ведут с учетом рельефа местности, выявленным продольными разрезами. Из намеченных вариантов выбирают лучший, для которого трассу укладывают аналитически. При этом последовательно определяют координаты и пикетажные значения основных точек (вершин углов, начал и концов кривых), углы поворота, элементы кривых, длины и румбы прямых ветвей, а также углы отклонения δ прямых участков трассы от направления базиса фотографирования. Угол δ определяют по формуле

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{Y_к - Y_н}{X_к - X_н} = \frac{\Delta Y_{кн}}{\Delta X_{кн}}, \qquad (57)$$

где $Y_н$, $X_н$, $Y_к$, $X_к$ – координаты начала и конца прямого участка измеряемые графически. Длину прямого участка L вычисляют по формуле $L = \sqrt{\Delta X_{кн}^2 + \Delta Y_{кн}^2}$. Подобным образом ведут вычисления для всех прямых, длины их также вычисляют через расстояния между вершинами углов и тангенсы кривых.

По дирекционному углу или румбу базиса фотографирования или первого прямого участка через углы отклонения δ или углы поворота φ вычисляются румбы всех прямых вставок.

Расстановку пикетов по трассе выполняют графическим и или аналитическим способами.

4.I.4. *Составление поперечных профилей*

4.I.4.I. При графоаналитическом методе обработки снимков для получения поперечных профилей выполняют следующие подготовительные работы:

определяют и прочерчивают на плане трассы направления, по которым необходимо выполнить съемку поперечных профилей;

вычисляют фотограмметрические координаты точек оси трассы на поперечниках;

определяют угол δ_n между плоскостью поперечника и осью Y_ϕ фотограмметрической системы координат;

вычисляют пикетажные значения поперечников.

Методика составления поперечных профилей одинакова для всех случаев расположения базисов фотографирования.

4.I.4.2. Направления для поперечников выбирают с учетом положения характерных точек на продольном разрезе местности.

Если для проектирования поперечников характерных точек продольного разреза оказывается недостаточно, на стереокомпараторе определяют положение точек, через которые следует провести дополнительные поперечники. На участках кривых поперечники прочерчивают по направлениям нормалей. Из точки пересечения нормали с кривой восставляют перпендикуляры к тангенсам кривых.

4.I.4.3. Для определения положения поперечника на стереомодели вычисляют фотограмметрические координаты точек оси пути на поперечниках и ориентирные углы (на кривых).

На прямых участках трассы координаты точек оси пути на поперечнике X_{t1} и Y_{t1} (рис. I6) вычисляют по формулам

$$X_{t1} = X_{g1} + L_{g1t1} \cdot \cos\delta = X_{g1} + \Delta X_{gt}; \quad (56)$$
$$Y_{t1} = Y_{g1} \pm L_{g1t1} \cdot \sin\delta = Y_{g1} \pm \Delta Y_{gt},$$

где L_{qt} – расстояние от точки трассы, координаты и пикетаж которой известны до точки t_1 пересечения направления поперечника с трассой.

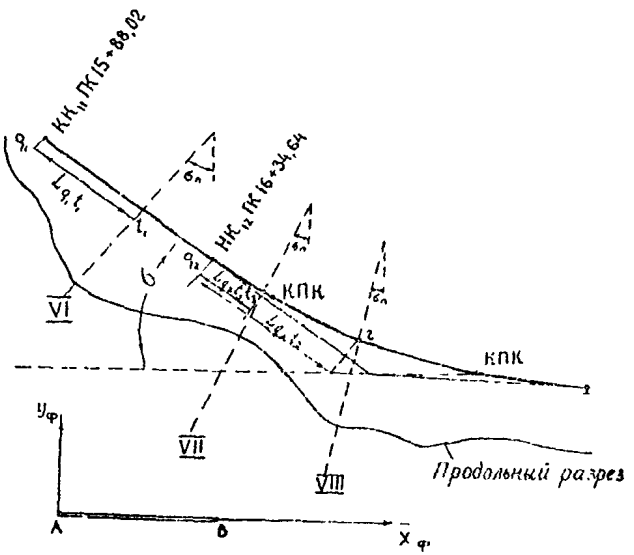


Рис.16

На кривых координаты оси пути X_t , Y_t определяют по формулам

$$X_t = X_q \pm L_{qt} \cdot \cos\delta \pm Y_{кр} \cdot \sin\delta = X_q \pm \Delta X_{qt} \pm \Delta X_{tt}$$
$$Y_t = Y_q \pm L_{qt} \cdot \sin\delta \pm Y_{кр} \cdot \cos\delta = Y_q \pm \Delta Y_{qt} \pm \Delta Y_{tt}, \quad (59)$$

где $Y_{кр}$ – ордината кривой, соответствующая длине тангенса кривой;

L_{qt} – (определяется по таблицам детальной разбивки кривых).

4.I.4.4. Для определения угла отклонения δ_n поперечника от направления оси $Y_ф$ из таблиц детальной разбивки кривых для пикетажа L_{qt} определяют длину кривой l_{qt} от ее начала

до точки z. Угол δ_n для круговой кривой вычисляют по формуле

$$\delta_n = \delta \pm \frac{\ell_{gz}}{R} \rho', \qquad (60)$$

где R - радиус кривой; $\rho' = 3438$.

Пикетажные значения поперечников на кривой определяют через длину кривой ℓ_{gz} и выписывают на плане трассы.

По вычисленным значениям $X_{ф.п.}$ и $Y_{ф.п.}$ находят координаты этих точек на снимках x и ρ, по которым устанавливают марку стереокомпаратора движением z на точку поперечника на оси пути (прилож. 9).

4.1.4.5. Съемку поперечников (рис. I7) начинают с установки марки на точку стереомодели, соответствующую оси пути, по величинам x и p.

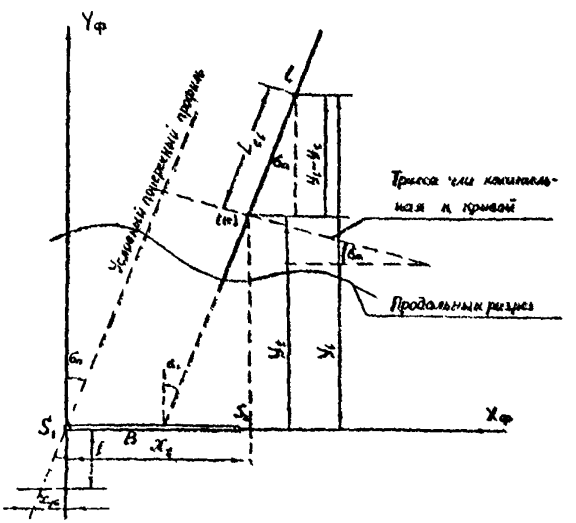


Рис.I7

Марку штурвалом z наводят на точку стереомодели и по отсчету на шкале z вычисляют ее отметку. Положение других точек поперечника на стереомодели определяют методом приближений. При этом марку штурвалами x и p перемещают в зону характерного перелома местности и вычисляют координату X_i по формуле

$$X_i = \frac{X_k - Y_k \cdot tg\delta_n}{g} p_i + f_x tg\delta_n = C_n \cdot p_i + X_{yc}, \quad (61)$$

где X_i – абсцисса текущей точки поперечника; $C_п$ – постоянный для данного поперечника коэффициент; X_{yc} – абсцисса условного поперечника, ось которого проходит через центр фотографирования и параллельна снимаемому.

Затем на шкале x устанавливают вычисленное значение X_i и вновь наводят марку на стереомодель движениями z и p, добиваясь, чтобы марка располагалась на модели в характерной точке. При изменении отсчета p вновь вычисляют X_i. Действия повторяют, пока расхождение между предвычисленным и установленным отсчетами на шкале x не будут в пределах 0,03 мм.

