

**ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ПРИМЕНЕНИЮ НАЗЕМНОЙ  
СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ  
СЪЕМКИ НА ИЗЫСКАНИЯХ ДОРОГ**

*Под редакцией канд. техн. наук С. А. Буллера*

**Москва 1972**

## ПРЕДИСЛОВИЕ

При выполнении топографо-геодезических работ в процессе производства изысканий железных и автомобильных дорог стереофотограмметрические методы используются как средство высокопроизводительного получения объективной информации о местности. В последние годы эти методы находят все более широкое применение для получения числовой информации в форме, пригодной для непосредственного использования в проектных расчетах на ЭВМ.

Обработка результатов измерений на ЭВМ с применением методов аналитической фотограмметрии позволяет расширить сферу рационального применения наземной стереофотограмметрической съемки в инженерных изысканиях.

В связи с существенным изменением методики полевых работ и камеральной обработки материалов возникла необходимость переработки "Методических указаний", изданных в 1962 г., применительно к использованию приборов оптико-механического типа и ЭВМ.

Настоящие "Методические указания" разработаны канд. техн. наук Б.К.Малышким, при участии канд. техн. наук Г.П.Кудряцева, на основе теоретических и экспериментальных исследований, выполненных отделением изысканий и проектирования ЦНИИСа.

Зам. директора института

(И. НАСЕДИН)

Руководитель отделения  
изысканий и проектирования

(Г. ВЕРЦМАН)

## Г. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Г.1. Наземную стереофотограмметрическую съемку применяют при изысканиях новых и реконструкции существующих железных и автомобильных дорог, главным образом в горных районах на стадии составления технического проекта и рабочих чертежей.

Г.2. При изысканиях трасс и сооружений на них стереофото съемку производят на отдельных наиболее сложных участках изучаемой местности а именно:

- а) скальных прижимах и крутокосячных участках;
- б) крутых морских и речных берегах;
- в) осыпях и оползневых участках;
- г) подходах к тоннелям.

Г.3. При использовании в процессе изысканий в горных районах аэрофото съемки наземную стереофото съемку применяют для получения крупномасштабных топографических планов на участках, где аэрофото-съемочные материалы не обеспечивают необходимой детализации и степени точности, а также для создания планово-высотного обоснования материалов аэрофото съемки.

Г.4. Материалы наземной стереосъемки используют для составления в камеральных условиях крупномасштабных топографических планов, а также для создания на основе измерений по стереомодели местности горизонтальных и наклонных продольных разрезов, продольных и поперечных профилей по заданным направлениям в процессе проектирования трасс. Положение трасс на особо сложных труднодоступных прижимных участках разрабатывают камерально по материалам наземной стереосъемки.

Г.5. При обследовании района изысканий фотогеологическим методом инженерно-геологическое дешифрирование аэроснимков выполняют с использованием соответствующих им наземных фотогеодолитных снимков.

Г.6. Материалы наземной стереофото съемки используют для определения в камеральных условиях геодезических координат элементов путевого развития и ситуации железнодорожных станций, составления крупномасштабных топографических планов плоских участков местности и отвесных морских и речных берегов, а также для построения на основе измерений по стереомодели местности продольных поперечных профилей.

Г.7. Пространственные координаты точек местности при наземной стереофото съемке получают прямой вращкой с базиса фотографирования. Для этого участок местности, подлежащий съемке, фотографируют с двух точек - концов базиса фотографирования (рис.1).

Для обеспечения соответствующей точности фиксации положения точек на снимках фотографируют специальными фотокамерами жесткой конструкции (см. приложения 1 и 2).

Перед фотографированием местности камеру ориентируют в пространстве с помощью специального ориентировочного приспособления и углов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , а также определяют величину и направление базиса фотографирования.

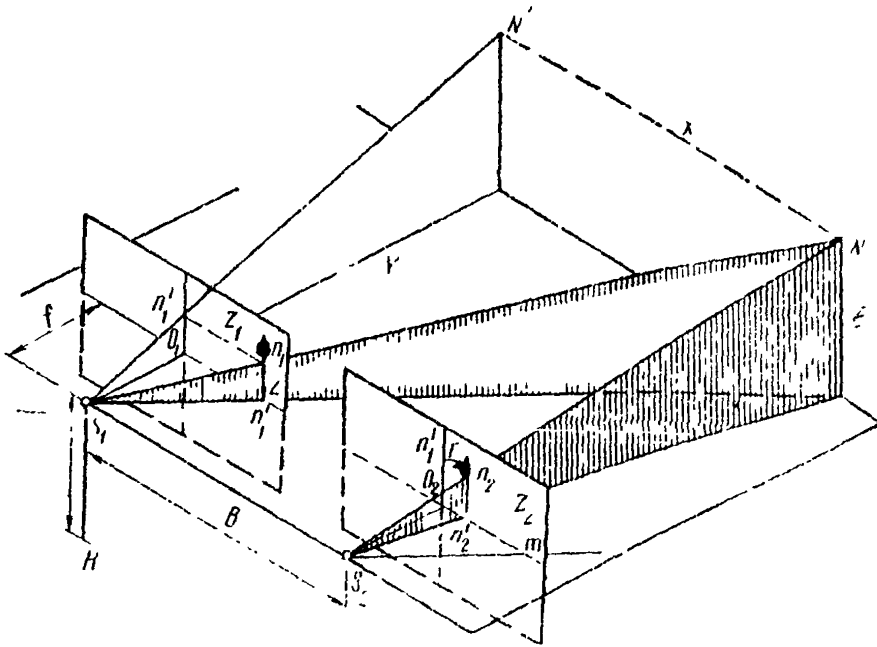


Рис. I

В зависимости от задач, вида объекта съемки и последующей методики камеральной обработки стереофотограмметрическую съемку можно выполнять при строго фиксированном или приближенном ориентировании камеры в пространстве.

1.8. Полевые работы при наземной стереофото съемке включают в себя рекогносцировку участка съемки, выборе положения базисов фотографирования, измерения их длин и азимутов, определения геодезических координат центров фотографирования и контрольных точек на участке съемки. Завершают полевые работы последовательным фотографированием участка со всех намеченных точек съемки.

1.9. Камеральную обработку снимков наземной стереофото съемки выполняют оптико-механическим или аналитическим путем. В первом случае используют приборы типа стереоавтографа, стереопланиграфа или стереомертографа, с помощью которых составляют топографические планы, профили по заданным направлениям или координаты отдельных точек местности.

При вычислительном способе для измерения снимков используют стереокомпаратор а вычисления выполняют по специальным программам на ЭВМ.

В результате аналитической обработки снимков могут быть получены системы отдельных точек и цифровые модели местности.

При составлении топографических планов местности более производительным является оптико-механический способ обработки снимков.

Аналитический метод — наиболее универсальный и точный — целесообразно использовать для определения координат отдельных точек, измерения деформаций, а также при определении объемов земляных работ в карьерах.

В ряде случаев рациональным является сочетание аналитического и оптико-механического способов обработки снимков.

### Системы координат и элементов ориентирования

#### Рабочие формулы

1.10. При наземной стереофотограмметрической съемке используются три системы координат:

а) плоская система координат снимка  $OXYZ$  с началом в точке пересечения прямых, соединяющих координатные метки 1-2, 3-4 (рис.2). В этой системе за ось  $x$  принимают линию 3-4, а за ось  $z$  — нормаль к ней в точке  $O$

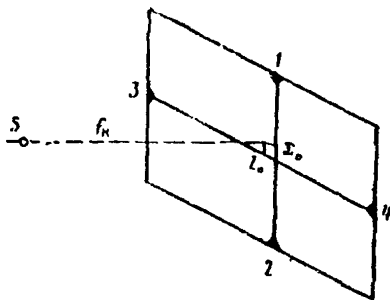


Рис.2

б) пространственная фотограмметрическая система координат  $X_{\Phi}, Y_{\Phi}, Z_{\Phi}$  с началом в левом центре фотографирования (рис.3,а). За ось  $Y_{\Phi}$  принимают проекцию главной оптической оси на горизонтальную плоскость, за ось  $X_{\Phi}$  — горизонтальную прямую, перпендикулярную направлению оптической оси, а за ось  $Z_{\Phi}$  — вертикаль в центре фотографирования.

В некоторых случаях удобно использовать систему фотограмметрических координат, в которой

начало координат остается тем же, а ось  $X_{\Phi}$  считается проекция базиса фотографирования на горизонтальную плоскость. Ось  $Y_{\Phi}$  в этом случае совмещается с нормалью к направлению базиса, а направление оси  $Z_{\Phi}$  — прежнее (рис.3,б).

в) система геодезических координат, которая может быть государственной или условной.

I.11. Элементы, определяющие положение центра фотографирования относительно снимка, называются элементами внутреннего ориентирования. Это – главное фокусное расстояние камеры  $f$  и координаты главной точки  $O$  –  $X_0$  и  $Z_0$  (см. рис.2). Обычно при изготовлении и юстировке камеры добиваются, чтобы  $X_0$  и  $Z_0$  были близки к нулю. Значения фокусного расстояния камеры  $f$  определяют с высокой точностью и приводят в ее паспорте.

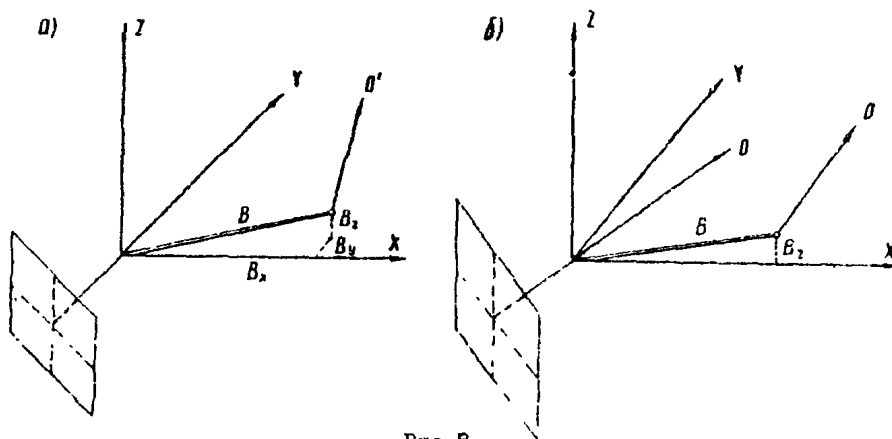


Рис.8

I.12. Элементами внешнего ориентирования (ЭЛО) являются величины, определяющие положение снимка в момент фотографирования относительно принятой системы координат, геодезической или фотограмметрической. Таких элементов (рис.4) шесть:

- координаты центра фотографирования  $X_s, Y_s, Z_s$ ;
- дирекционный угол оптической оси камеры  $\alpha_0$ ;
- угол наклона оптической оси  $\omega$ ;
- угол поворота снимка в своей плоскости  $\kappa$ .

Для построения геодезической ориентированной модели местности необходимо знать ЭВО пары снимков, т.е. всего 12 элементов – 6 линейных и 6 угловых.

I.13. В зависимости от положения снимков относительно объектива и значений ЭВО различают следующие случаи взаимной стереофотограмм: нормальный, равноотклоненный, равнонаклоненный, конвергентный и обдвин.

При обработке снимков оптико-механическим путем используют нормальный и равноотклоненные случаи съемки, схема которых приведена на рис.5. В этих случаях  $\omega_n = \omega_n = \kappa_n = \kappa_n = 0$ , а углы скольжения  $\varphi_n = \varphi_n$ .

Аналитическую обработку снимков с использованием ЭВМ выполняют на основе зависимостей общего случая съемки, предусматривающей пров-

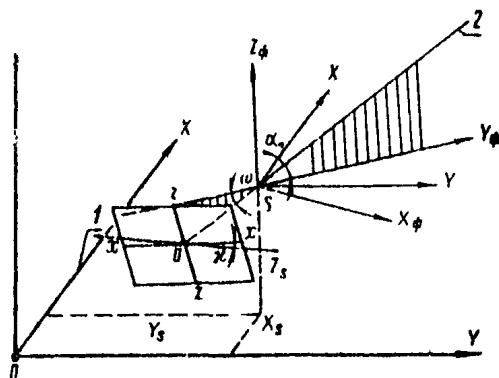


Рис.4:

1 - горизонталь; 2 - оптическая ось камеры

1.14. При наземной стереофотоосъемке в отличие от аэрофотоосъемки ЭВО снимков и базис фотографирования обычно устанавливают или определяют в процессе выполнения полевых работ с высокой точностью.

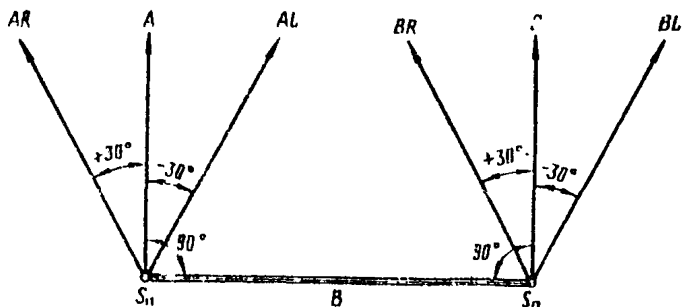


Рис.5.

В некоторых случаях, например, при производстве фотографирования с подвижной основы (высокие колеблющиеся опоры, борт судна и т.п.) невозможно установить или определить ЭВО снимков с необходимой точностью. В этих условиях геодезически ориентированная модель может быть построена аналитическим методом с использованием координат опорных точек. Одновременно из этих построений могут быть определены и неизвестные ЭВО снимков.

Съемку при различных ЭВО снимков, называется ориентиро-

в а н и о й с т е р е о ф о т о с ъ е м к о й, а при неизвестных ЭВО - н е о р и е н т и р о в а н н о й с т е р е о ф о т о с ъ е м к о й.

1.15. Связь между координатами точек снимка и местности в фотограмметрической системе (см.рис.Э,а) при известных произвольных ЭВО снимков (общий случай ориентированной стереофото съемки) выражается следующими зависимостями:

$$\begin{aligned} X_i &= N_i X_i'; \\ Y_i &= N_i Y_i'; \\ Z_i &= N_i Z_i'; \end{aligned} \quad N_i = \frac{B_x + \frac{X_i''}{Y_i''} B_y}{X_i' Y_i'' - X_i'' Y_i'} Y_i'' \quad (1)$$

где  $X_i', Y_i', Z_i'$  - пространственные координаты точки левого снимка с началом в левом центре фотографирования;

$X_i'', Y_i'', Z_i''$  - те же для правого снимка, но с началом в правом центре фотографирования;

$B_x, B_y$  - составляющие базиса фотографирования в принятой системе координат.

Пространственные координаты точек левого и правого снимков находят с использованием известных угловых ЭВО снимков по формулам:

$$\begin{aligned} X &= a_1 x + a_2 f + a_3 z; \\ Y &= b_1 x + b_2 f + b_3 z; \\ Z &= c_1 x + c_2 f + c_3 z. \end{aligned} \quad (2)$$

Элементы преобразований  $a_{1,2,3}; b_{1,2,3}; c_{1,2,3}$  ( направляющие косинусы) получают по известным углам наклона и поворота снимков:

$$\begin{aligned} a_1 &= \cos \alpha \cos \omega - \sin \alpha \sin \omega \sin \kappa; & c_1 &= \cos \omega \sin \kappa; \\ a_2 &= \sin \alpha \cos \omega; & c_2 &= \sin \omega; \\ a_3 &= -\cos \alpha \sin \omega - \sin \alpha \sin \omega \cos \kappa; & c_3 &= \cos \omega \cos \kappa. \\ b_1 &= -\sin \alpha \cos \kappa - \cos \alpha \sin \omega \sin \kappa; \\ b_2 &= \cos \alpha \cos \omega; \\ b_3 &= \sin \alpha \sin \kappa - \cos \alpha \sin \omega \cos \kappa; \end{aligned} \quad (3)$$

Координаты точек местности в базисной системе фотограмметрических координат (см.рис.Э,б) находят из выражений:

$$\begin{aligned} X_i &= N_i X_i'; \\ Y_i &= N_i Y_i'; \\ Z_i &= N_i Z_i'; \end{aligned} \quad N_i = \frac{B}{X_i' Y_i'' - X_i'' Y_i'} Y_i'' \quad (4)$$

От формул общего случая съемки легко перейти к нормальному и равноотклоненному случаям, используемым при обработке снимков спτικο-механическим способом.

Так, полагая  $\alpha_1 = \alpha_2 = \omega_1 = \omega_2 = \kappa_1 = \kappa_2 = 0$  для нормального



случая объемки и бивисной системы координат ( $B_Y = 0$ ), будем иметь:

$$\begin{aligned} X_i' &= x_i'; & Y_i' &= f; & Z_i' &= z_i'; & N_i &= \frac{B}{x_i' - x_i''} = \frac{B}{\rho_i}; \\ X_i &= \frac{B}{\rho_i} x_i'; & Y_i &= \frac{B}{\rho_i} f; & Z_i &= \frac{B}{\rho_i} z_i'; \end{aligned} \quad (5)$$

В этом же случае, но в первой системе фотограмметрических координат ( $B_Y \neq 0$ ) получим:

$$\begin{aligned} X_i &= \frac{B}{\rho_i} (f \sin \alpha_0 + x_i' \cos \alpha_0); \\ Y_i^* &= \frac{B}{\rho_i} (f \cos \alpha_0 - x_i' \sin \alpha_0); \\ Z_i^* &= \frac{B}{\rho_i} z_i' \end{aligned} \quad (6)$$

Для параллельного случая объемки, когда  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ , координаты точек местности в бивисной системе координат получают из выражений:

$$\begin{aligned} X_i &= N_i (f \sin \alpha + x_i' \cos \alpha); \\ Y_i &= N_i (f \cos \alpha - x_i' \sin \alpha); \\ Z_i &= N_i z_i'; \end{aligned} \quad (7)$$

$$N_i = \frac{B}{\rho_i} \left( \cos \alpha + \frac{x_i''}{f} \sin \alpha \right).$$

Если принять  $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$ , а  $B_Y \neq 0$ ,

$$\begin{aligned} X_i &= \frac{B}{\rho_i} (\sin \varphi - \frac{x_i''}{f} \cos \varphi) x_i'; \\ Y_i &= \frac{B}{\rho_i} (\sin \varphi - \frac{x_i''}{f} \cos \varphi) f; \\ Z_i &= \frac{B}{\rho_i} (\sin \varphi - \frac{x_i''}{f} \cos \varphi) z_i', \end{aligned} \quad (8)$$

где  $\varphi$  — горизонтальный угол между направлением оптической оси и базисом фотографирования (угол наклона).

I.16. Переход от координат точек в одной из фотограмметрических систем к геодезическим координатам осуществляется по формулам:

$$\begin{aligned} X_{i,r} &= X_{S_{ЛГ}} + Y_i \cos \alpha_0 - X_i \sin \alpha_0; \\ Y_{i,r} &= Y_{S_{ЛГ}} + Y_i \sin \alpha_0 + X_i \cos \alpha_0; \\ Z_{i,r} &= Z_{S_{ЛГ}} + Z_i + (k + r), \end{aligned} \quad (9)$$

где  $X_{S_{ЛГ}}, Y_{S_{ЛГ}}, Z_{S_{ЛГ}}$  — геодезические координаты левого центра фотографирования;

$\alpha_0$  — дирекционный угол оптической оси левого снимка;

$k + r$  — поправка на кривизну Земли и рефракцию.

Если фотограмметрические координаты получены в бивисной системе, то в геодезические их преобразуют по формулам:

$$\begin{aligned} X_{i,r} &= X_{S_r} + X_i \cos \alpha_B - Y_i \sin \alpha_B; \\ Y_{i,r} &= Y_{S_r} - X_i \sin \alpha_B + Y_i \cos \alpha_B. \end{aligned} \quad (10)$$

где  $\alpha_B$  — дирекционный угол базиса фотографирования.

I.17. Если ЭВЭ снимков известны приблизительно, то их находят аналитическим методом путем построения модели, геодезически ориентированной по опорным точкам. При этом используют зависимости общего

случая съемки, в построение модели выполняют на основе совместного ориентирования левой и правой снимков проектирующих лучей. Наиболее строгой схемой аналитического определения ЭВО снимков и построения модели является схема, основанная на совместном решении линеаризованных уравнений коллинеарности и компланарности соответствующих проектирующих лучей левой и правой съемок.

Уравнения коллинеарности для опорных точек, изображенных на снимках, в матричной записи имеют вид:

$$D_x = \begin{vmatrix} X_i' & \Delta X_i \\ Y_i' & \Delta Y_i \end{vmatrix} = 0; \quad D_Y = \begin{vmatrix} Z_i & \Delta Z_i \\ Y_i' & \Delta Y_i \end{vmatrix} = 0, \quad (11)$$

где  $\Delta X_i = X_i - X_s$  — разности пространственных координат опорной точки и центра фотографирования в фотограмметрической системе координат.  
 $\Delta Y_i = Y_i - Y_s$   
 $\Delta Z_i = Z_i - Z_s$

Уравнение компланарности для точек в этой же системе координат имеет в матричной записи вид:

$$V = \begin{vmatrix} B_x & B_Y & B_z \\ X_i' & Y_i' & Z_i' \\ X_i'' & Y_i'' & Z_i'' \end{vmatrix} = 0, \quad (12)$$

где  $B_x = X_{s_n} - X_{s_n}$ ;  $B_Y = Y_{s_n} - Y_{s_n}$ ;  $B_z = Z_{s_n} - Z_{s_n}$ .