На следующем характерном переломе рельефа указанные действия повторяют. По полученным координатам x, p и z вычисляют фотограмметрические координаты точек поперечника (прилож.10).

Поперечные профили вычерчивают на бумаге обычным порядком по фотограмметрическим координатам. При этом расстояние точек поперечника от оси пути вычисляют по формуле

$$L_i = (Y_{фл\,i} - Y_{фл}) \cdot \sec\delta_n, \quad (62)$$

где $Y_{фл}$ – ордината точки на оси пути.

4.1.4.6. Поперечные профили графическим методом составляют на основе, на которой с помощью фотограмметрической сетки получены продольный разрез и план трассы. На основе

прочерчивают направления поперечников и транспортиром измеряют угол δ_n. Пикетажные значения поперечников определяют по плану трассы также графически.

Положение точек поперечника на стереомодели определяют по отсчетам α и ρ, снятым с ориентированной на плановой основе фотограмметрической сетки, применяя ту же сетку, что и при составлении продольных разрезов.

Построение поперечного профиля производят в необходимом масштабе по отметкам на точках поперечника и отстоянию их $У_\varphi$ от базиса фотографирования, которые вычисляют по измеренным значениям α и ρ. Расстояния от оси пути на поперечнике получают по разностям отстояний, редуцированным на направлении поперечника (п. 4.1.4.5.).

4.I.4.7. Измерения фототеодолитных снимков на стереоавтографе при составлении разрезов местности выполняют после ориентирования модели, выполняемого обычными способами.

Горизонтальный разрез, представляет собой линию, имеющую заданную отметку. Его вычерчивают на планшете карандашным устройством координатографа после установки на шкале высот соответствующей высоты. При этом перемещение измерительной марки по модели обеспечивается движениями X и У.

4.I.4.8. Наклонный разрез с уклоном $i_{раз}$ строят на стереоавтографе или технокарте в соответствии с уравнением разреза (4.7) путем последовательного определения на планшете положения характерных точек разреза.

4.I.4.9. Съемку точек поперечных вертикальных профилей проводят после того, как на планшете нанесены направления профилей. Процесс профилирования состоит из перенесения на стереомодель местности направлений, помеченных на планшете. В задаваемом таким образом створе на стереомодели выявляют характерные переломы профиля и определяют их отметки. Положение снятой точки в плане отмечают накалом на планшете.

Работу по съемке точек профилей, параллельных направлению фотограмметрических осей $Х_\varphi$ или $У_\varphi$, начинают с того, что ассистент оператора совмещает карандаш координатографа с исходной точкой поперечного профиля. Оператор

движением Z прибора устанавливает марку на модель. Производят отсчеты $X\varphi$ и $Y\varphi$. Затем ассистент одним из движений координатографа перемещает марку в заданном направлении. В это время оператор движением Z удерживает марку на модели. На характерных переломах профиля производят отсчеты $X\varphi$, $Y\varphi$ и $Z\varphi$. Ассистент отмечает карандашом положение точки профиля на планшете и нумерует ее.

Наиболее подходящим прибором для съемки вертикальных профилей, параллельных оси $X\varphi$ (или $Y\varphi$), является стереоавтограф I3I8 фирмы К.Цейсс (Йена, ГДР). Применяя в этом приборе электрическую систему передач, можно вести профилирование вдоль осей $X\varphi$ или $Y\varphi$ непрерывным вычерчиванием. Для этого движения координатографа присоединяют к движениям X Z прибора (в случае профилирования вдоль оси $X\varphi$) или движением Y Z (в случае профилирования вдоль оси $Y\varphi$).

4.I.4.I0. При съемке на стереоавтографе вертикальных профилей произвольной ориентировки ($0^0 < \delta n < 90^0$) ассистент перемещает карандаш координатографа по заданному на планшете направлению, действуя одновременно двумя движениями чертежного стола. После наколки снятой точки профиля на планшете расстояния до нее от оси трассы (или другой исходной точки) измеряют циркулем по поперечному масштабу. Отметка точки берется со счетчика высот прибора.

4.I.4.II. Составление профилей по фототеодолитным снимкам может быть осуществлено также на стереопланиграфе. На других универсальных приборах воздушной стереофотограмметрии (СПР, СД и др.) профилирование может быть осуществлено по материалам НСС при условии, что длина базиса фотографирования будет более I:I0 максимального отстояния в пределах стереопары.

4.I.4.I2. Применение стереоавтографа и универсальных приборов воздушной стереофотограмметрии обеспечивает по сравнению со стереокомпараторами более высокую производительность труда. Стереокомпаратор применяют при небольших объемах работ на отдельных труднодоступных скальных участках. Укладку трассы и увязку ее на подходах к труднодоступному

участку выполняют попутно с движением основной трассировочной партии.

4.I.5. Составление фронтальных планов и фотопланов

4.I.5.I. Фронтальные планы (ФП) составляют для графического изображения обрывистых участков местности с углами наклона 45^0 и более.

Фронтальный план представляет собой ортогональную проекцию обрыва на вертикальную плоскость VV (рис. I8). Плоскость VV может располагаться перед обрывом, в его зоне и за обрывом. Предпочтительнее располагать вертикальную плоскость проекции за обрывом, ориентированную приблизительно параллельно простиранию обрывистого участка.

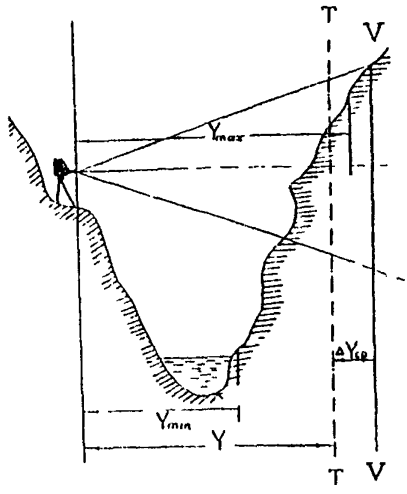


Рис.I8

Ситуацию на фронтальном плане изображают теми же условными знаками, что и на топоплане соответствующего масштаба, рельеф - фронталями, представляющими изолинии отстоящей с заданным сечением рельефа ΔY .

4.I.5.2. Фронтальные фотопланы (ФФП) представляют собой фотопланы, смонтированные из фотоснимков, предварительно трансформированных на вертикальную плоскость TT, параллельную фронтальной плоскости проекции VV .

4.I.5.3. Пространственное положение точек местности на ФП и ФФП определяется левой системой прямоугольных координат фронтального плана F $X_{\varphi n}$ $Y_{\varphi n}$ $Z_{\varphi n}$ (рис. I9.)

Ось абсцисс $X_{\varphi n}$ горизонтальна и лежит в плоскости проекции VV (рис. I9), как и вертикальная ось аппликат $Z_{\varphi n}$.

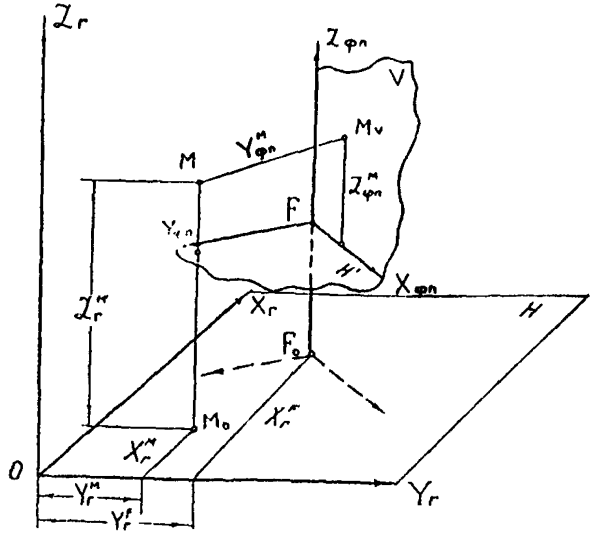


Рис.I9

Ось ординат $Y_{фп}$ направлена "к наблюдателю".