Уравнения (11) и (12) содержат общие неизвестные — 12 линейных и угловых ЭВО левого и правого снимков.

Каждая опорная точка, изображенная на обоих снимках, позволяет составить по четыре уравнения вида (11) и одно уравнение вида (12).

Таким образом, для определения 12 неизвестных ЭВО необходимо иметь не менее трех общих опорных точек, позволяющих составить 15 уравнений. Уравнения (11) и (12) нелинейны относительно неизвестных, поэтому их решают методом функциональной итерации (метод Ньютона). Для этого необходимо исходные уравнения привести к линейному виду, используя ряд Тейлора и ограничиваясь членами первого порядка.

Уравнения в поправках относительно приближенно заданных значений неизвестных ЭВО имеют вид:

$$\begin{aligned} a_1' \delta X_s + b_1' \delta Y_s + c_1' \delta Z_s + d_1' \delta \alpha + e_1' \delta \omega + f_1' \delta \kappa + \\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 + D_x^0 = v_x, \\ a_1'' \delta X_s + b_1'' \delta Y_s + c_1'' \delta Z_s + d_1'' \delta \alpha + e_1'' \delta \omega + f_1'' \delta \kappa + \\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 + D_Y^0 = v_Y; \\ A_i \delta X_s + B_i \delta Y_s + C_i \delta Z_s + D_i \delta \alpha + E_i \delta \omega + F_i \delta \kappa + \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned}
& + A_i^1 \delta X_i^1 + B_i^1 \delta Y_i^1 + C_i^1 \delta Z_i^1 + D_i^1 \delta \alpha^1 + E_i^1 \delta \omega^1 + F_i^1 \delta \kappa^1 + V_q^0 = v_q; \\
& \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad + \\
& + \bar{a}_i^1 \delta X_i^1 + \bar{b}_i^1 \delta Y_i^1 + \bar{c}_i^1 \delta Z_i^1 + \bar{d}_i^1 \delta \alpha^1 + \bar{e}_i^1 \delta \omega^1 + \bar{f}_i^1 \delta \kappa^1 + \bar{D}_i^0 = \bar{v}_x; \quad (18) \\
& \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad + \\
& \bar{a}_i^1 \delta X_i^1 + \bar{b}_i^1 \delta Y_i^1 + \bar{c}_i^1 \delta Z_i^1 + \bar{d}_i^1 \delta \alpha^1 + \bar{e}_i^1 \delta \omega^1 + \bar{f}_i^1 \delta \kappa^1 + \bar{D}_i^0 = \bar{v}_y
\end{aligned}$$

Коэффициенты этих уравнений находят по приближенно заданным значениям ЭВО и измеренным координатам точек снимка в соответствии с зависимостями:

$$a_i^1 = Y_i^1; \quad b_i^1 = X_i^1; \quad c_i^1 = 0; \quad d_i^1 = 0; \quad e_i^1 = Z_i^1; \quad f_i^1 = -Y_i^1;$$

$$d_i^1 = \begin{vmatrix} Y_i^1 & \Delta X_i \\ -X_i^1 & \Delta Y_i \end{vmatrix}; \quad d_i^1 = \begin{vmatrix} 0 & \Delta Z_i \\ -X_i^1 & \Delta Y_i \end{vmatrix};$$

$$e_i^1 = \begin{vmatrix} \bar{X}_i^1 & \Delta X_i \\ \bar{Y}_i^1 & \Delta Y_i \end{vmatrix}; \quad e_i^1 = \begin{vmatrix} \bar{Z}_i^1 & \Delta Z_i \\ \bar{Y}_i^1 & \Delta Y_i \end{vmatrix}; \quad (14)$$

$$f_i^1 = \begin{vmatrix} A_i^* & \Delta X_i \\ B_i^* & \Delta Y_i \end{vmatrix}; \quad f_i^1 = \begin{vmatrix} C_i^* & \Delta Z_i \\ B_i^* & \Delta Y_i \end{vmatrix};$$

Здесь  $\bar{X}_i^1 = \bar{a}_1 x_i + \bar{a}_2 f + \bar{a}_3 z_i$ ;  $\bar{Y}_i^1 = \bar{b}_1 x_i + \bar{b}_2 f + \bar{b}_3 z_i$ ;  $\bar{Z}_i^1 = \bar{c}_1 x_i + \bar{c}_2 f + \bar{c}_3 z_i$ ,  
и элементы преобразования  $\bar{a}_{1,2,3}$ ;  $\bar{b}_{1,2,3}$ ;  $\bar{c}_{1,2,3}$  получают по приближенно заданным угловым ЭВО:

$$\begin{aligned}
\bar{a}_1 &= -\sin \alpha \cos \omega \sin \kappa; & \bar{b}_1 &= -\cos \alpha \cos \omega \sin \kappa; & \bar{c}_1 &= -\sin \omega \sin \kappa; \\
\bar{a}_2 &= -\sin \alpha \sin \omega; & \bar{b}_2 &= -\cos \alpha \sin \omega; & \bar{c}_2 &= -\cos \omega; \\
\bar{a}_3 &= -\sin \alpha \cos \omega \cos \kappa; & \bar{b}_3 &= -\cos \alpha \cos \omega \cos \kappa; & \bar{c}_3 &= -\sin \omega \cos \kappa;
\end{aligned} \quad (15)$$

$$A_i = a_3 x_i - a_1 z_i; \quad B_i^* = b_3 x_i - b_1 z_i; \quad C_i^* = c_3 x_i - c_1 z_i$$

Во всех выражениях  $x_i, z_i$  — измеренные плоские координаты опорных точек на снимке

$$A_i = \begin{vmatrix} Y_i^I & Z_i^I \\ Y_i^{II} & Z_i^{II} \end{vmatrix}; \quad B_i = \begin{vmatrix} Y_i^I & Z_i^I \\ X_i^I & Z_i^I \end{vmatrix}; \quad C_i = \begin{vmatrix} X_i^I & Y_i^I \\ X_i^{II} & Y_i^{II} \end{vmatrix};$$

$$D_i = \begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ Y_i^I & X_i^I & 0 \\ X_i^{II} & Y_i^{II} & Z_i^{II} \end{vmatrix}; \quad E_i = \begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ \bar{X}_i^I & \bar{Y}_i^I & \bar{Z}_i^I \\ X_i^I & Y_i^I & Z_i^I \end{vmatrix}; \quad F_i = \begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ A_i^* & B_i^* & C_i^* \\ X_i^I & Y_i^I & Z_i^I \end{vmatrix};$$

$$A_i^I = -A_i; \quad B_i^I = -B_i; \quad C_i^I = -C_i; \quad (15)$$

$$D_i^I = \begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ X_i^I & Y_i^I & Z_i^I \\ Y_i^I & X_i^{II} & 0 \end{vmatrix}; \quad E_i^{II} = \begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ X_i^I & Y_i^I & Z_i^I \\ \bar{X}_i^{II} & \bar{Y}_i^{II} & \bar{Z}_i^{II} \end{vmatrix}; \quad F_i^I = \begin{vmatrix} B_x & B_y & B_z \\ X_i^I & Y_i^I & Z_i^I \\ A_i^I & B_i^I & C_i^I \end{vmatrix};$$

Свободные члены уравнений (18)  $D_x^0$ ,  $D_y^0$ ,  $V_q^0$  находят по формулам (11) и (12) по приближенно заданным значениям угловых и линейных ЭВО левого и правого снимков.

Общее число уравнений погрешностей вида (18) зависит от числа опорных и ориентирующих точек, схема расположения которых на площади стереопара должна отвечать известным геометрическим условиям.

Рекомендуемые схемы расположения опорных точек при аналитическом ориентировании снимков приведены на рис. 6.

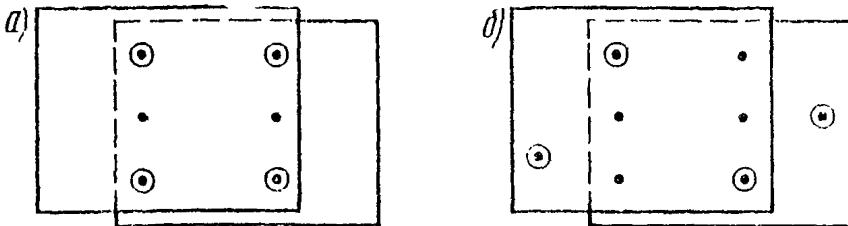


Рис. 6

Систему уравнений погрешности (18) решают по способу наименьших квадратов с оценкой величины поправок в определяемые параметры и точности решения.

Задачу в целом решают методом последовательных приближений и в результате находят поправки в приближенные значения ЭВО снимков стереопара (см. приложение 18).

Координаты точек местности в фотограмметрической системе получают в соответствии с выражениями (1).

От геодезических координат опорных точек в фотограмметрическую систему и обратно переходит на основе приближенно заданного дирек-

ционного угла оптической оси левого снимка в соответствии с выражениями (10).

В связи с большим объемом вычислений аналитическое ориентирование снимков и определение координат точек по изложенной схеме целесообразно выполнять с использованием ЭВМ с объемом оперативной памяти не менее 1024 слов.

### П о г р е ш н о с т и   н а   в з е м н о й с т е р е о ф о т о с ъ е м к и

1.18. Источниками погрешностей при взаимной стереофото съемке являются:

- а) неточное значение элементов внутреннего ориентирования съёмочной камеры;
- б) физические ошибки снимка (дисторсия съёмочного объектива, неплоскостность светочувствительного слоя и его деформация при обработке);
- в) несоответствие установленных ВВО камеры заданным;
- г) ошибки измерения базиса и координат контрольных точек;
- д) ошибки измерения снимков;
- е) инструментальные ошибки приборов и метода обработки результатов измерений.

1.19. Влияние ошибок в элементах внутреннего ориентирования камеры на координаты точек снимка выражается зависимостями:

$$\delta x = \frac{x}{f} \delta f - \frac{z^2}{f^2} \Delta_0,$$

$$\delta z = \frac{z}{f} \delta f + z_0 \frac{xz}{f^2} \Delta_0;$$

$$\delta p = \frac{p}{f} \delta f - \frac{x_h^2 - x_h^2}{f^2} \Delta_0,$$

где  $\delta f$  — погрешность принятого значения фокусного расстояния камеры

$x_0, z_0$  — координаты главной точки снимка.

Для того чтобы влияние ошибок элементов внутреннего ориентирования соответствовало точности стереофотограмметрических измерений, эти элементы должны быть известны с предельными ошибками:

при  $f = 200$   $\delta f \leq \pm 0,08$  мм;  $x_0 \leq \pm 0,05$  мм;  $z_0 \leq \pm 0,02$  мм;

при  $f = 100$   $\delta f \leq \pm 0,01$  мм;  $x_0 \leq \pm 0,02$  мм;  $z_0 \leq \pm 0,01$  мм.

1.20. Физические ошибки снимков при использовании современных фототеодолитных камер и специальных шлифованных фотопластинок могут быть сведены к величинам, лежащим за пределами точности измерения снимков в фотограмметрических приборах.

Однако в реальных условиях при использовании обычных фотопластинок ошибки в положении точек снимка за счет неплоскостности светочувствительного слоя могут быть достаточно велики. Поэтому при повышенных требованиях к точности определения координат точек местности путем взаимной стереофото съемки необходимо проводить специальные исследования плоскостности фотопластинок.

I.21. Ошибки определения координат точек местности при ориентированной стереофото съемке связаны прежде всего с ошибками устанавливаемых при фотографировании элементов внешнего ориентирования. Эти ошибки носят систематический характер и для нормального случая съемки выражаются следующими формулами:

$$\Delta X = (f + \frac{x^2}{f}) \delta \alpha - \frac{xz}{f} \delta \omega + z \delta \mu; \quad (16)$$

$$\Delta Z = \frac{xz}{f} \delta \alpha - (f + \frac{x^2}{f}) \delta \omega - x \delta \mu;$$

$$\Delta p = f \delta \Delta \alpha + \frac{x_1^2 \delta \alpha_{\lambda} - x_2^2 \delta \alpha_{\mu}}{f} - \frac{z}{f} (x_1 \delta \omega_{\lambda} - x_2 \delta \omega_{\mu}) + z \delta \Delta \mu.$$

Для того чтобы ошибки в положении точек снимков из-за неточного углового ориентирования камеры в процессе съемки были бы одного порядка с точностью измерения снимков, необходимо, чтобы ошибки ориентирования не превосходили следующих величин:

$$\delta \alpha \leq \pm 30''; \quad \delta \Delta \alpha(\gamma) \leq \pm 5''; \quad \delta \omega \leq 10''.$$

Относительные погрешности измерения величины базиса съемки вызывают соответствующие ошибки в координатах точек местности

$$\frac{m_B}{B} = \frac{m_X}{X} = \frac{m_Y}{Y} = \frac{m_Z}{Z}$$

Относительные ошибки измерения базиса обычно не превышают 1/3000.

I.22. Ошибки измерения координат точек снимков приводят к случайным ошибкам в положении точек местности, которые можно рассчитать по приближенным формулам:

$$\begin{aligned} M_{x_i} &= \mu t_i \sqrt{1 + Q_x^2}; \\ M_{y_i} &= \mu t_i \sqrt{1 + Q_y^2}; \\ M_{z_i} &= \mu t_i \sqrt{1 + Q_z^2}. \end{aligned} \quad (17)$$

Здесь  $\mu$  - средняя квадратическая ошибка измерения координат и параллаков;

$t_i = \frac{Y_i}{f}$  - знаменатель масштаба изображения на снимке;

$$Q_x = \frac{X_i}{B}; \quad Q_y = \frac{Y_i}{B}; \quad Q_z = \frac{Z_i}{B}$$

Выражения (17) удобно использовать для расчета ожидаемых ошибок в положении точек на Участке съемки при рекогносцировочных работах на исследуемом объекте с использованием специального рекогносцировочного планшета (приложение 6).

1.28. Точность построения модели и определения координат точек местности при неориентированной стереофото съемке, когда угловые и линейные ЭВО известны приблизительно связана не только с точностью измерения и идентификации опорных точек, используемых для нахождения неизвестных ЭВО, но и со схемой расположения опорных точек, т.е. с геометрией обратной фотограмметрической засечки.

Для расчета ожидаемых ошибок определения ЭВО и координат точек местности в этом случае целесообразно использовать численный метод, с использованием получаемых при решении уравнений (19) весовых коэффициентов. При этом ошибки в значениях ЭВО получают из выражений вида

$$m_j = \mu \sqrt{Q_{jj}},$$

где  $\mu$  — ошибка измерения координат;  
 $Q_{jj}$  — весовой коэффициент, соответствующий определяемому параметру

## 2. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА ВЫПОЛНЕНИЯ НАЗЕМНОЙ СТЕРЕО-ФОТОСЪЕМКИ

2.1. Для определения возможности и целесообразности наземной стереофотоъемки при решении конкретных задач, связанных с поисками трассы и сооружений на ней, необходимо предварительно ознакомиться с районом работ по имеющемуся картографическому и аэрофотоъемочному материалам.

2.2. Основными объектами наземной стереофотоъемки при поисках новых железных и автомобильных дорог являются:

а) незалесенные или малозалесенные склоны с углами наклона более  $20-25^{\circ}$ ;

б) скальные прижимы и озимы;

в) обвалоопасные и оползневые участки.

Выделение этих участков производится, как правило, на основе изученных аэрофотоъемочных материалов по трассе.

Если протяжение и площадь участка съемки менее  $1 \text{ км}^2$ , то рабочий проект съемки — размещение базисов и съемочных станций — составляют на основе полевой рекогносцировки участка.

При съемке протяженных косогоров и значительных участков территории в горных районах составляют предварительный проект съемки, а после полевой рекогносцировки — рабочий проект.

2.3. Для составления предварительного проекта съемки используют имеющиеся на изучаемый район картографические материалы масштаба  $1:25\ 000$  и крупнее на которых намечают схему размещения съемочных базисов, учитывая охват всего снимаемого участка и минимума работ по привязке станций и контрольных точек.

При наличии на район поисковых аэроснимков масштаба  $1:10\ 000$  —  $1:40\ 000$  для составления проекта съемки могут быть использованы маршрутные фотосхемы, составленные из контактных или увеличенных аэро-снимков.

2.4. Для обеспечения съемки участка с минимумом "мертвых" зон и наименьшим числом станций базиса следует размещать следующим образом:

— перпендикулярно направлению ската, что позволяет полнее отобразить особенности рельефа снимаемого участка и уменьшить количество "мертвых" зон;

— нормально к направлению скатов, чтобы обеспечить на снимках изображение тальвега;

— на возвышенных местах, так как количество "мертвых" пространств уменьшается с увеличением относительной высоты стояния фототочек.

2.5. При расчете длины базиса и максимальных отстояний необходимо учитывать метод составления плана. Так, в случае оптико-механи-



ческого способа обработки снимков (стереоавтограф, стереопланиграф) составление плана определенного масштаба может быть выполнено, если вычисления отстояний  $Y$  и базисов  $B$  не будут превышать в масштабе плана величин, указанных в табл. I.

Т а б л и ц а I

название прибора	$Y_{max}$ , мм	$B_{max}$ , мм	$f_z$ , мм
Стереоавтограф И818	800	120	20
Стереопланиграф	1100	740	180
Стересметрограф	1500	700	140

2.6. Крайние точки базисов желательно располагать на одинаковых высотах; при невозможности выполнения этого условия допускают превышения концов базисов не более  $B_{znp} \leq 0,3B$ .

При использовании грифомеханического способа для составления плана при расчете  $B_{znp}$  следует руководствоваться данными табл. I.

2.7. Расстояние от съемочной станции до дальней границы снимаемого участка не должно (при  $f_k = 200$  мм) превышать для планов масштаба I:500 - 600-700; I:1000 - 1000-1200; I:2000 - 2500; I:5000 - 4000 - 5000 м.

При этих расстояниях длину базиса рассчитывают из условий обеспечения требуемой точности получения координат на дальнем плане и возможности стереоскопической обработки переднего плана намеченного для съемки участка местности.

Минимальную длину базиса фотографирования при  $f_k = 200$  мм,  $m_p = \pm 0,01$  мм и допустимых ошибках в положении точек  $\pm 0,4$  мм в масштабе плана определяют по формуле

$$B_{min} \geq \frac{Y_{max}}{7i_{min}},$$

где  $i$  - знаменатель масштаба составляемого плана.

Расстояние до ближней границы участка съемки, который при выбранном значении базиса может быть обработан стереоскопически

$$Y_{min} = 4B.$$

2.8. Положение съемочных точек и направление базисов должно обеспечивать фотографирование заданного участка съемки без разрывов с перекрытием между соседними секторами съемки по переднему плану не менее 20%.

Для определения границ съемки используют вычерченные на восковой или целлулоиде палетки, соответствующие нормальному и равноотклоненному случаям съемки с четкой и прямой точкой фотографирования (рис. 7).

При этом угол  $\lambda$  равен половине горизонтального угла поля зрения объектива фотокамеры

$$\operatorname{tg} \lambda = \frac{c}{2f}$$

где  $c$  — горизонтальный размер кадра (при  $f_k = 200$  мм,  $\lambda \sim 22^\circ$ ).

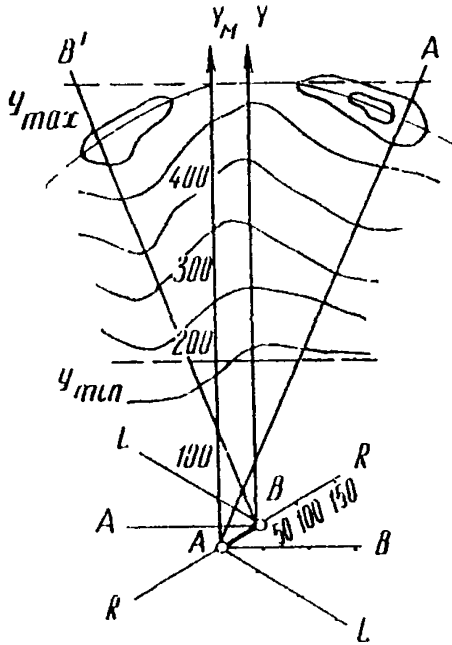


Рис. 7

На палетках прочерчивают правую и левую границы съемки, направления нормальных и отклоненных базисов, а также шкалы расстояний в масштабе основы. Соответств палетки таким образом, чтобы направления базисов, соответствующие нормальному или отклоненным случаям, совпали, а значение базиса было равно выбранному, определит наилучшее положение базиса и границы съемки.

При съемке протяженных косогоров проектируют в основную съемку при нормальном положении оси камеры, а направление базиса должно быть примерно параллельно направлению простирания склона. При резком изменении направления простирания склона применяют и равноотклоненные случаи съемки.

2.9. Выбранные положения базисов и границы съемки последовательно наносят на плановую основу, на которой подписывают вид съемки и каждого базиса, длину и номер.

Например,  $\frac{\text{№ 12}}{60 \text{ N, L, R}}$ , что означает базис № 12, длины — 60 м,

виды съемки — нормальная, скос влево, скос вправо. Угол скоса (отклонение осей съемки от нормали) обычно выбирается стандартным —  $91^\circ$

2.10. Для определения вертикального захвата местности с выбранных точек съемки строят палетку на миллиметровке в удобном масштабе (рис. 8), на которой по горизонтали откладывают расстояния, а по вертикали — превышения. Из точки O проводят границы вертикального захвата местности, соответствующие при предельных перемещениях объектива "Фотео" I9/1318 углу наклона —  $29^\circ$  и углу возвышения  $+25^\circ$ . Определяют затем превышения относительно точки фотографирования верхней и нижней точек участка съемки, наносят по расстояниям их на палетку. Если они попадают в сектор вертикального захвата, то с выбранной точки мест-

новый участок может быть сфотографирован.