Для произвольной точки M обрывистого участка связи геодезических координат X_r^M Y_r^M Z_r^M и координат $X_{фп}^M$ $Y_{фп}^M$ $Z_{фп}^M$ определяется зависимостями

$$X_{фп}^M = X_r^M \cos\varepsilon + Y_r^M \sin\varepsilon - (X_r^F \cos\varepsilon + Y_r^F \sin\varepsilon); \quad (62)$$
$$Y_{фп}^M = Y_r^M \cos\varepsilon - X_r^M \sin\varepsilon + (X_r^F \sin\varepsilon - Y_r^F \cos\varepsilon);$$
$$Z_{фп}^M = Z_r^M - Z_r^M,$$

где ε - угол поворота оси абсцисс $X_{фп}$ относительно X_r (дирекционный угол фронтальной плоскости проекции); X_r^F, Y_r^F, Z_r^F - геодезические координаты начала F системы координат фронтального плана.

4.I.5.4. Связь координат фронтального плана с базисной фотограмметрической системой $SX_\varphi Y_\varphi Z_\varphi$ принятой в наземной стереофотограмметрии, определяется следующими зависимостями:

$$\left.\begin{aligned} X^{м}_{\varphi n} &= X^{s}_{\varphi n} + X^{м}_{\varphi} \cos\varphi - Y^{м}_{\varphi} \cdot \sin\varphi; \\ Y^{м}_{\varphi n} &= Y^{s}_{\varphi n} - Y^{м}_{\varphi} \cos\varphi - X^{м}_{\varphi} \sin\varphi; \\ Z^{м}_{\varphi n} &= Z^{s}_{\varphi n} + Z^{м}_{\varphi} \end{aligned}\right\}, \qquad (63)$$

где φ – угол поворота оси $X\varphi n$ относительно оси абсцисс $X\varphi$;

$X\varphi n, Y\varphi n, Z\varphi n$ – координаты левого центра фотографирования S в системе координат фронтального плана.

4.1.5.5. Для составления фронтальных планов и фотопланов используют нормальный и равноотклоненный случай НСС.

При нормальном случае съемки базисы фотографирования располагают параллельно фронтальной плоскости проекций "в створе" или "уступом" (рис. 20). Такое расположение возможно, когда противоположный снимаемому склон удобен для разбивки базисов по заданному направлению, а также когда съемку прижимного берега ведут зимой со льда. Если оба

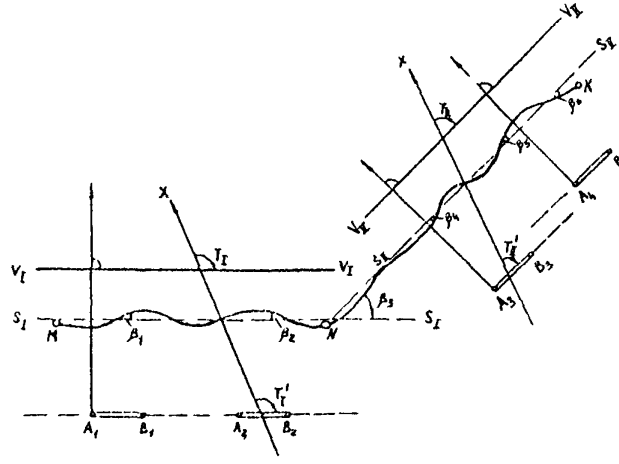


Рис.20

склона долины труднодоступны, то базисы произвольно ориентируют относительно фронтальной плоскости проекции, а горизонтальные оптические оси устанавливают перпендикулярно к фронтальной плоскости проекции V соответственно под углами $\varphi_1, \varphi_2 \ldots \varphi_K$ от нормали к базисам. Таким образом, применяют равноотклоненный случай НСС с нестандартными углами скоса φ (рис. 21).

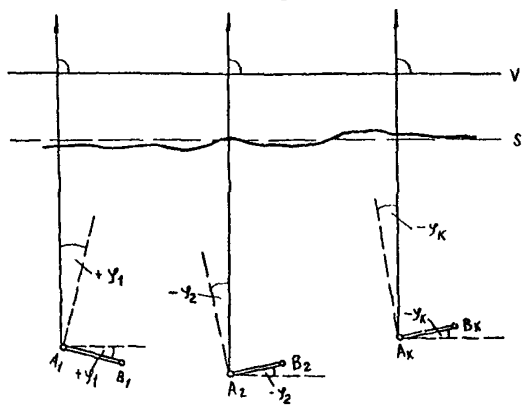


Рис.21

При необходимости съемки всего обрыва по высоте от верхней бровки до подошвы используют "многомаршрутную" фототеодолитную съемку (рис. 22).

4.1.5.6. Длины базисов фотографирования выбирают с учетом заданной точности определения отстояний m_Y, точности измерения по снимкам горизонтального параллакса m_p, способа камеральной обработки наземных снимков.

Для нормального случая съемки длину базиса подсчитывают по формуле

$$B = \frac{Y_\varphi^2 m_p}{f \cdot m_Y} . \qquad (63)$$

При использовании равноотклоненного случая съемки длину базиса фотографирования увеличивают на 20-25% с целью сохранения точности определения отстояний по отношению к нормальному случаю съемки.

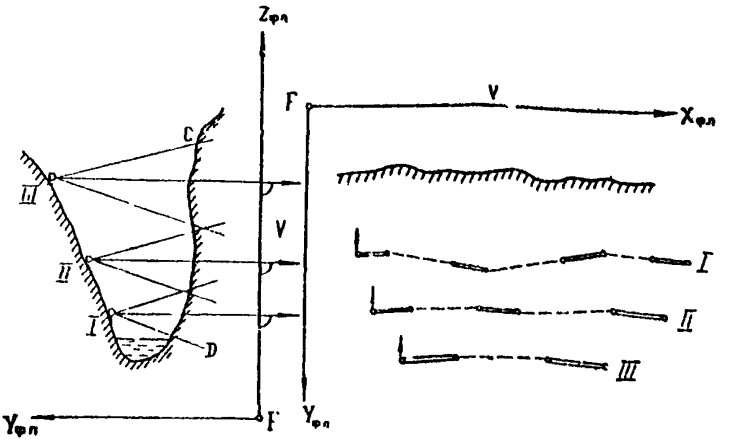


Рис.22

Допустимая точность m'' определения дирекционных углов базисов или допустимая разность дирекционных углов базисов при расположении их "в створе" или "уступом" подсчитывается по формуле.

4.I,5.7. Геодезическую привязку базисов, расположенных "маршрутом" по склону долины, осуществляют ходом короткобазисной полинометрии, прокладываемым между точками геодезической основы. При этом один или оба конца каждого базиса могут служить пунктами поворота такого ход

Ориентирование оптической оси под прямым углом относительно плоскости проекций V выполняют используя дирекционное направление предыдущей линии полинометрического хода MA_K или дирекционное направление самого базиса фотографирования (рис. 23). В первом случае рассчитывают примычный угол β прим.:

$$\beta_{прим.} = T - T_{нач.} - \sum_{1}^{K} \beta + (2K+1)\,90^{\circ}, \quad (64)$$

где $T_{нач}$ - дирекционный угол исходной стороны полинометрического хода;

$\sum_{1}^{K} \beta$ - сумма измеренных левых по ходу углов поворота

от начальной точки до М;

K - число углов поворота.