2.11. Схему геодезической привязки базисных и контрольных точек представляют в зависимости от методики последующей камеральной обработки.

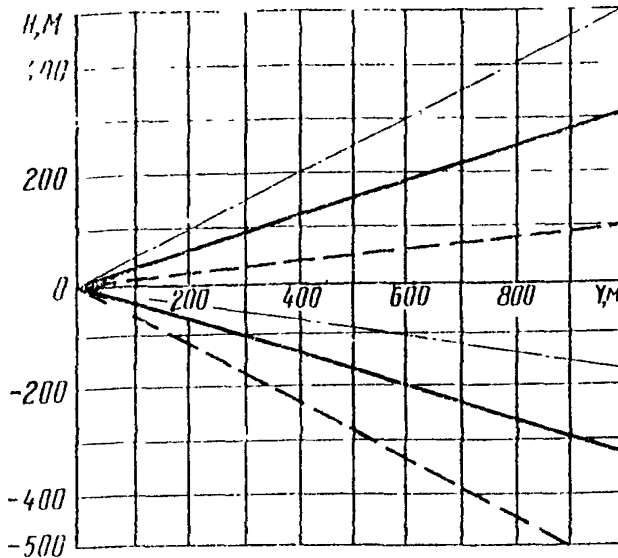


Рис. 8

- · — · — объектив вверху;
- — — — в центре;
- - - - - внизу

Если обработку вычислений производят только оптико-механическим путем, то необходимо из геодезических измерений определить координаты и отметки всех левых базисных точек, вынуть базисов и привязать не менее одной контрольной точки на дальнем плане стереопары.

При съемке протяженных косогоров и труднодоступных скальных прижимов целесообразно взамен сплошной геодезической привязки стереопар

и базисов использовать фотограмметрический метод аналитического построения опорной сети.

Протяжение фотограмметрической сети между точками геодезической опоры может составлять в этом случае 7-8 стереопар.

2.12. Схему геодезической привязки проектируют с обеспечением точности определения координат контрольных и базисных точек, регламентируемой инструкциями по топоъемкам в соответствующем масштабе для точек съемочного обоснования или специальными техническими условиями. Геодезическую привязку базисов и контрольных пунктов осуществляют засечками с точек магистрального хода, прокладываемого в районе проектируемой трассы (рис. 9, а).

Если этот участок труднодоступен и магистральный ход прокладывать нецелесообразно или невозможно, то для геодезического обоснования съемки строят аналитическую сеть, опирающуюся на крайние точки магистрального хода на концах участка (рис. 9, б). В этом случае аналитическую проектируют таким образом, чтобы по возможности пункты сети совпадали с базисными или контрольными точками. Схему

геодезической привязки составляется в расчете определения координат и отметок одной из точек каждого базиса (предпочтительно левой).

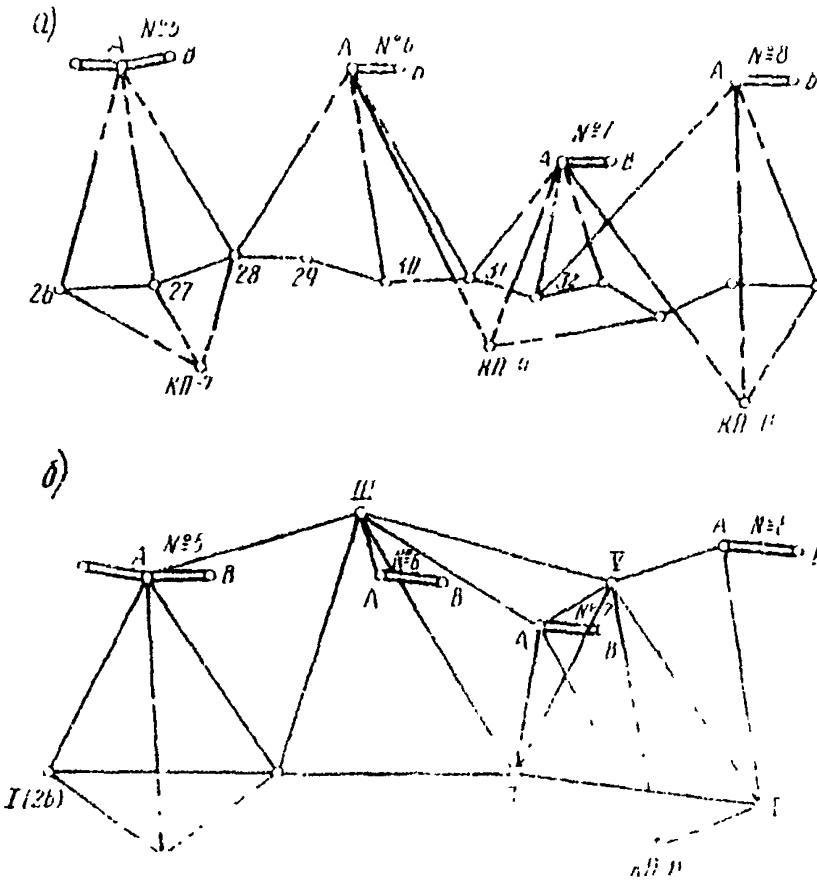


Рис. 9

Привязку контрольных точек осуществляют приемами засечками с нескольких базисных точек, координаты которых определены точно.

При разреженной геодезической привязке участка съемки определяют координаты контрольных точек на крайних стереопарах и, кроме того, дирекционные углы всех базисов фотографирований.

2.18. В некоторых случаях при повышенных требованиях к точности определения координат точек местности, например, при изучении оползневых явлений конвергентную съемку участка проектируют с увеличенными базисов. Применение конвергентной съемки обеспечивает увеличение углов засечки при определяемых точках, которые в обычных условиях при

нормальном случае съемки камерами с  $f = 200$  мм не превышают  $16^\circ$ . При конвергентной съемке за счет увеличения базиса фотографирования углы базиса могут быть увеличены до  $40-50^\circ$ , что при одинаковой точности измерения координат точек снимка приводит к повышению точности определения координат точек местности в 2 - 2,5 раза.

Проект съемки таких участков с использованием конвергентной съемки составляют на основе полевой рекогносцировки, в процессе которой намечают съемочные точки и направления оси камеры относительно базиса.

2.14. Проект крупномасштабной съемки плоских участков местности (железнодорожных станций, промышленных площадок и других территорий со сложной ситуацией и затрудненными условиями непосредственных измерений) составляют, как правило, после полевой рекогносцировки.

#### Аппаратура и оборудование для съемки и его подготовка

2.15. Фототеодолитная партия должна иметь следующие инструменты и оборудование:

- фототеодолитный комплект ("Photo 19/1818", "Tal"), фотокамера которого должна быть оборудована затвором с диапазоном экспозиций в пределах 1:25 - 1:100 сек или универсальную фотокамеру "УМК-10/1818";
- любительский фотоаппарат типа "Фэд" или "Москва";
- теодолит с точностью отсчета по горизонтальному и вертикальному кругам не грубее  $10''$ ;
- технический нивелир с комплектом реек;
- экспонометр;
- стальную рулетку длиной 20-50 м и теоряную рулетку длиной 2 м;
- топографический зонт;
- шанцевый инструмент (лопаты, молоток и т.п.);
- бинокли;
- эккер;
- рекогносцировочную привилу или планшет;
- комплект из 20-30 металлических и бумажных марок различной окраски для маркирования опорных и других точек и элементов на участке съемки;
- стандартный комплект полевого фотолабораторного оборудования, включая фотореактивы (приложение 5);
- фототеодолитные пластинки чувствительностью не более 6 ед. Госта (или съемке с неподвижных опор) или высокочувствительные (до 25 ед. пластинки "Изобито" при съемке с подвижных опор). Необходи-

мое для съемки количество фотопластинок определяют по предварительному проекту съемки;

- полевые журналы, бланки, кальку, бумагу и другие канцелярские принадлежности;
- стереоскоп.

2.16. Фототеодолиты, применяемые при стереофото съемке, должны обеспечивать постоянство элементов внутреннего и, при фотографировании с твердой опоры, внешнего ориентирования в процессе съемки с ошибками, не превышающими величин, приведенных в табл.2.

Все оборудование должно быть тщательно осмотрено для выявления и устранения возможных неисправностей и после проведения рабочих проверок и юстировок (см.приложение I) приведено в рабочее состояние и подготовлено к транспортировке.

Т а б л и ц а 2

Элементы ориентирования	Допустимые значения ошибок ориентирования фотокамеры с фокусным расстоянием	
	100 мм	200 мм
Фокусное расстояние камеры	$\pm 0,01$ мм	$\pm 0,08$ мм
Положение главной точки	$\pm 0,02$ мм	$\pm 0,15$ мм
	$\pm 0,01$ м	$\pm 0,02$ мм
Угол скоса	$\pm 20$ сек	$\pm 10$ сек
Угол конвергенции	$\pm 5$ сек	$\pm 5$ сек
Угол наклона оптической оси	$\pm 20$ сек	$\pm 14$ сек
Угол поворота фотопластинки	$\pm 20$ сек	$\pm 10$ сек

### Ш. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

3.1. Полевые работы, выполняемые фототеодолитной партией, состоящей из двух - трех ИТР и четырех - пяти рабочих, включают следующие процессы:

- рекогносцировку участка и составления рабочего проекта съемки;
- закрепление контрольных и съемочных точек и проведение работ по определению их геодезических координат;
- маркировку контрольных точек и отдельных элементов с туации;
- фотографирование;
- фотолабораторные работы и анализ полученных негативов;
- топографическое и инженерное дешифрирование снимков.

## 1. Реконсцировка участков съемки

3.2. Целью реконсцировки является определение на местности наиболее выгодного положения фототеодолитных станций, контрольных пучков, опорных точек и схем их геодезической привязки к существующей геодезической сети или к точкам магистрального хода, проложенной в районе проектируемой трассы.

В результате реконсцировки должен быть составлен рабочий проект размещения и геодезической привязки базисных, контрольных и опорных точек.

3.3. При выборе фототеодолитных станций и определении границ съемки удобно пользоваться фотоаппаратами типов "Фэд" или "Москва", имеющими тот же фотографический захват, что и фототеодолит "Photo 19/1818" с  $f_k = 200$  мм. Реконсцировку выполняют инженер-фотограмметрист и два рабочих.

3.4. Реконсцировку косогорного участка местности следует начинать с общего осмотра участка съемки с господствующих высот и проверки правильности составления предварительного проекта размещения фототеодолитных станций. При необходимости положение фототеодолитных станций, намеченное в предварительном проекте, изменяют в соответствии с выявленными на местности условиями.

В результате общего изучения местности уточняют возможность создания разреженного геодезического обоснования съемки, зоны размещения фототеодолитных станций с учетом фотосъемки участка без фотографических разрывов и минимального количества "мертвых" пространств.

3.5. После общего изучения местности выполняют детальную реконсцировку, целью которой является выбор охвата съемки и окончательного положения фототеодолитных станций, определения границ секторов съемки с каждого базиса и положение контрольных и дополнительных точек геодезического обоснования. При этом необходимо выполнить следующие условия:

1. Точки станции фототеодолита должны быть удобны для установки штатива и работы наблюдателя.

2. Горизонтальные и вертикальные секторы охвата не должны закрываться близрасположенными предметами (деревьями, строениями, складами рельефа и т.п.).

3. Угол наклона базиса должен быть по возможности минимальным и не превышать  $10^\circ$  при последующей обработке снимков на стереоавтографе и  $15^\circ$  при использовании стереоскопиратора.

4. Между базисными точками должна быть хорошая видимость со штативов, причем визирный луч должен проходить не ближе 0,5 м от поверхности и точек или местонахождения предметов.

5. Привязка левой точки бонуса к опорной геодезической реге или к точкам магистрального хода должна обеспечиваться простым и удобным способом.

6. В случае разрыва между периодом съемки и геодезической привязкой пунктов расположения базисных точек должно обеспечивать длительную сохранность закрепленных центров.

Если с базиса невыгодно производить съемку при нормальном положении оптических осей, в таком случае необходимо увеличить площадь съемки, то определяют границы ее при скосах оптической оси влево или вправо. Угол скоса ( $\varphi$ ) обычно выбирают стандартным —  $31^{\circ}30'$ .

В этом случае для определения направления оптической оси отклоняют от направления базиса угол —  $90^{\circ} + \varphi$  (на левой точке) и  $90^{\circ} - \varphi$  (на правой точке).

Уточненные на местности положения базисов и секторов съемки переносят на основу, на которой составлялся предварительный проект (карту или фотосхему из аэрофотоснимков), где намечают выбранные в результате полевой рекогносцировки виды съемки и, в зависимости от величины вертикального захвата, положение объектива по вертикали в момент съемки.

Выбор местоположения базисов производят последовательно с расчетом обеспечения перекрытия между границами съемки смежных стереопар порядка 20%, по ближайшему плану снимаемого участка.

3.6. для уточнения секторов съемки и условий фотографирования объекта в процессе полевой рекогносцировки целесообразно использовать рекогносцировочную призму или рекогносцировочный планшет (приложение 6) с фотографированием участка фотокамерами типа "Фед" ( $f = 36$  мм) или "Москва" ( $f = 110$  мм).

После проявления экспонированной пленки изготовляют увеличенные до формата фототеодолитного снимка отпечатки (при  $f = 36$  мм примерно в пять раз, а при  $f = 110$  мм в два раза). Полученные снимки позволяют проконтролировать правильность составления рабочего проекта съемки, определить зоны перекрытий со смежных базисов, выявить "мертвые" зоны, наметить хорошо изображающиеся на снимках местные предметы, которые можно использовать в качестве контрольных точек и т.п.

3.7. Одновременно с выбором положения базисных точек намечают контрольные пункты для каждого сектора съемки с базисом и схему геодезической привязки базисных и контрольных пунктов.

В качестве контрольных пунктов удобнее всего использовать хорошо заметные местные предметы, выделяющиеся на фоне участка съемки и отчетливо наблюдаемые с обеих базисных точек (строения, опоры линий электропередач и связи, отдельные деревья, выделяющиеся большие камни, характерные скалы и т.п.). При однообразном характере местности намечают зоны, в которых следует установить и замаркировать контрольные точки.



Геодезическое определение базисных и контрольных пунктов проектируют с расчетом использования главным образом прямых, обратных и комбинированных угловых засечек.

Если базисные и контрольные пункты предполагается определять с магистрального хода, проложенного в районе проектируемой трассы, прямыми засечками, то необходимо обеспечить видимость определяемых точек на менее чем с трех точек хода при углах засечки не менее  $30^{\circ}$ . На оложных, труднодоступных участках, когда проложение магистрального хода нецелесообразно и затруднительно, геодезическое обоснование производят построением системы треугольников.

При этом вершины треугольников желательно совместить с базисными точками.

3.8. Рекогносцировку и составление рабочего проекта съемки протяженных призм и косогоров с разреженным полевым обоснованием производят обычным образом, но при этом более тщательно следят за сохранением перекрытия между смежными моделями. Одновременно с выбором положения базисов намечают схему работ по пространственному ориентированию базисов относительно произвольно принятого начала (например, направление первого базиса, рис.10). Для определения дирекционных углов базисов в принятой системе координат намечают угловой ход, связывающий все базисы и замыкающийся на опорных пунктах по концам участка съемки.

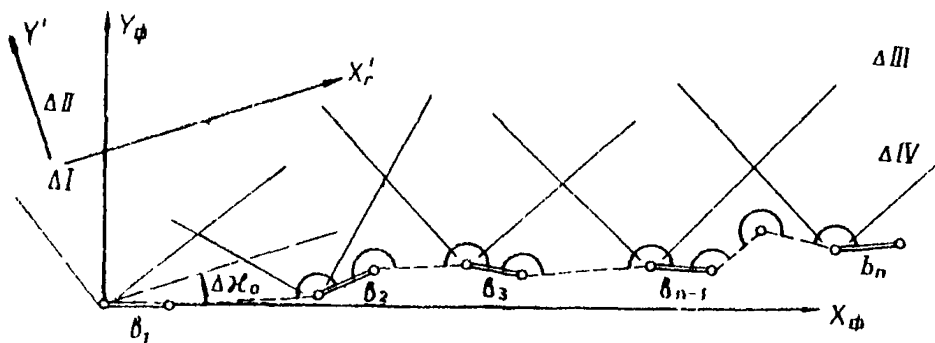


Рис.10

3.9. Особенность рекогносцировки и составления рабочего проекта съемки плоских территорий состоит в том, что в этом случае базисные точки должны располагаться на возвышенных относительно плоскости участка местах. В качестве таких точек можно выбирать местные высокие сооружения, например, проекторные мачты на железнодорожных станциях или высокие здания, вершины окружающих холмов или борта долины. Если вблизи участка, подлежащего съемке, нет таких высоких точек или

сооружений, то фотографировать можно с автовышки, на которой устанавливается фотокамера.

При съемке плоских территорий, как правило, используют общий или равнонаклонный лучи съемки, в базис фотографирования может быть горизонтальным или вертикальным.

На рис. 11, 12, 13 приведены основные схемы фотографирования при съемке плоских участков местности.

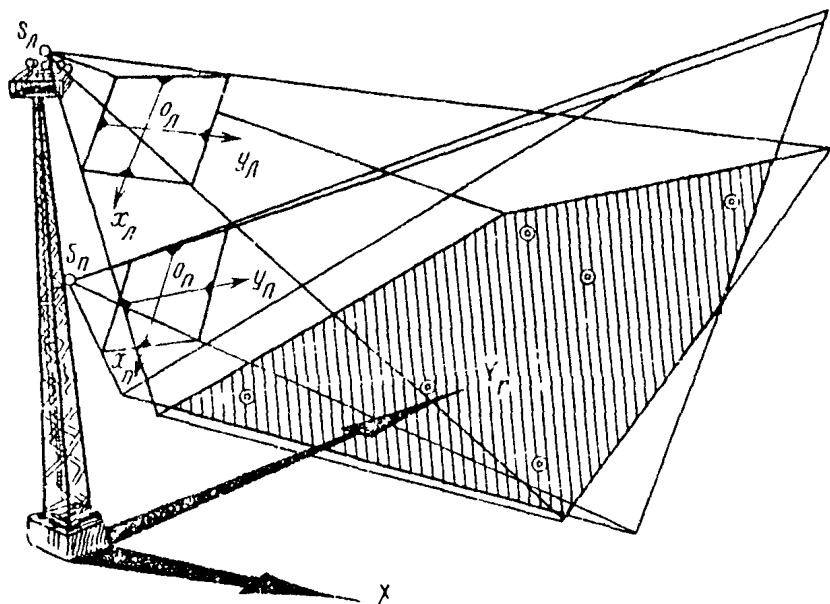


Рис. II

3.10. Положение точек и базисов фотографирования при съемке плоских участков территории выбирают с расчетом съемки при минимуме "мертвых" зон и фотограмметрических разрывов. При этом в случае съемки с высоких сооружений используют вертикальный базис фотографирования (рис. II), а в остальных случаях - горизонтальный при примерно равнонаклоненных осях снимков (рис. 12, 13).

Для определения площади захвата каждой стереопары при рекогносцировке и составлении рабочего проекта съемки обязательно производят фотографирование малоформатными фотоаппаратами и полученные снимки используют для определения зон, в которых должны располагаться опорные точки, необходимые для построения и ориентирования фотограмметрических моделей аналитическим методом.