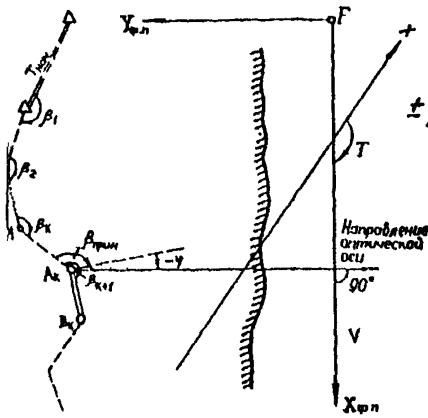


Рис.23

Во втором случае угол скоса φ вычисляют по формуле

$$\pm\varphi = T_{нач.} - T + \sum_{1}^{K+1}\beta - 180^{\circ}K \quad (65)$$

где $\sum_{1}^{K+1}\beta$ - сумма левых измерений углов от начала хода до левой точки базиса AK включительно (см. рис. 23).

Порядок работы с фотокамерой на станции остается таким же, как и при обычной НСС.

4.I.5.8. *Составление* фронтальных планов и фотопланов по материалам НСС аналогично созданию топографических планов местности по плановым аэрофотоснимкам. В связи с этим фронтальные планы могут быть составлены с использованием приборов наземной и воздушной стереофотограмметрии дифференцированным и универсальным способами.

4.I.5.9. При универсальном способе создания фронтальных планов могут быть использованы стереоавтограф I3I8 EL фирмы К.Цейсс (ГДР), стереопланиграф, стереопроектор СПР и стереографы СД.

Обработка снимков НСС на стереоавтографе I3I8 E L практически не отличается от обработки снимков для создания топопланов. Так как фронтальные планы строят в плоскости F $X\phi\pi Z\phi\pi$, перпендикулярной левой оптической оси, до движения Y координатографа подключают к движению Z прибора и наоборот, движение Z прибора к движению Y координатографа. Рисовку i -ой фронтали выполняют перемещением марки по поверхности стереомодели движениями X,Z стереоавтографа при заданном отстоянии Yi .

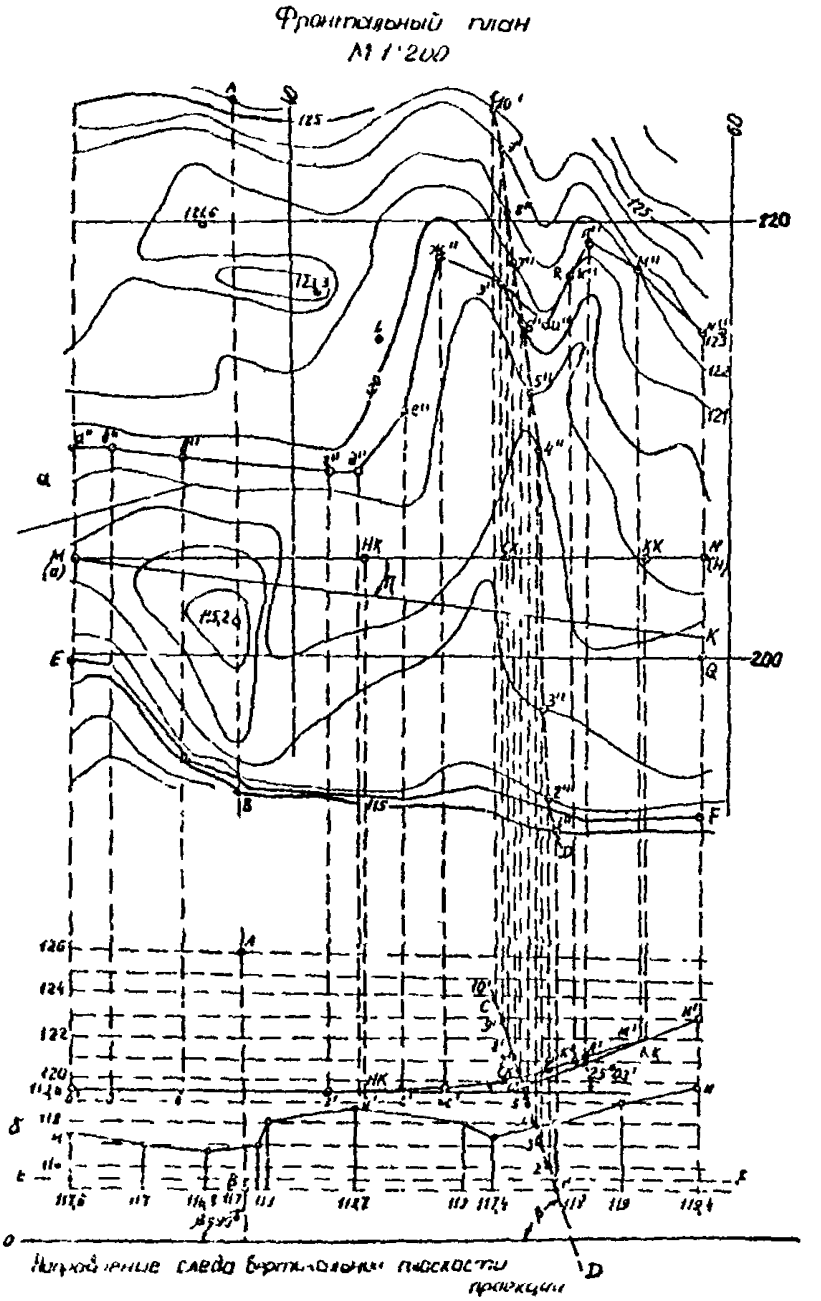

Фронтальный план
М 1:200
Направление следа вертикальной плоскости проекции

Рис. 24

4.I.5.IO. На стереопланиграфе создание фронтальных планов аналогично обработке аэроснимков при создании топопланов. Оси приборы включают также, как при обработке аэроснимков.

4.I.5.II. Обработку наземных снимков на СПР или СД выполняют по установочным элементам. Базисные компоненты $в_x$, $в_y$, в вычисляют на основании геодезической привязки по формулам

$$\left.\begin{aligned} в_x &= \frac{B\cos\varphi}{m_r}; \quad в_y = \pm\frac{\Delta h}{m_r}; \\ в_z &= \pm\frac{B\sin\varphi}{m_r} \end{aligned}\right\}, \qquad (66)$$

где B – базис фотографирования;

$1:m_r$ – горизонтальный масштаб стереомодели;

φ – угол отклонения оптических осей от нормали к базису,

Δh – превышение правого центра проекции над левым.

Перед обработкой снимков тщательно определяют места нулей всех шкал прибора, и отсчеты α, ω и децентраций устанавливают на места нулей. Снимки в кассетах центрируют главными точками с учетом смещения объектива при съемке относительно его среднего положения. Небольшие поперечные параллаксы, возникающие вследствие ошибок в угловых элементах внешнего ориентирования, устраняют движениями α и ω левого и правого снимков при неподвижном базисе. Следует избегать смещения объектива при съемке относительно среднего положения более ± 25 мм, так как в этом случае обработке снимков на СПР и СД будет затруднена. Отношение базиса к максимальному отстоянию должно быть более I:IO.

Установку вертикального масштаба стереомодели так же, как и рисовку фронталей и ситуации, выполняют теми же приемами, что и в случае обработки аэроснимков.

Оценку точности составленного фронтального плана осуществляют сравнением координат избыточных точек, полученных геодезически и снятых с плана. Величины расхождений не

должны превышать по отстоянию 0,04 мм, по абсциссам и аппликатам 0,02-0,03 мм в масштабе фронтального плана.

4.I.5.I2. Фронтальные фотопланы составляют на особо важные участки обрывистых склонов. Обработка снимков включает два основных процесса: трансформирование снимков и монтаж фотоплана.

Трансформирование наземных снимков выполняют на фототрансформаторах по установочным элементам или по трасформационным точкам. При небольших углах отклонения плоскости фотоснимка относительно фронтальной плоскости проекций трансформирование представляет собой простое масштабное преобразование, т.е. приведение масштаба отдельных частей фотоизображения к заданному масштабу фронтального плана, которое осуществляют с использованием расстояния между координатными метками.

При необходимости трансформируют снимки по зонам. Величину зоны ΔY подсчитывают по формуле

$$\Delta Y_{зоны} = \frac{2\delta_n \cdot Y_{ср}}{r}, \qquad (67)$$

где δ_n – допустимое смещение точки за рельеф, принимаемое равным 0,7-I,0 мм;

$Y_{ср}$ – отстояние от центра фотографирования до средней вертикальной плоскости данной зоны;

r = 50 мм – радиус полезной площади снимка.

Трансформирование снимков по зонам на фототрансформаторах производят при числе зон не более пяти, что соответствует съемке обрывистого склона с углом наклона $\nu \geqslant 80^0$. При фотографировании обрыва меньшей крутизны для трансформирования используют горный трансформатор, который позволяет создавать фронтальные фотопланы обрывов с углом наклона ν более 55^0.

Фронтальные фотопланы создают также способом дифференциального трансформирования.

4.I.5.I3. Построение горизонтальных и наклонных про-

филей по фронтальным планам и фотопланам осуществляется аналогично построению вертикальных разрезов местности по топографическим планам. Положение горизонтального профиля задают на фронтальном плане фронтальным следом секущей плоскости (M N на рис. 24). След наклонного профиля (МК) обозначается на фронтальном плане линией, наклонной на угол γ к горизонту.

4.I.5.I4. Вертикальные профили могут быть параллельными фронтальной плоскости проекции (угол между плоскостью профиля и фронтальной плоскостью проекции $\beta = 0^0$), перпендикулярными к этой плоскости $\beta = 90^0$ и произвольно ориентированными ($90^0 > \beta > 0^0$).

В первом случае профилем является фронталь с заданным отстоянием (при Y = II5,5 м профилем служит фронталь E F на рис. 24).

При $\beta = 90^0$ след секущей плоскости на фронтальном плане есть прямая линия (например AB на рис. 24). Профиль при этом строят аналогично профилю по заданному направлению на топоплане.

В общем случае ($90^0 > \beta > 0^0$) точки профиля (СД на рис. 24) находят на пересечении одноименных фронталей секущей плоскости профиля и фронтального плана. Заложения b'_v (расстояние между прямыми I,I" и 2'2", 2'2" и 3'3" и т.д. на рис. 24) фронталей секущей плоскости на фронтальном плане масштаба I: m определяют по формуле

$$b'_v = \frac{\Delta Y}{m} - ctg\beta, \qquad (68)$$

где ΔY - сечение рельефа фронталями фронтального плана. Горизонтальное расстояние ℓ между соседними точками искомого профиля, отстояние между которыми равно ΔY определяют по формуле

$$\ell = \frac{\Delta Y}{m \cdot \sin\beta} . \qquad (69)$$

Положение точек искомого профиля на фронтальном плане

определяют при помощи треугольника и линейки или чертежного комбайна. Из точек пересечения горизонтального следа профиля (I',2'.....IO' на рис. 25) восставляют перпендикуляры до пересечения (в точках I",2'.....IO") с одноименными фронталями на плане.

Так как точки искомого профиля имеют неискаженные превышения на фронтальном плане, то циркулем - измерителем берут эти превышения (от исходной прямой M N) в фронтального плана и откладывают их на соответствующих вертикальных линиях профиля (рис. 26). Полученные таким образом точки профиля I,2,3,.....IO соединяют прямыми линиями.

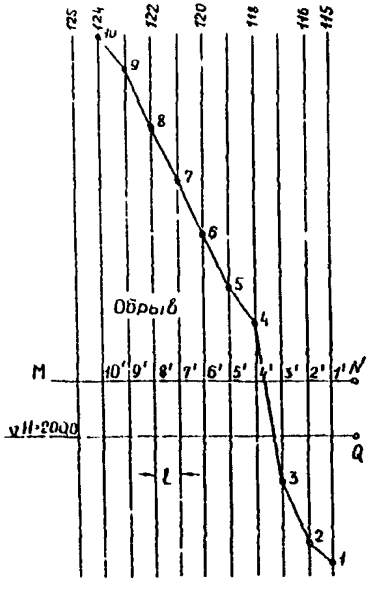


Рис.25

4.I.5.I5. Построение наклонного разреза поверхности обрыва плоскостью общего положения осуществляют при задании секущей плоскости ее следами P_V P_H на фронтальной и горизонтальной плоскостях проекций. Осуществляют это построение известными приемами начертательной геометрии (см.рис.26). Натуральный вид наклонного разреза в его плоскости получают к как линию I",2",3",..... 8" на рис. 26.

По фронтальным планам несложными графическими построениями определяют элементы залегания пластов или плоскостей трещин.

Наземная стереофотограмметрическая съемка (НСС) в настоящее время находит широкое применение для картографирования территорий в горной и предгорной местностях. Применяется она и для получения планов небольших равнинных

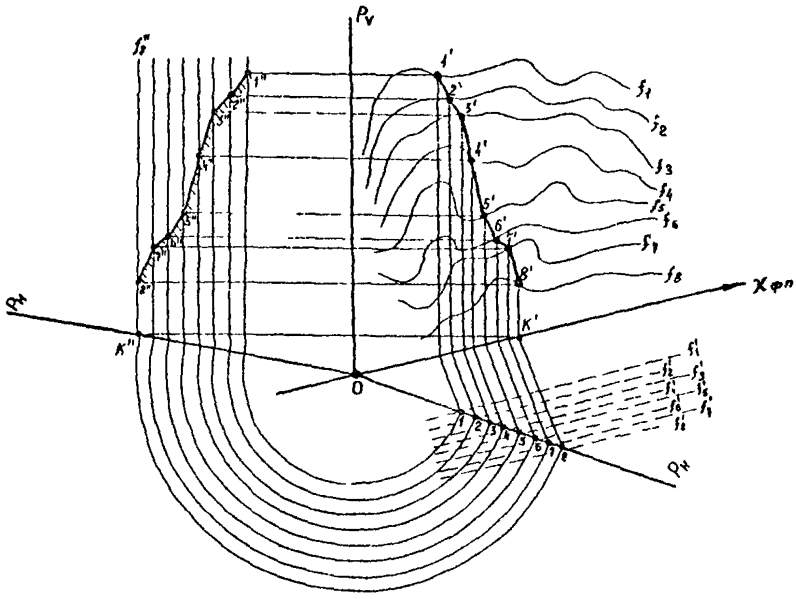


Рис.26

густозастроенных территорий, а также для решения других научно-технических и инженерных задач. С успехом используется этот метод и в изысканиях автомобильных дорог. Трудовые затраты по созданию планово-высотного обоснования НСС, составляющие боле половины затрат на производство всей съемки, находятся в прямой зависимости от масштаба составляемого плана.

Новые аналитические способы определения координат в НСС, разработанные в ГипродорНИИ, позволяют добиться общего сокращения трудозатрат в производстве фототеодолитной съемки до 40-60%.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

СПИСОК ФОТОЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для фотохимической обработки фотопластинок и печати контактных отпечатков необходимо следующее оборудование:

I. Бачки. Для проявления и фиксирования фотопластинок удобно пользоваться комплектом бачков, состоящим из трех-четырех бачков и двух вкладышей. Бачки изготавливают из красного органического стекла по размерам, соответствующим формату фотопластинки. Каждый вкладыш должен быть рассчитан на одновременную обработку двенадцати пластинок.