3.11. При регулярных съемках оползневых участков рекогносцировку и составление проекта размещения базисов производят особенно тщательно,

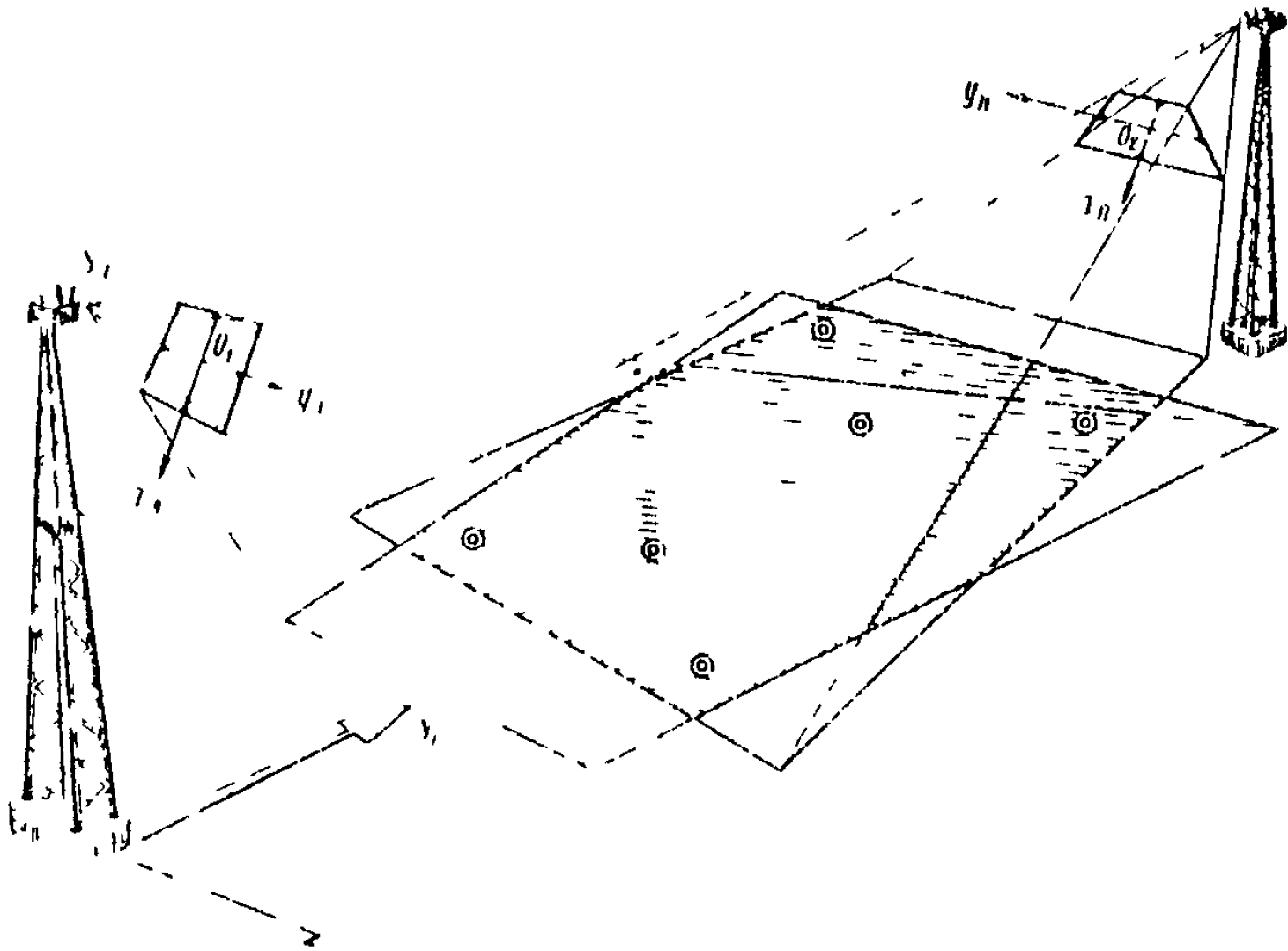


Рис. 12

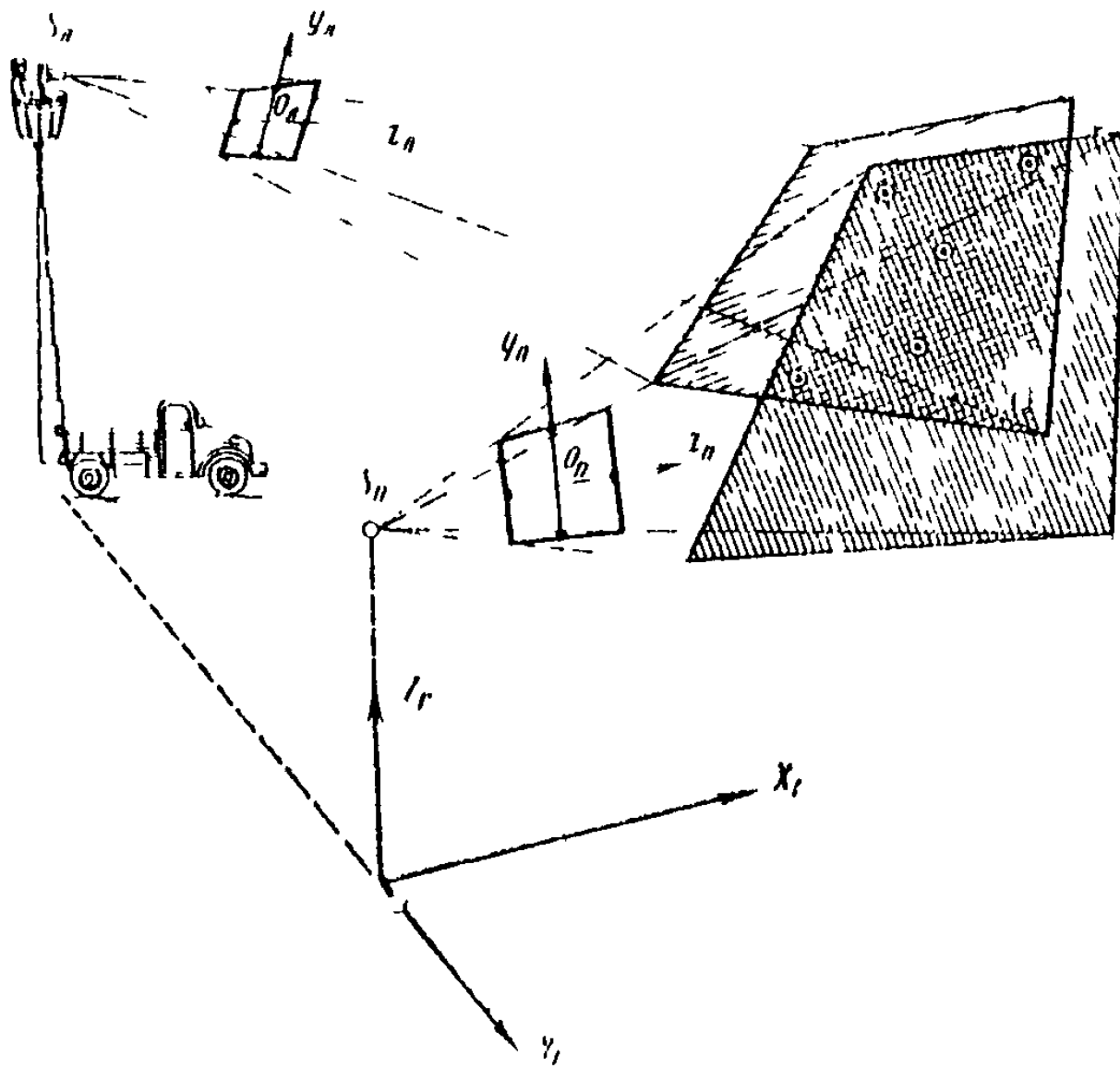


Рис. 12  
28

в точки фотографирования закрепляют бетонными столбами с явными или выгравированными марками с таким расчетом, чтобы в каждом цикле фотографирования элементы внешнего ориентирования снимков устанавливались с максимальной точностью.

Положение базисных точек выбирают при этом для решения двух задач: составления планов оползневых участков и определения координат марок, заложенных в тело оползня. В первом случае длина базиса и направление съемочных осей должны обеспечивать возможность обработки снимков оптико-механическим способом, а во втором – аналитическим.

Примерная схема съемки оползневой участка, обеспечивающая решение обеих задач приведена на рис. 14.

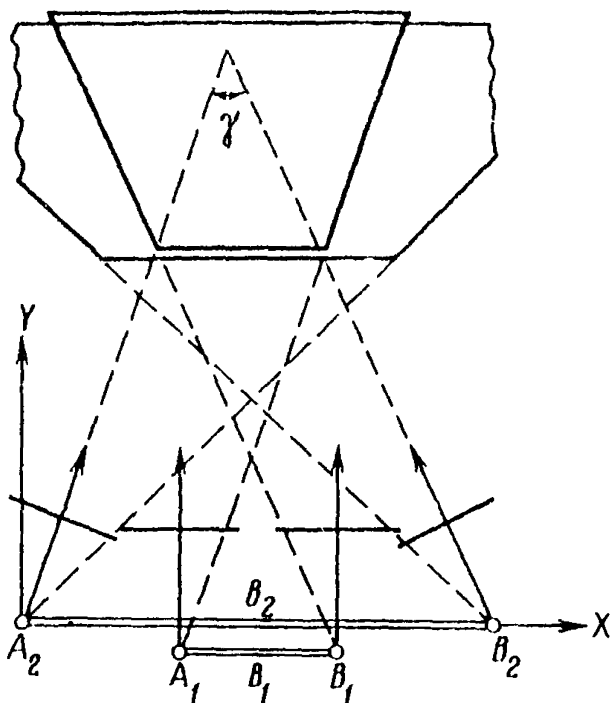


Рис. 14

При реконструкции положения базисов для съемки оползневых участков следует использовать реконсцировочные или планшетные производные съемки малоформатными фотокамерами для тщательной корректировки положения центров фотографирования и направления съемки перед окончательным закреплением концов базисов бетонными столбами.

3.12. Реконсцировочные работы при использовании взаимной стереофото съемки для привязки

аэрофотоснимков имеют следующие особенности.

1. Реконсцировку местности и определение положения базисных точек производят с использованием контактных аэрофотоснимков.

2. Секторы съемки должны охватывать только зоны расположения опознаков, необходимых для обоснования аэрофотосъемки, поэтому перекрытия между смежными секторами съемки не требуется.

3. Необходимость в проектировании преимущественного нормального случая съемки отпадает, так как каждая стереопара предназначается для определения в результате измерений лишь нескольких (трех – пяти) точек в зоне расположения опознаков аналитическим методом.

4. Выбранные и закрепленные базисные точки следует опознать вать на аэрофотоснимках.

5. Контрольные пункты, координаты которых требуется определить геодезическими работами, специально не намечают. Используют только пункты государственной или опорной сети, попадающие в сектор съемки, а также намечают точки местности, удобные для контроля правильности съемки по методу контрольных направлений.

В результате рекогносцировочных работ составляют рабочий проект фототеодолитной съемки, состоящий из схемы съемки, геодезического обоснования и краткой пояснительной записки.

На схеме съемки показывают:

- положение и нумерацию базисов фотографирования, виды съемки (нормальный, равноотклоненный, наклонный и т.п.);
- границы зон фотографирования с каждого базиса;
- местоположение опорных точек.

В пояснительной записке отражается последовательность съемочных работ и условия съемки с каждого базиса, выявленные в процессе рекогносцировки (характер освещенности, время дня).

#### Геодезические работы по обоснованию съемки

3.11. Базисные и контрольные точки, а также точки съемочного обоснования закрепляют в процессе рекогносцировки на местности постоянными или временными центрами.

Постоянные центры устанавливают при съемках оползневых участков и подходов к проектируемым тоннелям.

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

Временным центром в обычных условиях может служить деревянный кол длиной 0,5-0,6 м, в верхний срез которого для точного центрирования инструмента вбивается гвоздь.

При твердых и скалистых грунтах в качестве центров следует применять либо заостренные металлические штыри, либо металлические трубы с карпом-меткой для центрирования инструмента.

Рядом с центром устанавливают сторожок с обозначением номера точки и других необходимых сведений. Временным центром в условиях работы на железнодорожной станции или промплощадке могут служить костыли, обрезки металлических труб и т.п. Вокруг центра окапывают или выкладывают круг из камней.

3.12. При необходимости контрольные и опорные точки перед съемкой маркируют с помощью фанерных щитов, плотного картона или ткани. В

горных скальных районах маркировку контрольных точек осуществляют вклидыванием туров или нанесением марок определенной формы с помощью масляной краски на скале.

Форма марок может быть произвольной (треугольник, квадрат, круг, крест), но для повышения точности геодезических измерений при определении координат точек необходимо отметить геометрический центр марки, а в специальном журнале записать размеры марки.

Минимальные размеры марок зависят от расстояния между маркой и базисной точкой и должны выбираться такими, чтобы изображение марки на снимке имело размеры не менее 0,12 x 0,004 мм.

Для определения допустимых минимальных размеров марок рекомендуется пользоваться табл. 8, рассчитанной по формуле

$$L = \left\{ \frac{Y}{f_k} \right\},$$

где  $L$  — вертикальный или горизонтальный размер марки в натуре, м;  
 $\left\{ \right.$  — соответствующий размер изображения марки на снимках, мм;  
 $Y$  — отстояние до марки, м;  
 $f_k$  — фокусное расстояние камеры, мм (200 мм).

Т а б л и ц а 8

Минимальные размеры марок	Расстояние и						
	50	100	200	400	600	800	1000
Вертикальный	0,08	0,06	0,12	0,25	0,35	0,50	0,60
Горизонталь- ный	0,01	0,02	0,04	0,08	0,15	0,20	0,20

3.13. Если по условиям организации изыскательских работ в период между фотосъемкой и выполнением геодезических работ предполагается разрыв во времени, то закрашивание и маркировку точек на местности производят особенно тщательно с расчетом обеспечения их сохранности до начала проведения работ по геодезической привязке.

Следует иметь в виду, что при производстве фототопографической съемки путевого развития станции недопустим разрыв во времени между фотосъемкой и выполнением геодезических работ по определению координат замаркированных точек, так как они находятся в зоне интенсивного движения поездов и поэтому неизменность положения марок не может быть обеспечена.

3.14. Геодезические работы по обоснованию съемки выполняют в соответствии с рабочей схемой, составленной в процессе рекогносцировки участка. Независимо от способа определения погрешности в положении базисных и контрольных точек относительно пунктов рабочего обос-

новании или магистрального хода не должны превышать:

в плане -  $\pm 0,2$  мм в масштабе составляемого плана;

по высоте -  $1/8$  принятого очертания рельефа в равнинном и всхолмленном участках и  $1/5$  - в горных районах.

§.15. Способы построения рабочего обоснования можно варьировать в зависимости от характера участка.

При необходимости проложения магистрального хода в районе изыскиваемой трассы удобным способом проложения с одновременным определением координат базисных и контрольных точек является способ многократных боковых засечек, предложенный проф. А.И.Дурневым.

Схема съемки по способу боковых засечек с точек магистрального хода показана на рис. 15 и 16.

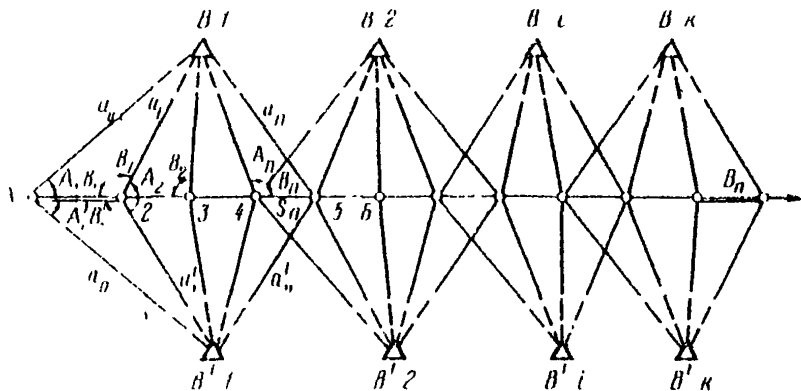


Рис.15

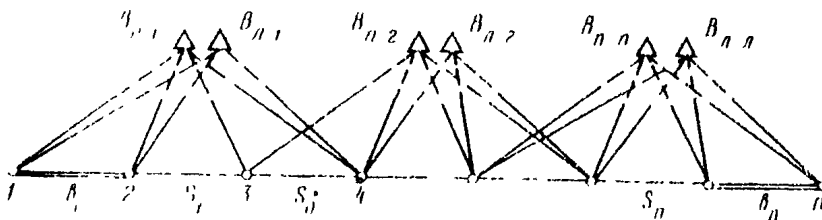


Рис.16

Здесь точки 1, 2, 3 ... пункты магистрального хода, B-1, B-2 .... зависимые или контрольные точки или дополнительные пункты, необходимые для построения хода. Расположение боковых пунктов может быть двусторонним (рис.15) и односторонним (рис.16). Полевые работы включают в измерении углов  $A_1, B_1; A'_1, B'_1; A_2, B_2; A'_2, B'_2 \dots A_n, B_n; A'_n, B'_n$  и базисов  $B_1$  и  $B_n$  в начале и конце хода.

Для получения значения длины промежуточных сторон необходимо выполнить обычное решение треугольников, причем длины промежуточных сторон так же, как и дирекционные углы сторон хода, вычисляются независимо дважды по углам  $A$ ,  $B$  и  $A'$ ,  $B'$ .

Координаты пунктов магистрального хода и боковых точек вычисляются по известным формулам через длины сторон и дирекционные углы.

При определении геодезических координат опорных точек способом заочек угловые измерения следует выполнять оптическим теодолитом (например, из фототеодолитного комплекта) методом круговых приемов погрешностью порядка  $5-10''$ . В этом случае относительная погрешность передачи координат точек хода и боковых пунктов обеспечивается  $1:5000 - 1:10\ 000$ . Измерять начальный и конечный базисы следует стальными компарированными рулетками или лентами в четыре приема с точностью измерений порядка  $1:2000 - 1:4000$  (штриховые ленты).

3.16. Для определения отметок базисных, опорных и контрольных точек при аналитическом методе создания высотного обоснования (например, способом многократных боковых заочек) следует применять тригонометрическое нивелирование с измерением углов наклона оптическим теодолитом с ценой деления вертикального круга порядка  $5''$ . Измерения при этом следует выполнять при двух положениях трубы (КП и КЛ). Колебания значения места нуля вертикального круга при измерениях с одной станции не должны превышать  $\pm 10''$ .

#### Фотографирование местности

3.17. Перед производством фотосъемочных работ и 1-2 раза в течение полевого сезона выполняют рабочие поверки фотокамеры и остальных приборов фототеодолитного комплекта (приложение I), а также опытное фотографирование для определения оптимальных величин экспозиции в различных условиях освещенности и различное время дня. Опытное фотографирование производят при нескольких значениях величины выдержки. Для определения приближенного значения выдержки следует использовать фотоэкзонометр типа "Ленинград" или таблицу выдержек.

3.18. Перед выполнением фотосъемочных работ составляют план работы на стоянке с таким расчетом, чтобы фотографирование с каждой стоянки производилось в такое время дня, когда сектор съемки освещен наиболее благоприятно. При этом необходимо учитывать следующие обстоятельства.

1. Для получения однообразного по контрастности изображения местности на снимках при съемке с левой и правой точек базиса фотографирования разрыв по времени должен быть как можно меньше,



Наиболее благоприятным временем дня при съёмке является та-  
кое, когда сила инцидентной и весь участок съёмки равномерно освещен

3. Необходимо внимательно следить за подвижным составом при  
съёмках стационарной территории, так как дым паровоза или выхлопные  
газы паровоза, а также и сам подвижной состав могут закрыть фото-  
графируемые элементы стационарной ситуации.

3.19. При производстве фототеодолитной съёмки в горных, ополз-  
невых районах местности на каждой фототеодолитной стоянке выполняют  
следующие работы:

- установку инструментов на базисных точках;
- фотографирование местности;
- измерение длины базиса фотографирования, угла наклона и угло-  
вую привязку направления базиса;
- измерению горизонтальных и вертикальных углов на контрольные  
точки и другие пункты в соответствии с рабочим проектом или привязку  
опорных точек для построения разреженного планово-высотного обосно-  
вания съёмки.

Ниже дается описание работы на фототеодолитной стоянке с наи-  
более распространенным фототеодолитным комплектом "Photeo 19/1318"  
по существующей методике, позволяющей, кроме топографических съёмок  
косогорных районов, в условиях железнодорожных станций или промышлен-  
ных площадях фотографировать с жесткой опоры разные инженерные со-  
оружения (путепроводы, переезды, отдельные здания и т.п.).

Аналогично выполняют съёмку с фототеодолитами ЦМК 10/1318, Таф ,  
Геодезия. При работе с другими типами камер ( Вильд, Цейсс С-36 и др.)  
возможны существенные изменения в отдельных операциях.

Последовательность работ при производстве фотографирования сле-  
дующая:

1. Прочно устанавливают штативы с укрепленными на них трегерами  
над левой и правой базисными точками. Центрирование инструментов тща-  
тельно выполняют с помощью отвесов.

2. В левой базисной точке устанавливают на трегере фотокамеру и  
приблизительно горизонтируют ее по уровню, а в правой - визирную марку,  
ориентировав ее в направлении базисов. Над фотокамерой укрепляют  
топографический зонт, закрывающий корпус камеры от прямых солнечных  
лучей.

3. Измеряют высоту инструмента ( $i$ ) над левой и правой точками  
при помощи теодолитной рулетки. При этом непосредственно измеряют высоту  
от центра до верхнего обреза трегера -  $i_0$ . Для получения высоты  
инструмента к этому значению прибавляют по точную величину ( $h_1$ ),  
равняющуюся расстоянию от верха трегера до оптической оси объектива  
от центра до нулевой пометки. Для фотокамеры "Photeo 19/1318"

эта величина  $h_i = 11$  см. Следовательно,  $i = i_0 + i_i$ , что и заносится в журнал фотографирования ( приложения 7 ).

4. Устанавливают зрительную трубу ориентирного устройства на заданный угол относительно базиса, руководствуясь при этом метками случая съемки на корпусе камеры ( A, L, AR ), и ориентируют фотокамеру в направлении съемки, выдвигая в объектив ориентирного устройства марку, установленную на правой точке базиса.

5. Устанавливают объектив камеры по вертикали в положение, определенное при производстве реконсцировки, и, открыв крышку матового стекла, проверяют правильность положения объектива и вертикальный захват местности. При необходимости перемещают объектив по вертикали, добываясь нужного захвата по высоте.

6. Закрывают объектив крышкой, отводят прижимную рамку от прикладной и снимают рамку с матовым стеклом.

7. Вставляют кассету с пластинкой, вытаскивают шторку кассеты и подают рамку с кассетой вперед до плотного прилегания пластинки к прикладной рамке.

8. На барабаниках нумератора и регистратора вида съемки устанавливают номер стоянки ( снимка ) и случай съемки ( A, AL, AR или B, BL, BR ), эти данные заносят в журнал фотографирования.