При отсутствии бачков проявление выполняют в обычных кюветах. Полевая фотолаборатория должна иметь 3-4 кюветы.

2. Полевая фотолаборатория. При производстве работ в необжитых районах или при отсутствии подходящего помещения для полевых фотолабораторных работ рекомендуется оборудовать отдельную палатку. Для обеспечения светонепроницаемости ее делают двойной. Если второй палатки нет или полностью затемнить лабораторию невозможно, все фоторабоы следует производить в темное время суток.

Фотолабораторию оборудуют столом для проявления и фиксирования пластинок и наклонным стеллажом, обтянутым марлей для сушки негативов и отпечатков. Для освещения лаборатории используют миниатюрные лампы малой мощности с питанием от сухих батарей или автомобильных аккумуляторов.

3. Весы с разновесами для составления фоторастворов.

4. Копировальная рамка.

5. Воронки, термометры, пинцеты, часы.

6. Фотобумага различных номеров.

7. Набор фотохимических реактивов, справочная литература.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

РЕЦЕПТУРА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ

Для проявления пластинок фототеодолитной съемки и

отпечатков с негативов применяют контрастные и мелкозернистые проявители.

I. Проявляющие растворы

I. Проявитель Чибисова.

Метол	- I г
Сульфит кристаллический	- 52 г
Сульфит безводный	- 26 г
Гидрохинон	- 5 г
Сода безводная	- 20 г
Бромистый калий	- I г
Вода	- 1000 г

Норма проявления в I л раствора - 20-25 пластинок формата I3xI8. Время проявления 3-4 мин при температуре 20°С.

2. Метоловый проявитель

Метол	- 8 г
Сульфит кристаллический	- I80 г
Сульфит безводный	- 90 г
Вода	- I000 г

Проявитель мелкозернистый, выравнивающий, малочувствительный к температуре. Время проявления 8-I0 мин.

3. Глициновый проявитель

Глицин	- 8 г
Сульфит кристаллический	- 40 г
Сульфит безводный	- 20 г
Поташ (или сода безводная)	- 40 г
Вода	- I000 г

Глицин растворяют только после полного растворения поташа. Время проявления 20-25 мин. Проявитель дает хорошо проработанные негативы при значительных отклонениях от нормальной выдержки. В производстве находят применение и готовый к работе проявитель УП-2, рассчитанный на 5 л раствора.

П. Фиксирующие растворы

1. Кислый фиксаж

Гипосульфит кристаллический - 250 г
Сульфит натрия кристаллический - 25 г.
Борная кислота - 25 шт
Вода - 1000 г
Норма фиксирования 25-30 фотопластинок.
Время фиксирования - 15-20 мин.

2. Быстрый кислый фиксаж

Гипосульфит кристаллический - 250 г
Хлористый аммоний - 50 г
Метабисульфит натрия - 40 г
Вода - 1000 г
Время фиксирования - 5 мин.

В производственных условиях используют и готовый к применению фиксаж БКФ-2, рассчитанный на 5 л раствора.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ЖУРНАЛ
анализа негативов

Номера координатных меток	Отсчеты x, мм	Отсчеты z, мм	Расстояния между метками, мм $L_r = x_2 - x_1$, $L_в = z_3 - z_4$	Разность, мм $\Delta L_r / \Delta L_в$	Расстояния отметок до главной точки, мм l_1, l_2, l_3, l_4	Разность, мм $(l_i^o - l_i)$ Δl	Эталонные величины и коэффициенты
				Снимок А-30			
I	90,46		I6I,93	+0,02			L^o_r = I6I,9I мм
2	I92,38						$L^o_в$ = II4,07 мм
3		465,92	II4,08	+0,0I			l_2^o = 8I,03 мм
4		35I,84					l_1^o = 80,88 мм
				Снимок В-37			l_3^o = 57,02 мм
I	3I,34	408,53			80,98	+0,I0	l_4^o = 57,05 мм
2	I93,40	408,53	I62,06	+0,I5	8I,08	+0,05	=
3	II2,32	465,60			57,06	+0,04	$K_I = \frac{f_к}{L^2_r} = 1{,}20$
			II4,I4	+0,I0			$K_2 = \frac{2 f_к^2}{L^3_r} = 2.89$
4	II2,33	35I,46			57,07	+0,02	$K_3 = \frac{2 f_к^2}{L^2_в} = 5{,}85$

$\delta f_к = K_I \Delta L_r = +0.I8$; $z_o = K_3 (\Delta l_4 - \Delta l_3) = -0{,}I2$

$x_o = K_2 (\Delta L_1 + \Delta L_2) = -0{,}I4$;

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

В Е Д О М О С Т Ь

оценки качества съемки

Базисы	Номера снимков	Невязки, мм	Ошибки элементов внешнего ориентирования, мм		Примечание
			$\Delta X_{ср}$ = X изм. - X выч.	$\Delta Z_{ср}$ = $Z_{изм}$ - $Z_{выч}$	
8	A-30	0,02	0,02	0,01	Стереопара может обрабатываться без введения поправок. Элементы внутреннего и внешнего ориентирования нарушены
	B-33	0,00	0,01	0,03	
	A-32	0,05	0,04	0,03	
	B-31	0,03	0,03	0,05	

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Образец записи исходной информации для программы:
"Аналитическая обработка материалов общего случая съемки"

К)	20.0	количество считаемых пар
		Информация на каждую пару:
I ии)	I00.0	
	I60.0	
	I60.0	
	0	
	0	
2ии)	I200.0	**Приближенные значения:**
	I300.0	**координат левого центра**
	2700.0	
	2700.0	
	I200.0	координат правого центра
	2700.0	
	3000.0	высоты фотографирования (отстояние

		с обратным знаком)
3ии)	0°00'00"	Приближенные значения:
	0	углов наклона левого снимка
	0	
	0	
	0	углов наклона правого снимка
	0	
К,М	13.0	число точек, включая мет к
	6.0	число опорных точек
1г)	1045.38	
	1946.46	геодезические координаты
	100.00	опорных точек
	2989.57	
	2015.51	
	100.00	
	1140.86	
	4841.16	
	10.00	
	3644.48	
	4674.58	
	200.00	
2г)	991.84	
	331.41	
	200.00	
	2420.70	
	402.92	
	0.0	
1А)	20	
	100	1 м
	0	
	0	
	180	
	100	
	0	2 м отсчеты из метик
	0	

```
          100
          180
           0              3 м
           0
2А)      100.0
          20.0
           0.0            3 м
         99.9902
         99.3917          I
         52.4734                    отсчеты на
          3.5392
        167.6214                    опорные точки
        103.6228
         52.4787          2
          5.4514
3А)      99.9929
        168.7147          3
         33.7983
          6.2658
        167.8698
        171.8164
         37.5425          4
          5.3869
         09.9674
         30.7277          5
         72.9379
          2.7423
4А)     159.2776
         39.1911          6
         66.2414
          7.0481
        134.2171
        170.2581
         36.2239                    Отсчеты на определяемые точки
          5.3589
```

4А

I34.0220
I0I.4492
58.0309
4.5296

5А) I33.948
33.30I5
I8.I653
5.3835

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Аналитическая обработка материалов съемки, полученных со створных базисов фотографирования.

В исходную информацию при решении данной задачи аналитическим способом вводят средние значения измеренных картинных координат всех определяемых точек.

Процесс стереоизмерений контролируют по формулам (при трех стереопарах):

$$\left.\begin{aligned} P_{AB} &= P_{AC} + P_{CB}\ ; \\ q_{AB} &= q_{AC} + q_{CB}\ ; \\ x_{AB} &= x_{AC} = x_{CB} + p_{AC}\ ; \\ z_{AB} &= z_{AC} = z_{CB} + q_{AC} \end{aligned}\right\},$$

а средние значения координат определяют из выражений

$$\left.\begin{aligned} x_i &= \frac{x_{AB} + x_{AC} + (x_{CB} + p_{AC})}{3}\ ; \\ z_i &= \frac{z_{AB} + z_{AC} + (z_{CB} + q_{AC})}{3}\ , \\ p_i &= \frac{P_{AB} + P_{AC} + P_{CB}}{2} \end{aligned}\right\}$$

Образец записи исходной информации для задачи "Аналитическая обработка материалов съемки, полученных со створных базисов".

I. 5.00	количество пар
2. 90.0	$l_{x_1}, l_{x_2}, l_{z_1}, l_{z_2}, f$
90.0	
90.0	
90.0	
200.0	
3. I.0	**Массив номеров базисов**
2.0	
3.0	
3.0	
4. 0.0	**Массив признаков (по числу пар)**
0.0	
2.0	
0.0	N - 0.0
2.0	L - I.0
	R - 2.0
5. I2.0	Массив количества точек на паре
	(без отметок)
I4.0	(по числу пар)
I2.0	
I3.0	
I2.0	
6. 20.0	Массив базисов
20.0	
20.0	
20.0	
20.0	
Информация на каждую пару	
7. 000°00'00"	Угол скоса I пары
8. I0	Отсчеты на метки на I пару
I00	
I0	
I90	
I00	

```
   10
   100
   190
   10
   100
   10
   10
9. 119.48701          Отсчеты на 1 пару
   163.54506          а) 4 связующие с предыдущей парой
    35.41802
   166.10266          б) 4 связующие с последующей парой
   194.31796
    51.91909          в) определяемые точки
   181.65958
   180.97114
    36.99038
   173.52990
   177.95934
    38.34885
    56.56172
   147.3118
     32.00549
    62.22713
   157.92728
    35.74546
   107.6783
   174.33285
    24.86657
   145.03552
   188.45174
    26.08213
    65.84906
   150.6456
    32.00549
    54.30446
   149.23691
    26.4123
```

177.32439
169.60192
31.41598
1.61195
168.49171
21.41529

Пункты 7,8,9 повторяются по количеству пар.

10. Признак: с уравниванием - 1
без уравнивания - 0
(одно число)

Если с уравниванием:

11. 1.0 Порядковые номера пар с опорными
5.0 точками (два числа)

12. 5.0 Порядок номера опорных точек на паре
7.0 (не считая меток) (два числа)

13. 110 Геодезические координаты опорных точек
150 (шесть чисел)
43
50
350
75

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Ж У Р Н А Л

корректуры стереомодели на универсальном приборе

Участок работы _____

_____

_____

Организация _____

_____

Дополнитель _____

197____ г

ФОТОСТАНЦИЯ № 7

Стереопара	7(AL-BL)
Длина базиса	II0,80
Отметка объекта	-
Превышение	+6,08
Угол скоса	$\angle$ +359

Установочные данные

b_x	b_y	b_z	$f_{кл}$	$f_{кп}$	γ
47,24	28,94	+3,04	I95,I9	I95,24	09,00

$\Delta\chi$	N
+I5	2,00

Ia. Определение (ΔY_γ), ΔY_0

Порядок действий	Действия				Примечание
I	Y_4	27I,0			(3) > (I)
3	Y_1	380,0			
5	(I) (3)	0,7I			ТЧ-№ I4
6	$(5)^2$	0,5I			Т.Ч-№ 2I
7	I-(6)	0,49			
4	ΔY_1	+0,8	+0,I		
2	ΔY_4	-0,3	-0,I		
8	(4)-(2)	+I,I			
9	$(\Delta Y_\gamma)_1$=(8)(7)	+2,2			
I0	ΔY_0 =(4)-(9)	-I,4			

Ia. Определение (ΔY_γ)$_1$ и (ΔY_{8x})$_1$

I	Y_4				
3	Y_1				
5	(I)/(3)				
6	I-(5)				
7	(5).(6)				
4	ΔY_1				
8	(4)/(5)				
2	ΔY_4				
9	(8)-(2)				
I0	$(\Delta Y_\gamma)_1$=(9) (7)				

II. $|(\Delta Y_{вх})_{\bar{1}}=(4)-(10)|$ $|$ $|$ $|$

2. Определение $(\Delta Y_{\gamma'})_2$ и $(\Delta Y_{вх})_2$

Порядок действий	Действия		Примечания
I	X_2	397,I	(6) > (5)
3	X_3	63I,7	
4	$500+вх$	547,2	т.2-№22
5	(3)-(4)	84,5	т.3-№20
6	(4)-(I)	I50,I	
7	(5) (6)	0,56	
8	I+7	I,56	
9	(7).(8)	0,87	
2	ΔY_3	+0,8	
I0	$(\Delta Y_{\gamma'})_2=(2)/(9)$	+0,9	
II	$(\Delta Y_{вх})_2=(\Delta Y_{\gamma'})_2$	-0,9	

3. Определение

I	y_3	378,7
2	$Y_3+вх$	407,6
3	$500+вх-X_2$	I50,I
4	(2)/(3)	2,7
5	$(4)^2$	7,4
6	(5)+I	8,4
7	$\Delta Y_2'=(\Delta Y_{\gamma'})_2\cdot(6)$	+7,6

4. Определение $\Delta X_{ср}$

I	ΔX_I	+0,2
2	ΔX_2	+0,3
3	ΔX_3	+0,4
4	(I)+(2)+(3)	+0,9
5	$\Delta X_{ср}=I/3(4)$	+0,3
6	$\Delta X_I-\Delta X_{ср}$	-0,I
7	$\Delta X_2-\Delta X_{ср}$	0
8	$\Delta X_3-\Delta X_{ср}$	+0,I

5. Определение Δ H

Порядок действий	Действия		Примечание
2	$У_4$	269,8	
5	$У_I$	377,9	
6	(2)/(5)	0,72	
7	I-(6)	0,28	
I	H_I	2004,30	
3	$H_{Iф}$	2003,97	
4	(I)-(3)	+0,33	
8	Δ H=(4)/(7)	+I;I8	
9	$H_{Iф}$+ ΔH	2005,I5	

Примечание. При корректуре по трем точкам формуляры Ia, Iб и 5 не используют.

Корректуру выполнил:

Проверил:

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Ведомость определения фотограмметрических и приведенных координат точки продольного разреза

Базис A_I-B_I : B = 7I,25; f =I94,54 $i_ф$ =I,43 H_A =I43,I9 H_o =I44,62; положение осей нормальные №№ снимков A_I-B_I; $\Sigma\Delta x$=-0,I4 мм; $\Sigma\Delta z$=+0,I0мм: $\Sigma\Delta p$=+0,03мм

X_A =400,00 ΔY =0

Описание точек	Измерение величины X	Z	p	$K=\frac{B}{p}$	Фотограмметрические координаты $X_ф=KX$	$Z_ф=KZ$	$Y_ф=Kf$	Отметки $H=H_o\pm Z_ф$	Хприв.= $=X_A-X_ф$	У прив. = $=Y_ф\pm\Delta Y$

MOx =+0,I4 мм; MO_z=-0,I0 мм; MO_p=-0,03 мм

Пример I. Съемка горизонтального разреза

впадина	47,93	+7,38	47,49	I,5003	-7I,90	(II,I3) +II,08	29I,86	I55,70	328,I0	29I,86
выступ	-2I,50	+7,48	47,98	I,485	-3I,93	+II,II	288,89	I55,73	368,07	288,89
впадина	0	+7,48	48,24	I,477	0	(II,08) +II,05	287,34	I55,67	400,00	287,34