9. Тщательно горизонтируют камеру по уровням, помещенным на контрольной площадке, и точно ориентируют зрительную трубу наводящим винтом камеры на базисную марку. При этом необходимо предварительно проверить правильность установки отсчета на ориентирном устройстве. Если после поворота камеры уровни отклонились более чем на половину деления, их вновь устанавливают на середину и проверяют ориентировку.

10. Осторожно снимают крышку объектива, производят экспонирование пластинки, после чего вновь надевают крышку.

11. Отводят прижимную рамку, закрывают кассету шторкой и вынимают кассету из рамки прижимного устройства.

В такой последовательности выполняют съемку при другом положении оптической оси камеры относительно направления базиса или при другом положении объектива по высоте.

Закончив фотосъемку с левой точки, фотокамеру снимают с трегера и переносят на правую точку, где ее устанавливают взамен визирной марки, не снимая трегера, и аналогично производят фотосъемку.

В журнале фотографирования отмечают дату съемки, номер кадра, положение объектива, положение оптической оси относительно базиса, номер кассеты, погоду и выдержку.

Если в процессе съемки произошли случайные нарушения положения камеры, то съемку повторяют.

3.20. После фотографирования с обоих концов базиса (или до фото-

графирования, если это вызвано резким изменением условий освещенности) производится измерение базиса фотографированием.

Для этого вместо фотокамеры на штатив, на снимая трегера, устанавливают теодолит из комплекта, а на место визирной марки предварительно собирают базисную рейку, которую с помощью коллиматора ставят перпендикулярно направлению базиса.

При помощи теодолита методом повторений измеряют параллактический угол  $\epsilon$  (рис. 17, а), позволяющий вычислить длину базиса по формуле

$$b = \frac{d}{2} \operatorname{ctg} \frac{\epsilon}{2}.$$

Для обеспечения относительной погрешности определения базиса не хуже 1/2000 необходимо выполнить шесть полных повторений.

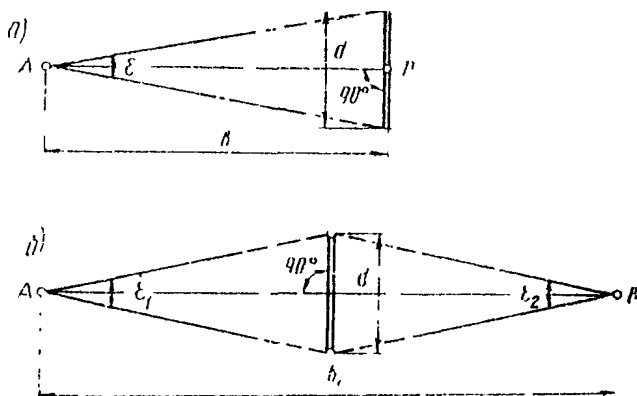


Рис. 17

Результаты измерений записывают в журнал и по величине полученного угла вычисляют длину базиса. Ее можно также определить по таблице расстояний, прилагаемой к фототеодолитному комплекту.

Если длина базиса превышает 130–150 м, то для повышения точности определений базисную рейку на дополнительном штативе следует установить примерно посередине (рис. 17, б) и измерить два параллактических угла на левой и правой базисных точках ( $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ ). Величину базиса вычисляют в этом случае по формуле

$$b = \frac{d}{2} (\operatorname{ctg} \frac{\epsilon_1}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\epsilon_2}{2}).$$

При длине базиса до 50 м его измеряют непосредственно компарированной стальной рулеткой.

3.21. После определения длины базиса измеряют горизонтальные и вертикальные углы на контрольные и геодезические точки. Наблюдения выполняют одним полным приемом, в который включают: вторая базисная

точка, 1-2 геодезических пункта (или точки магистрального хода), которых определялись координаты этой базисной точки также 2-3 контрольных пункта для проверки правильности ориентирования фотокамеры по способу контрольных направлений.

3.22. При производстве стереофото съемки плоских участков местности с высоких опор на каждой станции выполняют следующие работы:

1. Устанавливают камеру на концах базиса фотографирования с заданными углами наклона на штативе или закрепляют ее к элементам опоры с помощью специальной струбцины (приложение 20).

2. Ориентируют оси камеры в пространстве в соответствии с направлениями, определенными при рекогносцировке участка, используя при этом ориентирное устройство, уровни и угловые шкалы на струбцине.

3. Фотографируют в последовательности, изложенной выше. Если при этом опора, на которой установлена или закреплена камера не устойчива и колеблется от воздействия ветра и перемещения на ней наблюдателя, то камера должна быть оборудована затвором, а съемка производиться на высокочувствительных пластинках.

4. Определяют и записывают в журнал приближенные значения элементов линейного и углового ориентирования снимков (приложение 7).

3.23. Если по каким-либо причинам (освещение, метеорологические условия, наличие подвижного состава на участке съемки и т.п.) к моменту прихода на место съемки фотографирование производить нецелесообразно, то следует сменить сектор фотографирования или выполнять измерительные операции по привязке опорных точек.

При наличии в фототеодолите индикатора прижимов ЦНИИСа (приложение 4) плотность прилегания кассеты с фотопластинкой к координатным меткам камеры фиксируется зажиманием четырех ламп, расположенных соответственно меткам.

#### Полевые фотолабораторные работы и анализ негативов

3.24. Для выявления таких недостатков фотосъемки как неприжимы фотообъектива к прикладной рамке камеры, плохое фотокачество, неудовлетворительная компоновка деталей изображения производит фотолабораторную обработку экспонированных пластинок, как правило, в день съемки.

Для проявления фотопластинок можно употреблять различные по составу проявляющие растворы, рецептура которых и описание процесса фотолабораторных работ приводится в приложении 5.

3.25. Для полевого инженерного дешифрирования фототеодолитных снимков с негативов изготавливают на матовой бумаге контактные отпечатки.

3.26. Непосредственно после фотообработки производят 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 вуалей и механических повреждений эмульсии (царапины, оползание эмульсии и т.п.), пятен, полос и сканов изображений.

Результаты фотографического анализа записывают в регистрационный журнал (приложение 8), в котором отмечают их фотокачество и пригодность для дальнейшей обработки.

Основная цель полевой фотограмметрической оценки — выявить негативы, полученные при неплотном прилегании плоскости фотопластины к прикладной рамке фотокамеры (неприжим). Для этой цели удобно использовать эталоны, полученные при плотном прилегании пластины.

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

Если расстояние между координатными метками отличается от эталонного более чем на 0,1 мм для аналитической камеральной обработки и на 0,08 — при графо-механической, то съемку следует повторить и проверить состояние кассеты, в которой была экспонирована исследуемая пластинка.

Если фототеодолит оснащен индикатором прижимов, принцип действия и чертежи которого даны в приложении 4, то полевой фотограмметрической оценки негативов не производят.

Результаты полевого анализа вносят в журнал оценки качества негативов (приложение 9).

### Топографическое и инженерное дешифрирование снимков

3.27. Дешифрирование выполняют на контактных или увеличенных снимках. Оно заключается в опознавании и закреплении на снимках пунктов планово-высотной подготовки и элементов ситуации, подлежащих изображению на составляемых по материалам фототеодолитной съемки топографических планов.

Часть элементов и объектов, изобразившихся на снимках, содержание которых не вызывает сомнения, дешифрируют камерально на основе стереоскопического просмотра снимков. Объекты, элементы ситуации и рельефа, а также сооружения, качественное содержание которых при камеральном просмотре установить не удается, опознают на местности в результате полевого дешифрирования снимков. Полевое дешифрирование снимков выполняют как путем обхода контуров и объектов, содержание которых необходимо установить, так и визуально с точек фотографирования.

В результате полевого дешифрирования на контактных или увеличен-ных отпечатках показывают:

- границы сельскохозяйственных угодий, садов, огородов, лесо-посадок, леса, кустарника и т.п., с указанием содержания контуров (порода леса, средняя высота и толщина деревьев),
- элементы гидрографии (реки, ручьи, каналы, колодцы и родники и т.п.), болота и заболоченные участки;
- дороги с классификацией по категории и типу;
- линии связи и электропередач с указанием количества проводов;
- ограждения с указанием их типа (деревянные заборы и изгороди, каменные ограждения, живые изгороди и т.п.);
- мосты и переправы с указанием их технических характеристик;
- отдельные здания с указанием типа постройки и характера их использования.

В соответствии с дополнительными требованиями при полевом дешифрировании снимков могут наноситься элементы геологического строения участка, горизонты высоких наводковых вод (при съемке мостовых переходов) и другие данные, устанавливаемые техническим заданием на съемку.

В.28. При опознавании объекта в процессе полевого дешифрирования его контуры показывают тушью на снимке зеленой - для элементов гидрографии и черной - для остальных объектов, а содержание поясняют условным знаком или подписью.

Элементы ситуации и сооружения, изображение которых на снимке занимает площадь менее  $1 \text{ мм}^2$ , накалывают на снимках и с обратной стороны нумеруют. Содержание этих элементов поясняется в специальной ведомости дешифрирования (приложение 10).

Если отдельные элементы, положение которых необходимо показать на топографическом плане, не изобразились на снимках, то в районе их расположения опознают на снимке не менее трех четких точек, к которым привязывают неизобразившийся элемент ситуации, положение которого на плане получают линейной засечкой.

В.29. При пронаводстве стереофото съемки железнодорожных станций и промышленных площадок в результате инженерного дешифрирования опознают и регистрируют:

- опорные точки с тщательно выполненным на обороте снимка вооружением;
- математические центры креатовин с указанием номера и марки;
- остряки, начала и концы рамных рельсов, предельные столбики и т.д.;
- точки на концах полевых поперечников;
- углы зданий и емкостей, постройки с указанием типа и характера их использования;
- опоры линий коммуникационных сетей, линии электропередач со всеми необходимыми сведениями;

- колодцы подземных коммуникаций;
- ограждения с указанием их типа и т.д.

для описания опознанных объектов на каждый снимок составляют ведомости дешифрирования (приложение 9), в которых под номерами, соответствующими порядковым номерам объектов на снимке, дают их качественную характеристику. Отдешифрированные элементы ситуации и их номера закрепляют на снимке тушью.

### Полевая документация

8.30. В результате выполнения полевых работ должны быть получены следующие материалы:

- исполнительная схема выполненной фототопографической съемки;
- схема геодезического обоснования съемки;
- полевые журналы геодезической подготовки;
- ведомости вычислений геодезических координат и отметок пунктов съемочного обоснования и опорных точек;
- журналы фототеодолитной съемки;
- ведомости дешифрирования съемки;
- ведомости анализа негативов;
- негативы фототеодолитной съемки и контактные снимки с результатами дешифрирования.

8.31. Схему выполненной фототопографической съемки составляют в результате уточнения рабочего проекта съемки. Базисные и опорные точки наносят по результатам геодезических измерений. Границы секторов съемки, в соответствии с видами выполненной с каждого базиса съемки фотографирования, наносят на основу с помощью транспортира.

На схеме геодезического обоснования для определения правильности и точности проведенных геодезических работ показывают значения плановых и высотных невязок.

8.32. Пары негативов подбирают в соответствии с видами съемок и укладывают в коробки, на которых указывают перечень содержащихся в них материалов, номера базисов и снимков.

### 10. КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ НАЗЕМНОЙ СТЕРЕОФОТОСЪЕМКИ

4.1. В зависимости от задач, методики съемки и геодезической подготовки, а также наличия стереофотограмметрической аппаратуры обработку снимков выполняют оптико-механическим, аналитическим или графоаналитическим способами.

Оптико-механическим путем обрабатывают снимки, полученные при нормальном и равнотклоненном случаях съемки, составлении топографи-

ческих или фронтальных планов и профилей крутоскогорных и прижимных участков выскиваемых трасс.

Материалы ориентированной стереофото съемки при произвольных, но известных значениях базисов и ЭВО снимков, а также неориентированной, но обеспеченной пунктами геодезической подготовки съемки обрабатывают аналитическим и графо-аналитическим методами. При этом вычисления выполняют по специальным программам на ЭЕМ.

4.2. Предварительно, на основе исполнительной схемы выполненной съемки, намечают последовательность обработки снимков по участкам. В соответствии с этой последовательностью подбирают снимки по стереопарам и готовят рабочую основу для составления планов или специальных измерений по стереомодели местности.

Кроме координат и отметок точек геодезической основы съемки, по результатам полевых измерений вычисляют дирекционные углы всех базисов и координаты левых центров фотографирования и составляют соответствующую ведомость. Для обработки неориентированных снимков находят приближенные значения ЭВМ в принятой для обработки системе координат.

#### Составление топографических планов оптико-механическим способом

4.3. Обработка снимков на стереоавтографе при составлении топографических планов включает следующие процессы:

- подготовительные работы;
- сгущение сети контрольных точек;
- установку снимков в приборе и ориентирование планшета;
- ориентирование стереомодели по контрольным точкам;
- рисовку ситуации и рельефа.

4.4. Подготовительные работы состоят из следующих процессов проверки исправности стереоавтографа:

- выполнения его рабочих проверок;
- подготовки рабочей основы для ориентирования стереомодели;
- проверки постоянства элементов внутреннего ориентирования снимков;
- составления плана.

Исправность стереоавтографа проверяют после значительного перерыва в работе прибора; при этом следует тщательно очистить все направляющие и оптическую систему от пыли и смазать трущиеся части прибора тонким слоем специального масла. Одновременно проверяют исправность системы освещения и сигнализации, состояние оптики, плавность движений и отсутствие "люфтов". Затем выполняют рабочие проверки стереоавтографа, порядок и способы проведения которых даны в приложении 15.



4.5. Подготовка рабочей основы заключается в нанесении на съемочный планшет по координатам контрольных и базисных точек, точек рабочего обоснования (магистральных ходов или аналитической сети) и точки, фиксирующей направление оптической оси снимка или одно из контрольных направлений (рис.18). Для фиксации на планшете направления оптической оси или контрольного направления вычисляют координаты точек на этом направлении в ближнем и дальнем планах объектива съемки:

$$\left. \begin{aligned} X_k &= X_{sA} + S \cos \beta_0 \\ Y_k &= Y_{sA} + S \sin \beta_0 \end{aligned} \right\}$$

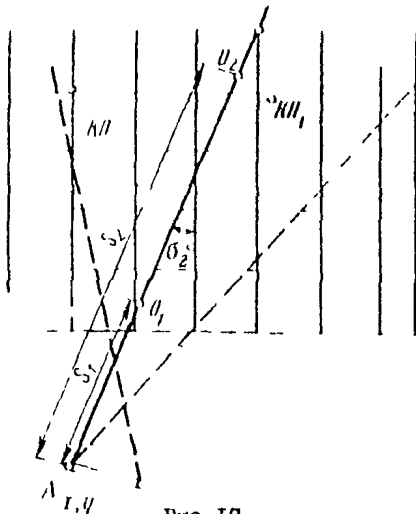


Рис.18

где  $X_{sA}, Y_{sA}$  - координаты левой базисной точки;  
 $S$  - расстояние от базиса до границы съёмки, округленное до 50-100 м;  
 $\beta_0$  - дирекционный угол направления оптической оси (или контрольного направления).

Равобивка сетки координат и нанесение точек на планшет производится координатографом.

4.6. Для установки снимков в приборе из кассет извлекают снимкодержатели и устанавливают их на световой

нуль. На стекло снимкодержателя эмульсией вниз укладывают негатив и центрировочным прибором перемещают его в положение, когда штрихи на стекле снимкодержателя совпадают с центрами координатных меток негатива (рис.19).

После центрирования негативов в снимкодержателе их устанавливают в кассеты прибора. На отчетных барабаничных стереоавтографа устанавливают величины элементов внутреннего и внешнего ориентирования - значение фокусных расстояний, величину конвергенции  $\varphi$ , базисные составляющие  $B_x, B_y, B_z$ , а также величину смещений объектива камеры по вертикали в момент съемки с каждой точки. Величину базисных составляющих рассчитывают в зависимости от углов скоса и превышения концов базиса фотографирования по формулам:

$$B_x = \frac{B \cos \varphi}{t_M} 1000 ;$$

$$B_y = \frac{B \sin \varphi}{t_M} 1000 ;$$

$$B_z = \frac{\Delta h}{t_M} 1000 ,$$

где  $B$  – горизонтальное положение базиса;  
 $\varphi$  – угол скоса;  
 $\Delta h$  – превышение правого центра проекции над левым;  
 $t_M$  – знаменатель масштаба модели, построенной на стереоавтографе.

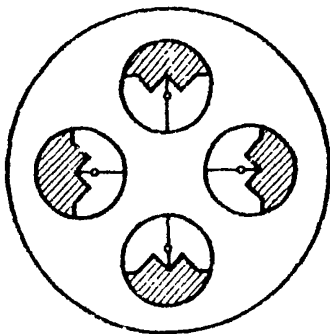


Рис.19

Значение масштаба модели выбирает в зависимости от отстояний до снимаемого участка и заданного масштаба плана по табл.4.

Если превышение концов базиса в поле не измерялось, то величину  $B_z$  устанавливают устранением поперечного параллакса при стереоскопическом наблюдении модели движением винта  $B_z$ ; составляющие  $B_x$   $B_y$  перед этим должны быть установлены.

После установки на стереоавтографе элементов внутреннего и внешнего ориентирования ус-

тановочные устройства закрепляют взаимными винтами.

Т а б л и ц а 4

Масштаб составляемого плана	Предельные отстояния	Масштабы модели	Увеличение на координатографе
1 : 500	200	1 : 500	1,0
	400	1 : 1000	2,0
1 : 1000	400	1 : 1000	1,0
	800	1 : 2000	2,0
1 : 2000	400	1 : 1000	0,5
	800	1 : 2000	1,0
	1600	1 : 4000	2,0
1 : 5000	1000	1 : 2500	0,5
	2000	1 : 5000	1,0
	4000	1 : 10 000	2,0

4.7. Когда модель в приборе построена, необходимо ориентировать относительно ее планшет с рабочей основой. Для этого используют точки, фиксирующие направление оптической оси левого снимка. При отключенном координатографе марку микроскопа координатографа совмещают с осевой точкой, расположенной в ближнем плане. Затем движением по оси  $Y$  перемещают марку на точку оси, расположенную в дальнем плане, поворачивая планшет до тех пор, пока направление движения чертежного устройства по оси  $Y$  не совпадет с направлением оптической оси левого снимка на планшете. Методом последовательного приближения, переходя от одной точки к другой, добиваются положения, при котором направление движения чертежного устройства совпадает с направлением оптической оси левого снимка. После этого планшет закрепляют, а на счетчике прибора устанавливают отсчеты: штурвалом на оси  $X$  - отсчет 000, 00, штурвалом на оси  $Y$  - отсчет, равный расстоянию до одной из точек на оси снимка в масштабе модели  $\frac{S}{T_m}$ . Совместив марку координатографа с этой точкой на планшете, присоединяют координатограф к прибору при выбранном коэффициенте увеличения (0,5; 1,0; 2,0). Если при этом марка координатографа не устанавливается на точку, фиксирующую положение оси съемки на планшете, то ее подправляют установочными винтами.

4.8. Для ориентирования модели относительно геодезической основы планшета достаточно иметь три контрольные точки на дальнем плане обрабатываемого участка (рис.20).

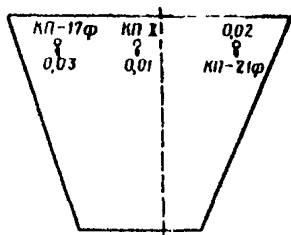


Рис.20

контрольной точки достигается путем перемещения правого негатива по оси  $X$  прибора.

Ориентирование модели по контрольным точкам выполняют в следующем порядке.

1. Наводят стереоскопически марку на контрольную точку  $I$  и при помощи установочного микроскопа определяют величину несовпадения марки микроскопа с точкой  $I$  на планшете. Если расхождение в положении точек по оси  $Y$  превышает 0,2 мм на планшете, то движением штурвала на оси  $Y$  перемещают марку микроскопа до совпадения с точкой  $I$  на планшете. Если при этом смещение марки относительно наблюдаемой контрольной точки на модели будет меньше  $\pm 1$  мм, то совмещение марки с изображением

При больших отклонениях марку наводят на изображение точки изменением угла конвергенции.

Совмещение марки на модели и планшете с наблюдаемой контрольной точкой осуществляют до тех пор, пока ошибки несоответствия будут менее 0,2 мм.

2. Наводя марку на изображение точки 2, проверяют совмещение марки микроскопа с положением этой точки на планшете. Аналогично изложенному, наводят марку микроскопа на точку на планшете, а возникшую погрешность, большую 0,2 мм, ликвидируют движением Ву плановой линейки.

3. При удовлетворительном качестве негативов точка 2 является контрольной - при наведении марки на ее изображение на модели величина смещения на планшете не должна превышать 0,4 мм и распределяется установочным микроскопом одинаково на все точки.

При больших отклонениях проверяют правильность вычисления координат и нанесения контрольных точек, а затем повторяют ориентирование.

4. Если после ориентирования модели по оси Y (1-3 пункты) возникли погрешности в положении точек по оси X, превышающие 0,2 мм, то планшет поворачивают на величину среднего арифметического из отклонений на всех трех точках, после этого величина отклонения на каждой из контрольных точек не должна превышать 0,2 мм, а точка на оси в ближнем плане (вокруг которой поворачивается планшет) не должна получить смещение более 0,1 мм.

5. Выполняют контрольные наблюдения на все точки основы, имеющие координаты; расхождения в положении точек в плане не должны превышать 0,4 мм.