Пример 2. Съемка продольного наклонного разреза

$i_{тр}$ = I0% δ =25° $Z_{фо}$=+II,08 м

$i_{раз}$ = II%

$$K_н = \frac{Z_{фо}}{B} = \frac{II,08}{7I,25} = 0,I555$$

выступ	+5,46	+7,72	49,48	I,4400	+7,86	+II,I5	280,I4	I55,77	407,86	280,I4
склон	+23,50	+7,92	49,I3	I,4503	+34,08	+II,49	282,I4	I56,II	434,08	282,I4
впадина	+46,02	+8,44	5I,30	I,3889	+63,92	+II,72	270,20	I56,34	463,92	270,20
склон	+72,82	+9,02	52,87	I,3477	298,I4	+I2,I6	262,I8	I56,78	498,I4	262,I8

MO_x = +0,I6 мм MO_z=-0,I0 мм MO_p= -0,02 мм

Ведомость подготовительных вычислений для съемки поперечников

№ пп.	Исходные данные: наименов. и пикет. исходной точки q	X_q / Y_q	S	L_{qt}	ΔX_{qt} / ΔY_{qt}	X_t / Y_t	Дополнительные вычисления на кривых: $Y_{кр}$	$\Delta X_{tr} = Y_{кр} \sin\delta$ / $\Delta Y_{tr} = Y_{кр} \cos\delta$	X_r / Y_r	$\lg r$	$\lg r - \ell$	$\delta_{нн} = \frac{\lg r - \ell}{R} S$	$\delta_н = \delta \pm \beta \pm \delta_{нн}$	$X_ф$ / $Y_ф$	Пикетаж попереч. профиля
I	2	3	4	5	6	7=3+6	8	9	10=7+9	II	I2	I3	I4	I5	I6
					А. Стереопара A_I–B_I		X_A = 400,00мм;			ΔY =0					
					Пример I. Трасса – прямая, параллельная базису съемки										
	$КК_{I0}$	328,I0			+22,20	350930								-49,70	
I	пк I4+I6		0	+22,20									0		ПкI4+332
		I99,00			0	299,00								299,00	
					Пример 2. Трасса – чистая круговая кривая, P=300 м										
	$КК_{II}$	496,08			55,86	440,22	-2,68		437,54					+37,54	
IУ	пкI5+88,02			+24°5I	-6I,56		-6,38			-62,00	62,00	I°50	+I3°0I		ПкI5+26
		27I,22		62,00	+25,87	297,08		-5,79	29I,30						
					Б. Стереопара A_2–B_2;		X_{Ar} = 585,92			ΔY = +76,43				29I,30	
					Пример 3. Трасса прямая, отклоненная от базиса съемки на угол									-82,65	
УI	$КК_{II}$	496,08			+7,I9	503,27									пкI5+95
	пк I5+88,02		+24°5I	+7,92									+24°5I^{I}		
		27I,22		-3,33	-2 9									344,32	
					Пример 4. Трасса – переходная прямая		ℓ = 40			R = 300				-37,57	
	$КК_{I2}$	538,38		+9,98	548,36		0,0I	548,37							
УII	пкI6+34,3		+24°5I	+II,00			0,02						+24°34		пкI6+45
		25I,6I			-4,62	246,99		+0,02		247,0I				323,44	
					Пример 5. Трасса – составная кривая, поперечник на круговой кривой										
					K=300		ℓ = 40 м			β = 3°49				+3,37	
	$КК_{I2}$	538,38			+49,83	588,2I		+1,08	589,29						пкI6+89,6
УIII	пк6+34,64		+24,5I	+54,92			+2,56			+55,00	I5,00	-2°52	+I3°,0		
		25I,6I		65,00	-23,08	228,53		+2,32		230,85				307,28	

ПРИЛОЖЕНИЕ IO

Ведомость съемки поперечных профилей

Базис B=7I,25 м f =I94,54 мм H_A =I43,I9 м, i_φ =I,43м H_0 =I44,62м

Стереопара A,B $\Sigma\Delta x$=0,I4 мм ; $\Sigma\Delta z$=+0,I0 мм; $\Sigma\Delta p$=+0,03 мм

№ пп.	Описание точек	Измерение величины			Фотограмметрические координаты				Отметки расстояния от $H=H_0+$ оси пути		
		x	z	p	$K=\frac{b}{p}$	$X_\varphi=Kx$	$z_\varphi=Kz$	$Y_\varphi=Kf$	$\pm z_\varphi$	$Y_\varphi-Y_t$	$\mathcal{L}=(Y_\varphi-Y_t)\sec\delta$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
		MOx=+0,I4 мм		MOz=-0,I0 мм		MOp = -0,03 мм					
		Пример I. Поперечник пк 5+26,5									
		δ_n =+I3°0I		Y_t =29I,30 м							
		$K_n=\frac{x_t-Y_t\,tg\,\delta_n}{b}=\frac{37,54-29I,30\;\;0,23I2}{7I,25}$ =0,4I84;				$X_{yc}=fK\,tg\delta_n$=+44,98		X_t+37,54 мм			
						= I,027					
I	Ось пути	+25,08	+I2,34	47,58	I,497	+37,54	+I8,48	29I,30	I63,I0	0	0
2	Склон	+25,32	+2I7,78	47,03	I,5I5	+38,36	+33,00	294,73	I77,62	+3,43	+3,52
3	Скала	+26,06	-36,52	45,20	I,576	+4I,07	+57,56	306,60	202,I8	+I5,30	+I5,7I
4	Верх скалы	+26,72	+42,38	43,68	I,63I	+43,58	+69,I2	3I7,29	2I3,74	+25,99	+26,69
5	Скала	+24,30	+7,72	49,38	I,443	+35,06	+II,I4	280,72	I55,76	-I0,58	-I0,86
6	Урез воды	+23,64	-I,36	5I,06	I,395	+32,98	-I,90	27I,38	I42,72	-I9,92	+20,46
		Пример 2. Поперечник пк 4+38,2									
		$X_t=X_n$ =49,70 м		Y_t = 299,00		$K_n=\frac{X_n}{b}=\frac{-49,70}{7I,25}$ =-0,6976		δ_n = 0			
I	Ось пути	-32,34	+I4,80	46,36	I,537	-49,70	+22,75	299,00	I67,37	0	0
2	Низ скалы	-3I,98	+22,04	45,8I	I,555	-49,73	+34,27	302,5I	I78,89		3,5I
3	Верх скалы.	-3I,00	+32,I6	44,4I	I,604	-49,72	+5I,58	3I2,04	I96,20		+I3,04
4	Склон	-30,52	+4I,I4	43,75	I,629	-49,72	+67,02	3I2,9I	2II,64		+I7,9I
5	Склон	-32,90	+7,48	47,I6	I,5II	-49,7I	+II,30	293,95	I55,92		-5,05
6	Урез	-34,I6	-I,32	48,94	I,456	-49,74	-I,92	283,25	I42,70		-I5,79

MOx= + 0,I2 мм; MOz= 0,I0 мм; MOp= -0,025 мм

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Блохин И.А. Стереофотограмметрическая наземная съемка. М.ОНТИ, 1937.
2. Валуев А.С. Фотограмметрический метод решения задачи Ганзена без угловых измерений при фототеодолитной съемке. "Геодезия и картография", № 2,1968.
3. Кириленко В.С., Бруевич П.Н. Составление фронтальных планов и профилей по материалам фототеодолитной съемки. М., "Недра", 1970.
4. Лобанов А.Н. Фототопография. Наземная стереофотограмметрическая съемка. М., "Недра", 1968.
5. Трунин А.П., Финаревский И.И., Чистяков С.В. Фототеодолитная съемка в крупных масштабах. М., "Недра", 1970.

gost.e-ecolog.ru