6. Для ориентирования модели по высоте барофон счетчика высот устанавливают по масштабу модели, указатель положения левого объектива ставят на нуль, а измерительную марку совмещают с одной из меток по оси X - X. В таком положении на счетчике высот фиксируют отметку горизонта инструмента в момент съемки. Затем указатель положения объектива вновь переводит на соответствующий отсчет. Наведя стереоскопически марку на контрольную точку 1, движением ножного штурвала устанавливают ее отметку. Марка должна совпадать с моделью в точке 1. Аналогично проверяют правильность фотограмметрических высот в точках 2 и 3. Если марка отклоняется от контрольных точек на величину, не превышающую 1/4 - 1/5 от принятого сечения рельефа горизонталями, то модель по высоте ориентирована удовлетворительно.

При больших расхождениях в точке 1 после того, как ножным диском установлен ее геодезическая отметка, марку наводят на модель перемещением левого объектива, а возникающий поперечный параллакс устраняют перемещением правого объектива. Полученные при наблюдении точек 2 и 3 разности высот распределяют равномерно изменением установки счетчика высот. При значительных расхождениях в отметках контрольных

точек проверяют вычисления отметок горизонта инструмента и кон. рольных точек.

Величины отклонений при наблюдении всех контрольных точек в плане и по высоте записывают в журнале обработки снимков на стереоавтографе (приложение 16).

4.9. После ориентирования модели в стереоавтографе по контрольным точкам производят рисовку ситуации и рельефа.

Составление плана начинают с пересечения ситуации на планшет. Для этого предварительно прооатривают границы контура на стереомодели, используя данные полевого дешифрирования. Затем, совместив марку на модели с одной из точек контура, ножной педалью опускают острие карандаша на планшет. Одновременным движением штурвалов по оси X, Y и ножным диском Z перемещают марку по границе контура так, чтобы она все время касалась поверхности модели.

Таким образом, на планшете получают изображение контура местности, содержание его поясняют надписью или условным знаком. Контурные искусственных сооружений правильной геометрической формы (здания, заборы, линии связи и т.п.) получают набором точек на углах поворота, которые затем соединяют прямыми линиями.

Малые по площади элементы ситуации наносят в соответствии с масштабом на полевых отпечатках и ведомостях дешифрирования.

4.10. Рисовку рельефа выполняют после составления контурной части плана, начиная с элементов, не изображающихся горизонталями (бровки скальных обрывов, отдельные скалы и большие камни, промоины). Эти элементы зарисовывают аналогично элементам ситуации, но обязательно с набором пикетных высотных точек. Затем модель местности просматривают, чтобы определить формы и характер рельефа и лучшее изображение его горизонталями. Одновременно производят набор пикетов из характерных точек и линий рельефа. При этом измерительную марку наводят на характерную точку модели, положение ее на планшете фиксируют включением ножной педали, а высотную отметку снимают со счетчика высот. Для повышения точности получения отметок характерных точек наведение на каждую точку выполняют дважды и на планшет выписывают среднее значение полученной отметки.

Таким образом, набирают ряд пикетных точек на вершинах и понижениях, по тальвегам логов и вдоль линии водоразделов.

Горизонтали, в зависимости от характера растительного покрова на снимаемом участке, изображают либо непрерывным проведением марки по модели, либо по пикетам.

В первом случае, на открытых склонах, на счетчике высот устанавливают отметку горизонтали, марку стереоскопически наводят на модель вблизи одной из границ рабочей площади пары, карандаш ножной педалью

опускают на планшет и движениями штурвалов по оси X и Y перемещают марку по модели так, чтобы она все время касалась поверхности. После проведения первой горизонтали на счетчике высот устанавливают отметку следующей горизонтали и аналогичным образом вычерчивают ее на планшете.

На участках с однообразной крутизной снимков можно непосредственно получать вторые или пятые горизонтали, а промежуточные проводить интерполированием.

Если участок местности покрыт сплошным кустарником и поверхность земли не просматривается, горизонтали рисуют методом трассирования, устанавливая на счетчике высот отметку, равную отметке проводимой горизонтали, увеличенной на среднюю высоту кустарника. Среднюю высоту кустарника дает разность показаний счетчика высот при наведении марки на верх кустарника и поверхность земли в нескольких точках на границе кустарника.

4.11. После рисовки ситуации и рельефа составленный план проверяют набором контрольных пикетов равномерно по площади стереопара на точках, характерных по рельефу. Расхождения в отметках пикетов и отметках, полученных интерполяцией между горизонталями, не должны превышать  $1/3$  принятого сечения рельефа, а на крутых склонах разность отметок между точками перегиба должна соответствовать яслу проведенных горизонталей.

Расхождения в положении контурных точек не должны превышать 0,5 мм в масштабе плана.

При обработке стереопар, смежных с уже обработанными участками, правильность рисовки ситуации и рельефа проверяют по сводкам со смежными стереопарами до начала составления плана на обрабатываемой стереопаре.

Расхождения по сводкам между соседними стереопарами не должны превышать удвоенных величин допускаемых расхождений для контрольных пикетных точек, т.е. до высоты не более  $2/3$  сечения рельефа и 1 мм в плане. Горизонталы сводятся осреднением расхождений на стыках.

4.12. Участок плана, проконтролированный набором контрольных пикетов и сводками на границах смежных стереопар, вычерчивают карандашом. При этом контурную часть плана обозначают условными знаками, а горизонтали — в соответствии с правилами топографического черчения.

4.13. Из других приборов графо-механического метода при обработке снимков лазерной стереофото съемки можно использовать стереоплениграф и стереомертограф.

4.14. Масштабы модели при обработке снимков на стереопланиграфе могут колебаться в больших пределах, чем на стереоавтографе; значения масштабов и предельные отклонения приведены в табл.5.

Т а б л и ц а 5

Масштаб плана	Пределные отстояния	Масштаб модели	Коэффициент увеличения координатографа
1:500	300	1:500	1
	450	1:750	1,5
	600	1:1000	2,0
	900	1:1500	3,0
1:1000	600	1:1000	1
	1200	1:2000	2,0
	1800	1:3000	3,0
1:2000	1200	1:2000	1,0
	2400	1:4000	2,0
	3600	1:5000	3,0
1:5000	3000	1:5000	1,0
	9000	1:15000	3,0

Пределы обработки отстояний по ближнему плану равны 1/4 от предельных отстояний, указанных в табл. 5.

Ориентирование фототермодеформационных снимков в стереопланиграфе требует тщательной юстировки прибора и точного определения нуль-пунктов всех шкал. Перед ориентированием и обработкой снимков оси стереопланиграфа переключают таким образом, чтобы счетчик, фиксирующий высоты при обработке вероснимков, показывал значения отстояний ( $Y$ ), а одну из осей координатографа необходимо подключить к этой оси, другая же остается подключенной к оси  $X$ .

Нагативы точно ориентируют по штрихам на стеклах снимкодержателей, которые смещаются в кассетах в направлении оси  $Z$  на величину, равную, но противоположную по знаку вертикальному смещению объектива в момент съемки. Фокусные расстояния проектирующих камер устанавливают на отсчеты, равные фокусным расстояниям фототермодеформационных снимков.

На шкадах углов наклона, скоса и поворота осей камер, а также  $B_1$  и  $B_2$  у базисной каретки левого снимка устанавливают нулевые отсчеты, а на правой каретке — значение осевых составляющих  $B_Y$  и  $B_Z$  вычисленно по формулам, приведенным для стереоавтографа. Аналогично вычисляют и устанавливают отсчет  $B_X$ .

Ориентирование выполняют обычными приемами, путем устранения поперечных параллакса движениями  $z$ . Если при наложении точек модели возникают остаточные поперечные параллаксы, их устраняют движением

$V_2$  Ориентирование планшета относительно модели и подключение к координатографу производится так же, как и для стереоавтографа.

Аналогично выполняют ориентирование модели по контрольным точкам. При этом расхождения в положении контрольных точек в плане отводятся движениями  $V_1$  и скосом правого камеры. Расхождения в положении точки по высоте ликвидируются одновременным наклоном проектирующих камер на угол  $\Delta\omega$ .

При значительных расхождениях точек по высоте на стереопланиграфе можно производить горизонтирование модели методами, которые применяются при обработке аэрофотоснимков. План на стереопланиграфе составляют аналогично изложенному для стереоавтографа.

4.15. Обработка фототермолитных снимков с некоторыми ограничениями возможна и на стереометрографе.

Известные из полевых работ элементы внешнего ориентирования снимков устанавливаются непосредственно на приборе.

Если прибор не снабжен снимкодержателями формата  $15 \times 18$  см, то для точной центрировки снимков тонкой атдой накалывают положение главной точки, которую совмещают центром держателя, а снимки закрепляют на держателях с помощью пластилина.

Негативы закладывают в мультиосонным способом шпиз таким образом, чтобы снимок левой точки фотоаппаратирования с низа находился на левом снимкодержателе.

Правый снимок закладывает в правый снимкодержатель.

Точное ориентирование производят по начальным направлениям, разворачивая снимки движениями  $U$ .

Для измерений по полученной стереомодели производят съемку координат  $Y$  на  $Z$  с помощью переключателя  $Y_2$ .

В результате, перемещения по оси  $Y$  осуществляют левым штоком, а по оси  $Z$  — правым.

Конструктивно стереометрограф позволяет осуществлять перемещение по оси  $Z$  в пределах 180 мм, что не всегда удовлетворяет условиям отдельных случаев съемки. Для расширения диапазона обрабатываемых отстояний можно применить аффинное преобразование модели.

#### Аналитическая обработка снимков с использованием ЭВМ

4.16. При аналитических методах обработки снимков измерения выполняют на стереокомпараторе, а для вычислений используют ЭВМ, обладающую соответствующим объемом памяти. Аналитическая обработка материалов наземной стереофото съемки производится для отлучения сети опорных точек при съемке труднодоступных прижимов и косогоров, при обработке снимков конвергентной съемки оползневых участков и при съемке



плоских территориях в высоких опорах. При этом в зависимости от точности определения значений базиса фотографирования и ЭВО снимков можно использовать формулы, соответствующие ориентированной или неориентированной стереофото съемке.

4.17. Снимки ориентированной стереофото съемки предварительно проверяют на правильность элементов внутреннего ориентирования камеры, прижим пластинок к прикладной рамке и соответствие ЭВО заданным значениям.

4.18. Прижим фотопластинок к прикладной рамке камеры в процессе фотографирования контролируют с помощью специально устанавливаемого электрического индикатора прижима, описание которого дано в приложении 4. Использование индикатора практически исключает возможность получения снимков, отклоняющихся от плоскости прикладной рамки более чем на  $\pm 15$  мкм.

4.19. Если при съемке индикатор прижима не использовали, то отклонения плоскости снимка от прикладной рамки камеры находят путем сравнения расстояний между координатными метками негативов  $L_r$  с эталонными расстояниями  $L_r^0$  (рис. 21). Если разность  $\Delta L = L_r - L_r^0$  не превышает 0,03 мм, то элементы внутреннего ориентирования считаются неискаженными. Если же  $\Delta L > 0,03$  мм, то определяют поправки, необходимые для перехода от элементов внутреннего ориентирования камеры к

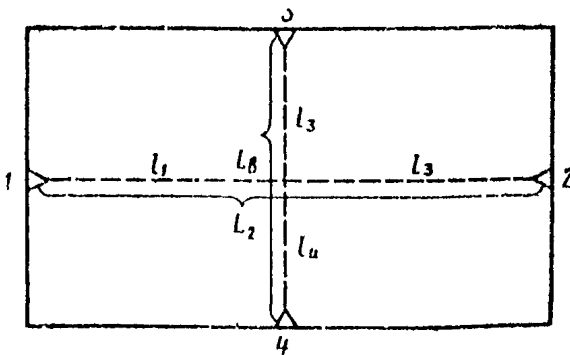


Рис. 21

соответствующим элементам ориентирования снимков. В случае оптико-механической обработки снимков определяют лишь поправку  $\delta f$  к фокусному расстоянию камеры

$$\delta f = \frac{f_k}{l_r} \Delta L \quad (18)$$

При аналитической обработке снимков находят

поправки к элементам внутреннего ориентирования снимков:

$$\left. \begin{aligned} \delta f &= \frac{f_k}{l_r} (\Delta L_1 + \Delta L_2); \\ \delta c_0 &= \frac{2f_k^2}{(l_r^0)^2} (\Delta L_1 - \Delta L_2); \\ \delta z_0 &= \frac{2f_k^2}{(i_0^0)^2} (\Delta L_4 - \Delta L_3), \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

где  $L_r^0$  — расстояние между горизонтальными метками, измеренное из исследования фототеодолита,  
 $L_b^0$  — то же, между вертикальными метками

$$\left. \begin{aligned} \Delta L_1 &= L_1 - L_1^0 \\ \Delta L_2 &= L_2 - L_2^0 \\ \Delta L_3 &= L_3 - L_3^0 \\ \Delta L_4 &= L_4 - L_4^0 \end{aligned} \right\},$$

$L_1^0, L_2^0, L_3^0, L_4^0$  — расстояния, полученные при исследовании фототеодолита

4.20. Для определения правильности принятых значений элементов внутреннего ориентирования камеры и ее углового ориентирования в процессе съемки используют способ контрольных направлений, измерения которых производят теодолитом в процессе выполнения полевых работ.

4.21. Фотограмметрические координаты точек контрольных направлений получают по измеренным теодолитом вертикальным и горизонтальным углам

$$x_i^0 = f \operatorname{tg} \alpha^i; \quad z_i^0 = \frac{f}{\cos \alpha^i} \operatorname{tg} \beta, \quad (20)$$

где  $\alpha^i$  — горизонтальный угол между направлением оптической оси камеры и направлением на наблюдаемую точку;

$\beta$  — вертикальный угол на эту же точку.

Горизонтальный угол  $\alpha^i$  определяется из выражения

$$\alpha^i = \alpha + \delta \alpha_{\alpha},$$

где  $\alpha$  — угол, измеренный теодолитом, установленным на штативе на место фотокамеры;

$\delta \alpha_{\alpha}$  — поправка за внецентричность передней узловой точки объектива фотокамеры, определяемая из выражения

$$\delta \alpha_{\alpha} = 0,1 \frac{\sin 2\alpha}{2\gamma} \rho, \quad (21)$$

где  $\gamma$  — приближенное значение отстояния до наблюдаемой точки  $m$ ;

$0,1$  — расстояние от оси вращения фотокамеры до передней узловой точки объектива (для фотокамеры 18x18), м.

В табл.6 даны значения поправок  $\delta \alpha_{\alpha}$  с точностью до  $1-2''$ .

4.22. Для определения элементов внутреннего ориентирования фотокамеры и правильности ее углового ориентирования с помощью стереокомпаратора измеряют координаты точек контрольных направлений ( $x_i, z_i$ ). При этом в общем случае должно быть не менее трех контрольных

направлений. Если элементы внутреннего ориентирования известны, то для определения ошибок углового ориентирования камеры необходимо иметь не менее двух контрольных направлений. Поправки к приближенно известным элементам внутреннего и углового ориентирования фотокамеры находятся из решения уравнений поправок:

$$\begin{aligned} x_0 + 0 + \frac{x_i}{f} \delta f - \left(f + \frac{x_i^2}{f}\right) \delta \alpha - \frac{x_i z_i}{f} \delta \omega + z_i \delta \kappa + l_{x_i} = v_{x_i}; \\ 0 + z_0 + \frac{z_i}{f} \delta f - \frac{x_i z_i}{f} \delta \alpha - \left(f + \frac{z_i^2}{f}\right) \delta \omega - x_i \delta \kappa + l_{z_i} = v_{z_i} \end{aligned} \quad (22)$$

где  $x_i, z_i$  — измеренные координаты точек контрольных направлений  
 $l_{x_i} = x_i^0 - x_i$ ;  $l_{z_i} = z_i^0 - z_i$

Т а б л и ц а 6

$Y_M$	$\alpha$ , град.		
	10	15	20
200	20"	25"	35"
400	10	15	15
800	5	5	10
1200	3	4	5

При определении только поправок углового ориентирования в уравнениях (22) используют по четыре последних члена. Если свободные члены уравнений (22)  $l_x = l_z \leq + 0,02$  мм, то принятые элементы внутреннего и углового ориентирования считаются точными. Предварительное определение вычисленных по измеренным углам координат точек контрольных направлений и сравнение их с измеренными на снимке выполняют в соответствии с приложением 12.

Если  $l_x = l_z \geq 20-30$  мм, то поправки к принятым элементам проектирования находят из решения системы уравнений погрешности вида (22) на ЭВМ. Полученные таким образом поправки используют при дальнейшей аналитической обработке снимков.

4.23. при съемке протяженных косоголов с разреженным геодезическим обоснованием для контроля правильности углового ориентирования камеры на каждой станции определяют  $f$  не менее двух контрольных направлений. Для определения стабильности элементов внутреннего ориентирования на трех-четырех станциях измеряют не менее четырех контрольных направлений.

4.24. Создание сети опорных точек при съемке протяженных косоголовых участков производится путем последовательного соединения независимых ходов, построенных в общей системе отсчета ортогональных координат

в частные начитки. Для этого выполняется ориентировочная фотоустановка кадра, преимущественно при вертикальной и равностороннем случаях съемки. Начитки базисов фотографирования и их ориентировку (дирекционно углы) в принятой системе координат находят на левых измерениях.

Работа по построению опорной сети состоит из следующих основных этапов:

- составление проекта и подготовки снимков;
- измерения снимков на стереокомпараторе и подготовки исходной информации для вычисления на ЭВМ
- построение на ЭВМ опорной сети в фотограмметрической системе координат в уравнениях и геодезического ориентирования;
- вычисления геодезических координат опорных точек и координат центров фотографирования.

4.25. При составлении проекта съемки опорной сети отбирают стереопары, покрывающие весь участок съемки без фотограмметрических разрывов. На снимках намечают опорные, контрольные и связующие точки необходимые для соединения смежных стереопаров в единую сеть. Одновременно определяют приближенные координаты левого центра фотографирования первой модели участка и приближенный угол поворота  $K_0$  соответствующими осями фотограмметрической и геодезической систем координат (рис.22).

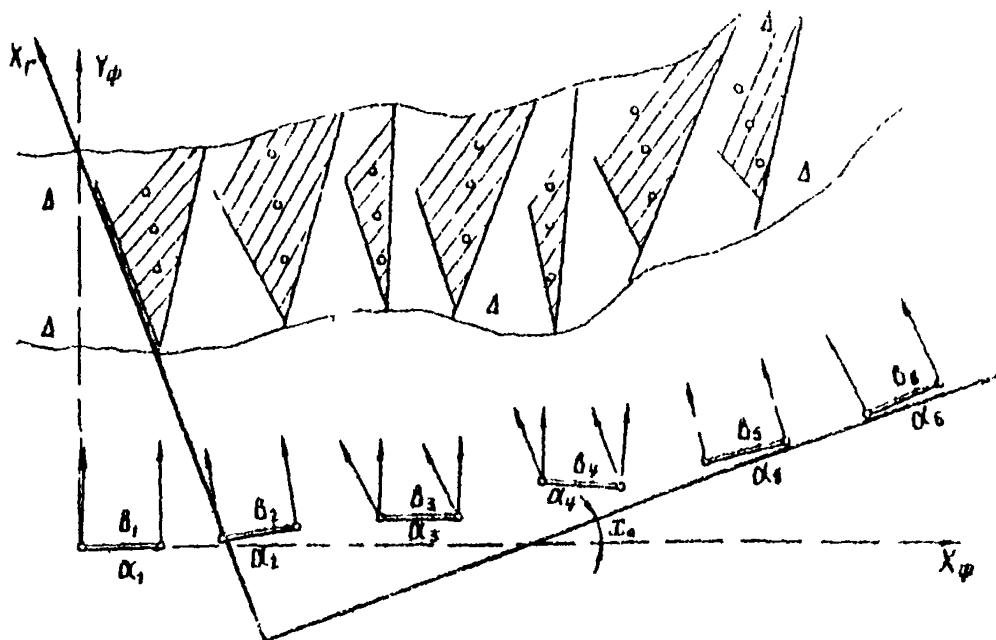


Рис.22  
58

4. 6. По измеренным на стереокомпараторе координатам опорных и севя точек находят пространственные фотограмметрические координаты  $(X_i, Y_i, Z_i)$  точек каждой модели ряда с использованием выражений (1); при этом для вычисления берут значения угловых ЭВО снимков, уточненных на основе не-лоренных контрольных измерений.

Модели подложат в общей системе фотограмметрических координат, направление оси абсцисс которой совпадает с направлением базиса первой модели, а дирекционными углами базисов являются соответствующие равенности измеренных дирекционных углов (см. рис. 22). Начало координат каждой модели совпадает с левым центром фотографирования.

Соединение моделей в ряд выполняют путем последовательного нахождения координат левых центров фотографирования моделей по одним и тем же связующим точкам одна из которых должна располагаться на ближнем плане отиска смежных моделей. Алгоритм построения опорной сети при съемке протяженных косогордов с использованием ЭВМ приведен в приложении 17.

4.27. Снимки конвергентной съемки, выполняемой при исследовании оползневых участков, обрабатывают аналитическим методом. При этом для контроля за прижимом пластинок и прикладной рамке размеры и определения правильности углового ориентирования камер в процессе съемки на каждой станции измеряют не менее четырех контрольных направлений. Координаты точек получают на основе выражений (1) или (4) с использованием уточненных по контрольным направлениям значений ЭВО.

4.28. Снимки с приблизительно известными ЭВО, получаемые при съемке с высотных опор территории железнодорожных станций и других плоских участков земной поверхности со сложной ситуацией, обрабатывают аналитическим методом с построением моделей, геодезическое ориентирование которых выполняют по опорным точкам. При этом используют зависимости, приведенные в п. 17.

Алгоритм аналитической обработки снимков наземной стереофото съемки приведен в приложении 18.

4.29. Топографические планы, продольные и поперечные профили и другую графическую документацию при аналитических методах обработки материалов наземной стереофото съемки получают на основе геодезических координат точек, вычисленных с помощью ЭВМ. При съемке железнодорожных станций топографический план составляют пикетным способом с нанесением на основу получаемых геодезических координат точек ситуации и рельефа. План сортировочных горю составляют методом поперечников.

4.30. Необходимо при крупномасштабных съемках железнодорожных станций и промышленных площадок линейных объектов, инженерных сооружений выполняют также путем измерения снимков на стереокомпараторе. При этом необходимы данные получают либо аналитически, используя равенства координат соответствующих точек, либо графически, выполняя пост-

рования в крупном масштабе.

Таким путем определяют стрелочные переводы и определяют их центры. В этом случае по найденным на аналитическую формулу координатам математического центра, остриска, конца рельса и нескольких точек на нитках снимков переводовых путей (рис.23) строят

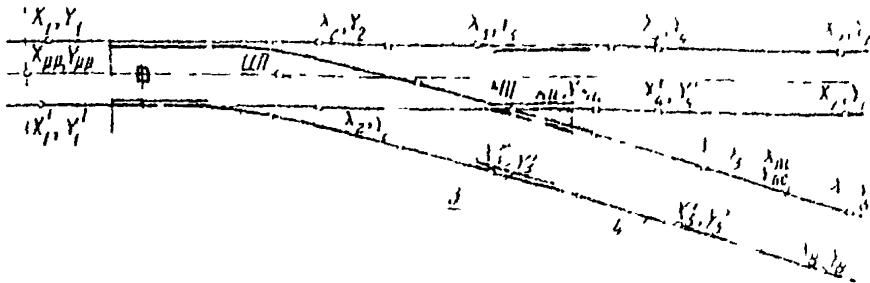


Рис.23:

- 1 - стрелочная тига (флюгарка);
- 2 - ось основного пути;
- 3 - контрольный;
- 4 - ось отклоняющего пути;
- 5 - пределный столбик

визу стрелочного перевода в масштабе 1:100. Координаты центра перевода (ЦП) получают затем по визуре в точке пересечения осей путей с линией, проходящей через математический центр крестовины (МЦ) и пределный столбик. Равенство расстояний между математическим центром крестовины и центром перевода, известным для данного типа крестовины, служит контролем правильности определений. Марки крестовины находят по углу пересечения отклоняющего и основного путей. При необходимости вычисляют координаты флюгарки.

4.31. В результате аналитической обработки снимков получают также ведомость геодезических координат элементов ситуации и плановую дополненную к графической документации и содержащую точки и сооружения.

#### У. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ НАЗЕМНОЙ СТЕРЕОФОТОСЪЕМКИ ПРИ РЕШЕНИИ ЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ

##### Измерения на стереомодели при изгибных трассах на прижимных участках

5.1. На труднодоступных скальных склонах, обрывистых и прижимных участках топографические планы, получаемые в результате обработки фототеодолитных снимков, используют на предварительных стадиях измерений.

Для повышения точности изображения круглого призмного участка при окончательной укладке трассы вместо топографических планов по методике измерения фототеодалитных снимков целесообразно создавать фронтальный план. Не для окончательной укладки трассы с учетом ее обочины проектного положения, взаимных измерений на местности (съёмки пролазов и внос трассы от магистрального хода), рекомендуется аналогично измерению проводить на стереоскопической модели местности, полученной в результате ориентирования фототеодалитных снимков на стереокомпараторе, стереоавтографе и других универсальных приборах.

Если фототеодалитные снимки используют при окончательной укладке трассы, то при выполнении полевых работ соблюдают следующие условия:

1. Базисы размещают приблизительно параллельно простиранию рельефа местности и принимают нормальный осяевой съёмки.

2. Длину базиса съёмки устанавливают исходя из требований точности получения координат точек местности на последней стадии изысканий.

Необходимую точность измерения длины базиса ( $\frac{m_b}{B}$ ) определяют по формуле

$$\frac{m_b}{B} = \frac{m_t}{2Y_{\max}}$$

где  $m_t$  - допустимая ошибка положения точки в плане;

$Y_{\max}$  - расстояние до наиболее удаленной точки фотографируемого объекта.

3. Базисы фотографирования располагают под одинаковым азимутом или дирекционным углом ( $A_1 B_1$  и  $A_2 B_2$  на рис. 24).

допустимая разность дирекционных углов базисов (в сек) вычисляется по формуле

$$\Delta\alpha = \frac{m_t}{2Y_{\max}} \rho'' \quad (24)$$

4. Контрольные точки следует размещать в зоне предполагаемого положения трассы с расчетом их использования для выноса на местность авпроектированной трассы или створов и точек, необходимых для производства работ. Эти контрольные точки должны быть закреплены на местности и перед съёмкой замаркированы.

5.8. При трассировании по стереомодели местности в условиях обрывистого рельефа характерными разрезами местности являются:

- продольный горизонтальный или наклонный (ближайший к горизонтальному) разрез на уровне проектируемой трассы плоскостями, перпендикулярными плоскости фототеодалитного снимка. Эти разрезы характеризуют изменение простирания рельефа местности на проектных отметках и заменяют при укладке трассы план в горизонталих, являясь для обрывистого рельефа линией нулевых работ (рис. 25, а, б).

Продольный разрез местности дает уже в процессе изысканий границу полки, которая получится после вырубки и сброса породы с полки;

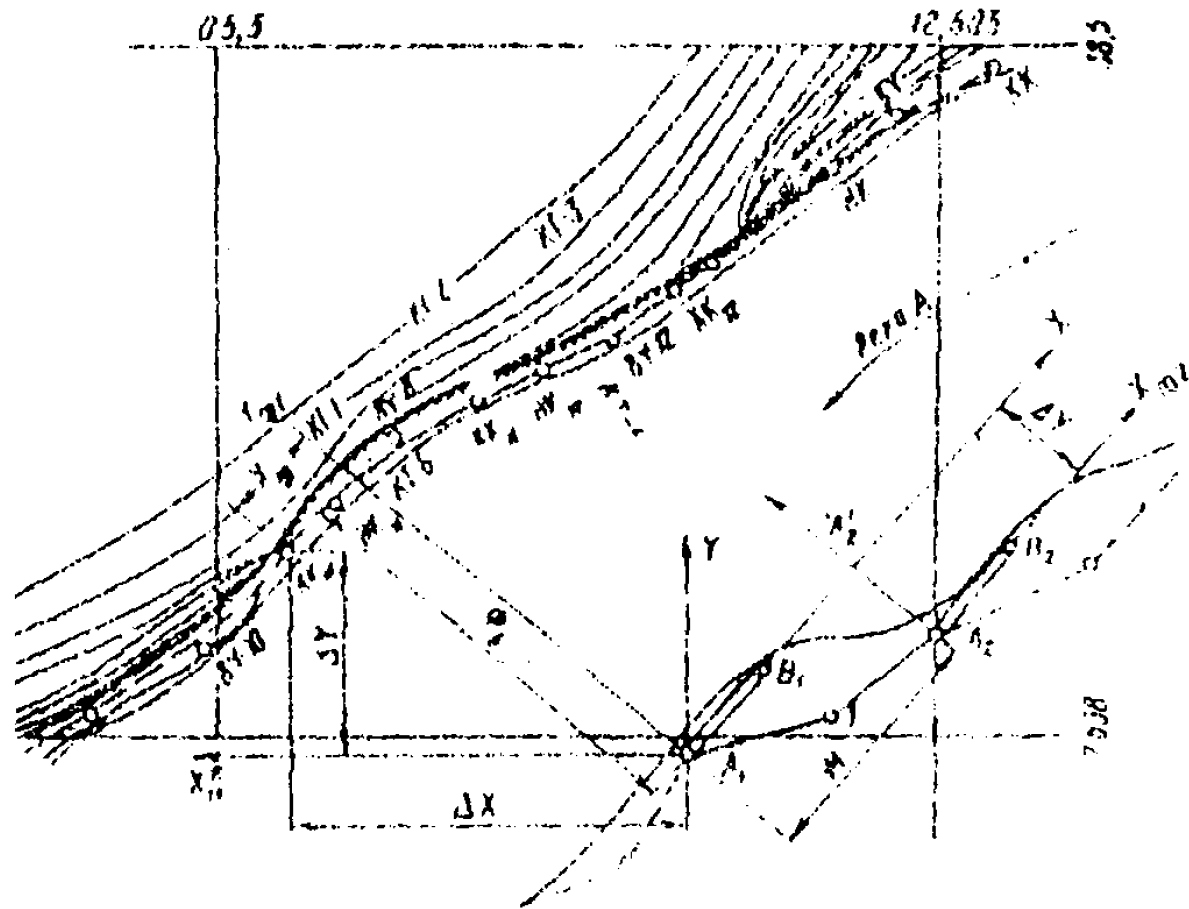


Fig. 24

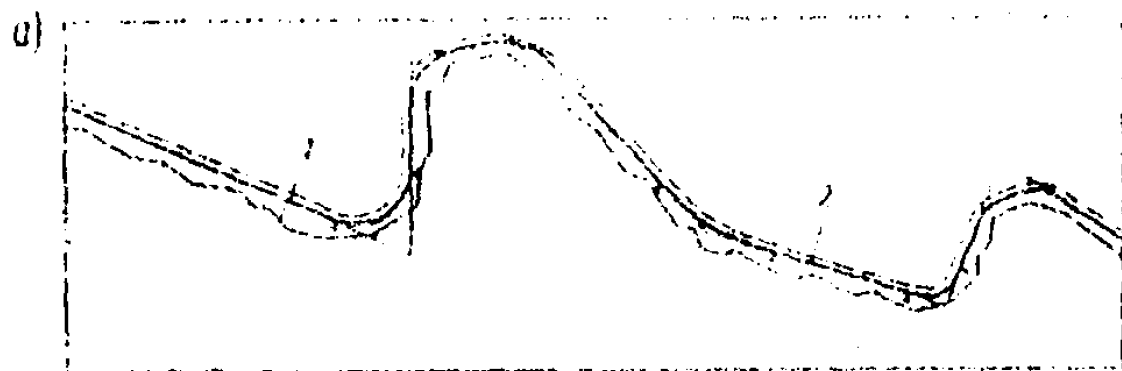


Fig. 25 1 - longitudinal section; 2 - route



- разрез с вертикальными плоскостями, перпендикулярными пути - поперечные профили в характерных местах;

- разрез с вертикальной плоскостью, проходящей через ось пути - продольный профиль.

5.4. Процесс трассирования включает следующие основные этапы:

- составление продольных разрезов (построение линии нулевых работ);

- проектирование плана трассы с помощью продольного разреза местности;

- составление поперечных профилей;

- составление продольного профиля.

5.5. Характерные разрезы местности составляют по стереофотограмметрической модели местности, построенной на стереофотограмме по схеме "стереофотограмметрическая модель - координаты (план)". Измерения выполняют после ориентирования модели местности по контрольным точкам так же, как и при составлении топопланов.

Горизонтальный разрез, представляющий собой горизонталь с данной отметкой вычерчивается на планшете после установки на очетчике высот отметки разреза  $H_{\varphi}$  последовательными перемещениями марки по модели движениями X и Y прибора.

Наклонный разрез с уклоном  $i_p$  строят в результате последовательного определения на планшете положений точек с отметками

$$H_{\varphi_i} = H_{\varphi_0} + X_{\varphi_i} i_p, \quad 25$$

где  $H_{\varphi_i}$  - отметка текущей точки разреза;

$H_{\varphi_0}$  - отметка начальной точки (при  $X_{\varphi_0} = 0$ );

$X_{\varphi_i}$  - фотограмметрическая абсцисса точки разреза.

При съемке точек наклонного разреза марку перемещают штурвалом на следующую характерную точку, для которой отсчитывают абсциссу  $X_{\varphi_i}$  и вычисляют отметку  $H_{\varphi_i}$ . Далее штурвалом Z марку перемещают до получения отметки  $H_{\varphi_i}$ , после чего точку разреза накаливают на планшете и подписывают.

Проектирование плана трассы выполняют на планшете, на котором ранее построен продольный разрез или план в горизонталях.

На стадии предварительных изысканий положение основных точек трассы, направлений поперечных профилей и их пикетов определяют графически по плану трассы.

На последующих этапах изысканий укладку вариантов плана трассы, выбранного в результате графических построений, производят аналитически. Аналитическим способом определяют направления поперечных профилей в фотограмметрической системе координат.

5.6. Съемку профилей выполняют по схеме "план трассы (координатограф)-старомодель".

Работа по этой схеме состоит в переносении на модель местности направлений, запроектированных на плане (створов), определении отметок точек и расстояний между ними и этих створах.

При съемке продольного профиля по трассе ассистент оператора перемещает карандаш координатографа по направлению плана трассы. В это время оператор движением полого диска удерживает марку на старомодели местности.

Когда марка достигает следующего поворота профиля, движение индикаторов чертежного стола останавливается. Точку отмечают карандашом на плане трассы или накладывают (при этой работе удобно карандаш заменить иглой), обводят кружком и около нее вписывают ее номер. Индикаторы вносят отсчитывают отметку точки и записывают в ведомость.

Образец выполнения ведомости съёмки точек продольного профиля трассы приведен в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

№ пп	Описание точек	Отметки II	Расстояние, измеренное по плану, м	Расстояние на местности, м	Высота исходной точки	Высота опитых точек профиля
23	Впадина	139,40	+20,4	40,8	ик 21	ик 21+40,8
24	Выступ	144,75	+24,2	48,4	ик 21	ик 21+48,4

П р и м о ч а н и е. Масштаб плана трассы 1:2000.

Расстояния от исходной точки с известным высотом до определяемой измеряют циркулем-измерителем, а на местности — по поперечному масштабу. Аналогично выполняют и съемку поперечных профилей.

При уточнении съёмки поперечных профилей:

— производят аналитическую укладку трассы, запроектированной на плане с учетом поперечных профилей;

— определяют фотограмметрические координаты оси пути по поперечникам;

— вычисляет углы  $\beta_n$  характеризующие ориентировку осей осей поперечников в фотограмметрической системе координат.

Съемку начинают с установки острия карандаша координатографа на точку оси трассы на планшете. Если отсчеты фотограмметрических координат  $X, Y$  не будут с точностью 0,02 мм равны предварительно определенным  $X_{тг}, Y_{тг}$  то марку перемещают шпательными по оси  $X$  и  $Y$  до получения нужных отсчетов, после чего отсчитывают отметку

Для оценки следующей точки профиля ассистент перемещает карандаш координатографа по направлению поперечника, показанному на плане трассы. Оператор останавливается на на переломе профиля и сравнивает полученные координаты с предварительно вычисленными. При расхождениях более 0,02 мм марку переставляют движением штурвала X и Y и делают новое приближение. Измеренные координаты точек поперечника записывают в ведомости и по ним затем вычисляют фотограмметрические координаты  $Y_{фп}$  и  $H_{п}$ .

Расстояние от оси трассы до точки поперечника вычисляют по формуле

$$l = (Y_r - Y_{фп}) \sec \beta_{п}$$

Поперечник строят в нужном масштабе по полученным расстояниям и отметкам.

### Составление фронтальных планов

5.7. Для решения инженерно-геодезических задач по определению оптимального положения трассы и сооружений на круто косогорных и обрывистых участках местности по материалам съемки стареофотоизъемки в дополнение к топографическим планам, выполненным ортогональной проекцией местности на горизонтальную плоскость, целесообразно изготовлять фронтальные планы, где рельеф изображается фронтальными элементами ситуации проектируемой на вертикальную плоскость. Фронтальные планы составляют на участки территории со скатами, углы наклона которых достигают  $45^\circ$  и более. Плоскость проекции, в которой составляет фронтальный план, должна быть примерно параллельна направлению простирания склона.

5.8. Пространственное положение точек местности на фронтальном плане определяется абсциссой  $X_{фп}^M$ , высотой  $Z_{фп}^M$  и отстоянием  $Y_{фп}^M$  от фронтальной плоскости проекции V (рис.26).

Связь систем координат фронтального плана ( $F, X_{фп}, Y_{фп}, Z_{фп}$ ) и геодезической системы координат  $OXYZ$  для точки M оюна в соответствии с рис.26 выражается следующими зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} X_{фп}^M &= X_r^M \cos \varepsilon + Y_r^M \sin \varepsilon - (X_r^f \cos \varepsilon + Y_r^f \sin \varepsilon), \\ Y_{фп}^M &= Y_r^M \cos \varepsilon - X_r^M \sin \varepsilon + (X_r^f \sin \varepsilon - Y_r^f \cos \varepsilon), \\ Z_{фп}^M &= Z_r^M - Z_r^f, \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

где  $\varepsilon$  - угол поворота оси абсцисс  $X_{фп}$  относительно  $X_r$  (дирекционный угол фронтальной плоскости);

$X_{фп}^M, Y_{фп}^M, Z_{фп}^M, X_r^M, Y_r^M, Z_r^M$  - координаты т.м. в системе оситального плана и в геодезической;

$X_r^f, Y_r^f, Z_r^f$  - геодезические координаты начала системы фронтального плана.

Формулы перехода от системы координат фронтального плана к геодезической системе координат, в которой составляются топографические планы, имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} X^M &= X^F + X_{\Phi n}^M \cos \varepsilon - Y_{\Phi n}^M \sin \varepsilon, \\ Y^M &= Y^F + X_{\Phi n}^M \sin \varepsilon + Y_{\Phi n}^M \cos \varepsilon, \\ Z^M &= Z^F + Z_{\Phi n}^M. \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Координаты фронтального плана связаны с фотограмметрической системой координат, принятой при наземной стереофото съемке  $S$ ,  $X_{\Phi n}$ ,  $Y_{\Phi n}$ ,  $Z_{\Phi n}$  следующими зависимостями:

$$\left. \begin{aligned} X_{\Phi n}^M &= X_{\Phi n}^S \cos \varphi - Y_{\Phi n}^S \sin \varphi, \\ Y_{\Phi n}^M &= Y_{\Phi n}^S \cos \varphi + X_{\Phi n}^S \sin \varphi, \\ Z_{\Phi n}^M &= Z_{\Phi n}^S + Z_{\Phi n}^M, \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

где  $\varphi$  — угол поворота оси  $X_{\Phi n}$  относительно оси абсцисс  $X_{\Phi}$  фотограмметрической системы;

$X_{\Phi n}^M$ ,  $Y_{\Phi n}^S$ ,  $Z_{\Phi n}^S$  — координаты левого центра фотографирования  $S$  в системе координат фронтального плана.

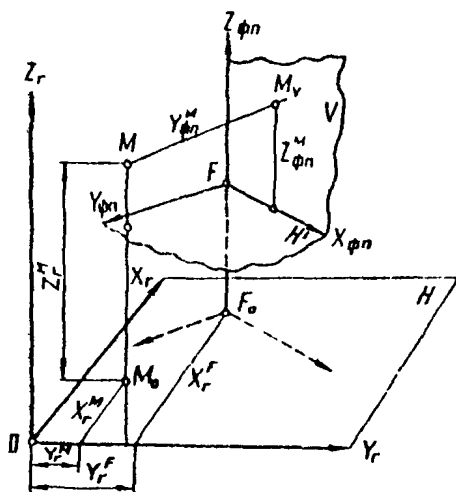


Рис. 26

5.10. При аналитическом способе для получения координат точек фронтального плана используют зависимости (1) или (4) и составление фронтального плана выполняют нанесением на подготовленный планшет шкентных точек по координатам  $X_{\Phi n}$ ,  $Z_{\Phi n}$ . Отклонения  $Y_{\Phi n}$  каждой

Приведенные зависимости позволяют переходить от фронтальных планов к топографическим и наоборот с использованием получаемых при обработке снимков фотограмметрических координат точек местности.

Изображение отдельных форм при проектировании рельефа на вертикальную плоскость и основные свойства фронталей приведены в приложении 19.

5.9. Фронтальные планы по материалам наземной стереофото съемки можно составлять аналитически, оптико-механическим и дифференцированными способами.

нижней точки подписывают на планшете. Интерполируя затем между полученными шпикетами линии равных отстояний (фронталки) через установленные интервалы (в м) наносят их положение на планшет. Аналогичным путем вычерчивают ситуацию.

5.11. Составление фронтальных планов удобно выполнять на универсальных приборах типа стереоавтографа, предназначенных для обработки снимков наземной стереофото съемки, а также практически на всех приборах, используемых при обработке аэроснимков (стереопланиграф, стерео-метрограф, стереопроектор, стереограф, мультиплекс).

5.12. Учитывая, что обработка снимков наземной стереофото съемки при проектировании рельефа и ситуации местности на вертикальную плоскость аналогична обработке аэроснимков, для составления фронтальных планов наиболее удобными являются стереофотограмметрические приборы воздушной съемки.

При использовании этих приборов обработка снимков наземной стереофото съемки производится известными в практике стереофотограмметрии методами. Особенностью является возможность ориентирования снимков в приборах по известным из геодезических измерений угловым и линейным установочным элементам. В связи с этим при использовании приборов воздушной съемки для обработки снимков наземной стереофото съемки возникают дополнительные требования к тщательному определению мест нулей всех шкал приборов.

5.13. Фронтальные планы обрывистых участков можно успешно составлять также с помощью приборов дифференцированного метода обработки аэроснимков. При этом для рисовки фронталей на снимках можно использовать топографические стереометры типа СТД-2, а составление фронтальных планов по снимкам с зарисованными фронтальями можно производить с помощью одиночного проектора от мультиплекса или фотографическим путем с использованием фототрансформаторов.

Ориентирование контактных отпечатков обрывистых склонов при рисовке фронталей на стереомере выполняют так же, как при обработке аэроснимков в следующей последовательности.

1. Определяют места нулей всех шкал прибора путем его юстировки по контрольным юстировочным сеткам.

2. После установки на всех корректорах нулевых отсчетов контактные отпечатки, наклеенные на жесткую основу, укладывают в кассеты, совмещая главные точки с центрами вращения кассет.

3. Снимки ориентируются по начальным направлениям движениями  $M_d$  и  $M_n$ .

4. На корректорах  $\Delta H$  и  $\gamma_1$  устанавливают отсчеты, соответствующие приращению абсцисс  $B_y$  и углу наклона оптических осей, определенных при полевых измерениях

$$\Delta d = \frac{d B_y}{\gamma_0}; \quad \gamma_1 = \frac{d}{f} \varphi,$$

где  $d$  — длина линейки корректора  $\Delta H$  ;  
 $Y_0 = Y_{\Sigma A} - Y_{\Phi}^0$  ;  
 $\varphi$  — угол наклона ;  
 $Y_{\Phi}^0$  — ординаты начальной опорной точки.

5. Проверяют соответствие вычисленных и измеренных разностей продольных параллаксов на четырех опорных точках, расположенных по углам стереопары, при этом

$$\Delta p = \frac{b \Delta Y_i}{Y_0 - \Delta Y_i} ,$$

где

$$\Delta Y_i = Y_{\Phi}^0 - Y_i ; \quad b = \frac{bf}{Y_{\Phi}^0}$$

Если расхождения вычисленных и измеренных разностей продольных параллаксов лежат в пределах  $\pm 0,04$  мм, то считают ориентирование выполненным. При больших расхождениях ориентирование уточняют с помощью корректоров стереометра так же, как при ориентировании аэроснимков.

Устанавливая затем рассчитанные для каждой фронтальной отсчеты на параллактическом винте стереометра, положение фронтальной находят путем стереоскопического трассирования измерительной нити стереометра.

Применение стереометров для рисовки фронтальной возможно при отстояниях, соответствующих 6В-2,5В, и углах наклона  $\pm 14^{\circ}$ .

5.14. При съемке обрывистых участков с крутизной склонов более  $75-80^{\circ}$  вместо графических фронтальных планов могут создаваться фронтальные фотопланы или фотосхемы, позволяющие максимально использовать фотоизображение местности при проектировании инженерных сооружений.

При нормальном случае съемки и расположении базиса, примерно, параллельно направлению простираения склона для получения фотопланов необходимо привести снимки к заданному масштабу относительно выбранного положения фронтальной плоскости и затем смонтировать их в единое изображение. Для этой цели можно использовать фототрансформаторы или увеличители с соответствующим размером прикладной рамки. Снимки к заданному масштабу приводят по известным расстояниям между координатными метками.

#### Определение объемов земляных работ

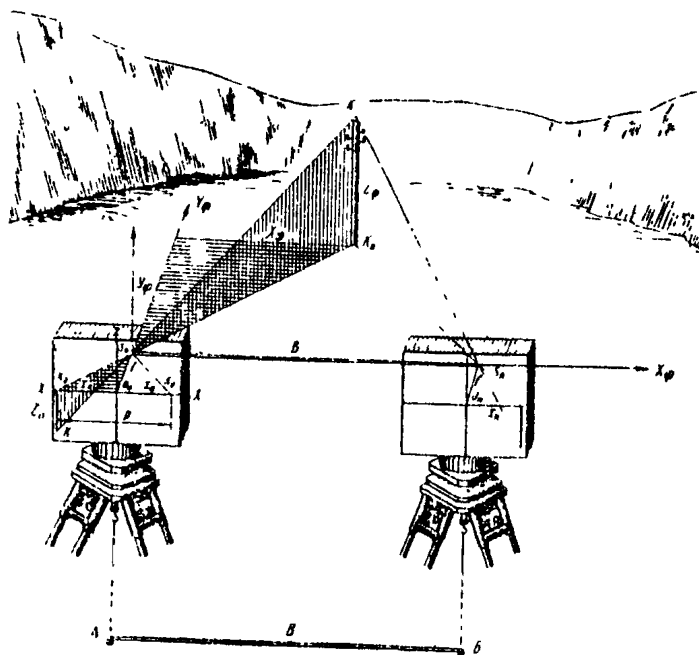
5.15. Материалы наземной стереофотосъемки можно использовать для определения объемов земляных работ в процессе строительства сооружений и разработки карьеров.

Объемы земельно-каменных работ при устройстве полов на косогорных участках местности, земляных масс в карьерах и котловинах, на-

сипней и плотности определяют по снимкам повторной стереофотоосъемки следующими способами:

- вертикальной сетки, который применяют, когда стенка эконокаваторного вывон отвесна и высота ее более 2-3 м;
- горизонтальной сетки, который используют при вертикальной планировке, в частности для котлована под проектную отметку и т.п., когда высота насыпи или вывора грунта не превышает 3-4 м;
- способом профилей, применимым совместно со способом горизонтальной сетки и позволяющим определять объемы земляных работ на больших площадях.

Во всех случаях до начала разработки котлована, карьера полки или насыпи и после выработки проводят фототеводолитную съемку объекта с концов постоянного базиса фотографирования при нормальном положении оптической оси фотокамеры (рис.27).



Г 10.27

5.16. Способ определения объемов земляных работ по наземной или наземной стереофотоальбоме основан на изменении фокусных расстояний координат углов вертикальной или горизонтальной сетки нанесенной на снимки, выполненные с закрепленных на местности точек фотографирования. По измененным фокусным расстояниям определяют объемы получаемых в результате выработки или насыпи грунта элементарных фигур. Размеры их зависят от размеров принятой сетки, суммируя которые находят общий объем выработки.

Камеральную обработку снимков при определении объемов земляных работ выполняют на стереоскопическом или стереоальбоме.

#### Определение осадок и деформаций инженерных сооружений

5.17. Определение осадок и деформаций инженерных сооружений основано на последовательном фотографировании исследуемого объекта в период действия деформирующих сил с постоянных точек фотографирования и при неизменных ЭВО снимков. При фотографировании с одной точки определяют значения деформации в одной вертикальной плоскости (фотограмметрический способ), съемка объекта с жесткого базиса позволяет определять значения деформаций в пространстве (стереофотограмметрический метод).

5.18. При фотоаналитическом методе деформации определяют измерения на стереоскопическом методе координат специальных марок, установленных на изучаемом объекте.

По измеренным координатам марок  $x$  и  $z$  находят их пространственные фотограмметрические координаты  $X$  и  $Z$  по формулам:

$$X_i = Y_i \frac{x_i}{f_k}; \quad Z_i = Y_i \frac{z_i}{f_k}$$

где  $Y_i$  — расстояние от наблюдаемой марки до фотокамеры.

Аналогично обрабатывая снимки повторной съемки деформации, определяют по разностям пространственных фотограмметрических координат:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_i &= X_i^1 - X_i; \\ \Delta Z_i &= Z_i^1 - Z_i, \end{aligned} \right\} \quad (29)$$

где  $X_i, Z_i$  — фотограмметрические координаты точки объекта при первой съемке;

$X_i^1, Z_i^1$  — фотограмметрические координаты точки объекта при последующей съемке.

5.19. При стереофотограмметрическом методе определения деформаций о динамике исследуемого объекта судят по результатам сравнения



фотограмметрических координат идентичных точек, полученных на наблюдениях разных циклов.

Фотограмметрические координаты деформационных марок вычисляются по формулам нормального случая съемки, а величины смещения марок на измерениях двух стереопар определяют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_i &= X'_i - X_i = B \left[ \frac{(x'_i - x_i) p_i - x_i \Delta p_i}{\rho_i^2} \right]; \\ \Delta Y_i &= Y'_i - Y_i = -B f_k \frac{\Delta p_i}{\rho_i^2}; \\ \Delta Z_i &= Z'_i - Z_i = B \left[ \frac{(z'_i - z_i) p_i - z_i \Delta p_i}{\rho_i^2} \right], \end{aligned} \right\} \quad (58)$$

где

$$\Delta p_i = \rho'_i - \rho_i,$$

Величина деформации может быть также определена путем последовательного наблюдения двух левых и двух правых снимков, полученных в равных циклах наблюдений.

В этом случае:

$$\left. \begin{aligned} \Delta X_i &= \frac{B}{x_{1i} - x_{2i}} \left( \frac{\Delta x_{z_i} - \Delta x_{1i}}{x_{1i} - x_{2i}} x_{1i} + \Delta x_{1i} \right); \\ \Delta Y_i &= -B f_k \frac{\Delta x_{1i} - \Delta x_{2i}}{(x_{1i} - x_{2i})^2}; \\ \Delta Z_i &= \frac{B}{x_{1i} - x_{2i}} \left( \frac{\Delta x_{z_i} - \Delta x_{1i}}{x_{1i} - x_{2i}} z_{1i} + \Delta z_{1i} \right), \end{aligned} \right\} \quad (59)$$

где

$$\begin{aligned} \Delta x_{1i} &= x'_{1i} - x_{1i} \text{ -- смещение изображений идентичных точек левого и правого снимков по оси абсцисс;} \\ \Delta x_{2i} &= x'_{2i} - x_{2i} \\ \Delta z_{1i} &= z'_{1i} - z_{1i} \text{ -- смещение изображений по оси ординат на левом снимке,} \end{aligned}$$

## ФОТОТЕОДОЛИТНЫЙ КОМПЛЕКТ Photo - 19/318

Фототеодолитный комплект Photo - 19/318 содержит следующие инструменты и оборудование:

- а) фотокамеру;
- б) оптический теодолит;
- в) двухметровую базисную рейку;
- г) три взаимодополнительных триггера и три марки;
- д) три взаимодополнительных штатива;
- е) двадцать четыре деревянных касовати;
- ж) истребительное устройство к фототеодолиту.

Инструменты и вспомогательное оборудование укладывают в нижки брезентовые чехлы, удобные для переноски.

Фотокамера, изготовленная из легкого сплава снабжена объективом "Ортопротар" с фокусным расстоянием 199-194 мм, постоянной диафрагмой с относительным отверстием 1:25 и постоянной желтой светофильтром.

Полезные углы изображения по горизонтали  $\sim 47^\circ$ , по вертикали  $\sim 34^\circ$  (при положении объектива в центре). Для увеличения вертикального захвата местности объектив можно перемещать в вертикальных направлениях на 30 мм вверх и 45 мм вниз от среднего положения, что обеспечивает вертикальный захват вверх от горизонта  $\sim 26^\circ$  и вниз  $\sim 29^\circ$ .

Величину перемещения объектива по вертикали фиксируют с помощью специального указателя горизонта, который представляет собой коллиматор, укрепленный с внутренней стороны камеры. Входное отверстие коллиматора расположено в оправе объектива.

Максимальная дисторсия объектива не превышает  $\frac{1}{2}$  мм. в фокальной плоскости его расположена металлическая фигурная прикладная рамка, к которой при съемке прижимается эмульсионный слой фотопластины.

Для фиксирования главной точки снимка на прикладной рамке имеются четыре координатных метки в виде зубчиков с круглыми отверстиями. Прямо, соединяющие центры круглых отверстий, являются соответственно осями X - X и Z - Z снимка, а их пересечение должно определять положение главной точки снимка. На прикладной рамке укреплен также пластина с маркировкой значения фокусного расстояния камеры, фиксируемую его на каждом снимке.

Для автоматической нумерации снимков и фиксации вида съемки камера снабжена нумератором и указателем вида съемки. Барельежные нумератора и указатели вида съемки позволяют установить номера снимков от 0 до 99 и шесть положений вида съемки: левая точк. базиса - нормальный (А), скос влево (AL), скос вправо (AR); правая точка базиса - нормальный (В), скос влево (BL), скос вправо (BR).

В прикладной рамке есть четыре винтовых отверстия для упрощения истребительного пр. снабжения.

Камера снабжена устройством для прижатия фотопластины в момент съемки к прикладной рамке.

Кассета вставляется в пазы подвижной рамки когда рама с помощью барабаника отжата от прикладной рамки. Пластинку прижимают к прикладной рамке после отпирания крышки кассеты. В рамку вместо кассеты может быть вставлена матовая шторка, которая закрывает камеру в нерабочем положении. Камера имеет горизонтальное вращение, регулируемое микрометрическим и эжжанными винтами. На верхней плоскости камеры укреплено ориентирное устройство, предназначенное для установки камеры в заданное положение относительно базиса фотографирования. Ориентирное устройство состоит из зрительной трубы с 21 - кратным увеличением, вращающ:йся вокруг вертикальной оси, лимба с минимальными делениями через 10 ( $20^0$ ) и отчетного микроскопа. Отчет по горизонтальному лимбу производится между противоположными штрихами лимба, отличающимися друг от друга на 1800 (или 200 $^0$ ).

При повороте призмы, установленной перед объективом зрительной трубы, с помощью барабаника вивирный луч наклоняется.

Для отсчитывания по барабаничку и вертикальному кругу. Для любой установки ориентирного устройства в стандартные положения (нормальный случай, скос влево, скос вправо) имеются соответствующие штрихи с маркировкой случая съемки ( A, AL, AR, B, BL, BR ).

На верхней плоскости камеры имеются два взаимноперпендикулярных цилиндрических уровня для установки вертикальной оси вращения камеры в отвесное положение. Здесь же находится контрольная площадка для установки нивировочного уровня. В комплект входит нивировочное устройство предназначенное для проверки совпадения нулевого диаметра ориентируемого приспособления с направлением оптической оси фотокамеры. Устройство крепится к прикладной рамке камеры, при этом лупа с шестикратным увеличением, перемещающаяся по вертикальной направляющей, вместе с объективом камеры образует вспомогательную зрительную трубу, в которой (сисектр является сеткой нитей.

В фотогеодезичекий комплект входит также оптический теодолит - тахеометр Тисо 030, предназначенный для работ по геодезическому обоснованию съемки и измерения параллактических углов при определении величины базисов фотографирования.

Теодолит имеет зрительную трубу с внутренней фокусировкой и 25-кратным увеличением. Отчет по вертикальному и горизонтальному кругам производится с помощью штрихового микроскопа, окуляр которого расположен рядом с окуляром зрительной трубы. В поле зрения микроскопа видны горизонтальный ( $H_2$ ) и вертикальный круги, на которых показаны градусы (или градусы) и доли минут (сантиград). Минимальное деление 1' ( $1^0$ ). Отсчет производится по вертикальным штрихам с точностью до 0',1 ( $0^0,1$ ).

Для удобства при изменении горизонтальных углов методом полтораный теодолит снабжен устройством, обеспечивающим совместное и раздель-

ное перемещение лимба относительно алидады.

Вспомогательная труба теодолита имеет площадку для установки уровня с целью использования теодолита для геометрического нивелирования.

Для определения длины базисов фотографирования в комплект входит разборная бивисная двухметровая рейка, состоящая из двух металлических трубок с рамками на концах. Внутри трубок расположены инварные стержни со стеклянными визирными марками на концах. Рейка имеет круглый уровень для приведения ее в горизонтальное положение и коллиматор для установки рейки перпендикулярно к направлению измеряемой линии. В комплекте имеется также три металлических марок и взаимозаменяемых трегеров для установки инструментов на штативах. Это обеспечивает производство геодезических работ по трехштановой схеме.

### Поверки приборов

Поверки теодолита, визирной рейки, трегеров и марок производят методами, известными в геодезической практике и широко описанными в геодезической литературе.

Фотогеодезичная камера должна обеспечивать выполнение следующих условий:

- вертикальная ось вращения камеры должна совпадать с осью вращения ориентирного устройства;
  - оптическая ось камеры должна быть перпендикулярна плоскости прикладной рамки и вертикальной оси вращения инструмента;
  - оптическая ось камеры должна пересекаться с осью вращения инструмента;
  - плоскость визировочной площадки должна быть перпендикулярна плоскости прикладной рамки;
  - оси цилиндрических уровней, установленных на корпусе камеры, должны быть перпендикулярны оси вращения камеры;
  - ось вращения призмы ориентирного устройства должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения инструмента и оси визирной трубы;
  - при совмещении нулевых штрихов ориентирного устройства визирная ось визирной трубы и геометрическая ось камеры должны лежать в одной плоскости;
  - линии, соединяющие координатные метки на прикладной рейке прибора ( $X - X$  и  $Z - Z$ ), должны находиться в одной плоскости, быть взаимноперпендикулярными и пересекаться с оптической осью камеры (в главной точке снимка). При этом ось  $Z$  при правильной установке прибора по уровням должна быть вертикальна;
  - камера и насадки не должны в закрытом положении пропускать свет.
- Рабочие поверки фотогеодезичной камеры выполняются в следующей последовательности.

1. Параллельность уровня на корпусе камеры устанавливают обычным способом, в положении, когда их оси перпендикулярны оси вращения инструмента. Эту операцию выполняют при затравленной в камеру кассете с фотопленочкой.

Для определения перпендикулярности оптической оси камеры вертикальной оси вращения инструмента камеру горизонтируют по предварительно исправленным уровням. После этого на соответствующую широкость ватировочной площадки устанавливают цифровой накладной уровень нулевой которого при соблюдении этого условия должен находиться на середине деления ( $50''$ ), то установочные уровни приводят в соответствие с ним с помощью исправительных винтов этих уровней.

То же самое выполняют и в перпендикулярном направлении оптической оси. При этом определяют перпендикулярность оси вращения инструмента линии  $X - X$  прикладной рамки.

При значительных отклонениях контрольного уровня от установочных (более трех четырех делений) измеру следует исправить.

3. Для проверки правильности вращения призмы ориентирующего устройства, после горизонтирования камеры, визируют зрительной трубкой на нить отвеса, находящегося в 6-10 м от инструмента, наклонив с помощью барабанички линии визирования. При этом крест штейн не должен сходить с отвеса более чем на толщину нити отвеса (1 - 2 мм) в продольном положении призмы. При больших отклонениях инструмент должен быть исправлен.

Числовой диаметр ориентирующего устройства должен располагаться в одной плоскости с геометрической осью камеры. Для проверки этого условия на прикладную рамку камеры укрепляют ватировочное устройство, точно совмещая штрихи на стеклянной пластинке с центрами координатных меток прикладной рамки камеры. Установив затем на горизонтальном круге ориентирующего устройства отчет, равный  $0^{\circ} 00, 0$ , визируют камерой навводят зрительную трубку на удаленную четко очерченную точку местности. Наблюдая эту же точку через луну ориентирующего устройства, которая в сочетании с объективом камеры образует зрительную трубку, определяют положение наблюдаемой точки относительно биссектрисы. При правильном положении ориентирующего устройства на камере наблюдаемый предмет должен располагаться точно в центре устройства.

При Beobлюдении такого положения навводящим винтом камеры вводят наблюдаемую точку в биссектор и, ослабив зажимные винты лимба ориентирующего устройства действием исправительными винтами, поворачивают ориентирующее устройство на корпус камеры до положения, когда вертикальная нить трубы совпадет с наблюдаемой точкой. После закрепления зажимных винтов необходимо повторить проверку.

5. При правильной установке камеры по уровню ось прикладной рамки должна быть вертикальной. Для проверки этого условия фотографируют неподвижный отвес, вывешенный в 8-10 м. Снимок затем устанавливается в стереокомпараторе и точно ориентируют по оси  $Z - Z$ . Если эта ось была при съемке вертикальна, то метки, перенесенная штурвалом  $Z$ , не должны сходить с изображения отвеса на снимке. Отклонения не должны превышать 0,02 мм.

6. Взаимная перпендикулярность осей  $x$ ,  $y$  и  $Z - Z$  проверяется на эталонных пластинках, получаемых следующим образом.

Фотокамеру устанавливают в темной комнате объективом вниз и на плоскость прикладной рамки укладывают наклеенную пластинку, которую прижимают толстым стеклом. Зажав камеру сверху светонепроницаемой тканью, на открытой объектив направляют источник света и высвечивают пластинку. Получают две-три эталонные пластинки. После фотообработки эталонные пластинки ориентируют в стереокомпараторе по одной из осей ( $x - x$ ). Наведя марку на одну из вертикальных меток, движением штурвала  $Z$  переводят ее на другую метку. Отклонения метки не должно превышать 0,02 мм. Одновременно измеряют координаты точек и вычисляют расстояния между метками и геоцентрическим положением главной точки (см. п. 8 настоящего приложения).

7. К рабочим поваркам относятся также определение элементов внутреннего ориентирования камеры - фокусного расстояния камеры и положения главной точки снимка относительно координатных осей. Для этого установленный на местности фототеодолит тщательно горизонтируют в направлении, где имеются в дальнем плане (3-4 км) несколько четких контурных точек (фабричные трубы, колокольни, столбы, мачты и т.п.), и производит фотографирование на 2-3 пластинки.

Над коллиматором, определяющим положение объектива фототеодолита, устанавливают теодолит и измеряют с точностью  $\pm 3 - 5''$  горизонтальные и вертикальные углы на три-пять удаленных точек местности, расположенных так, как показано на рисунке.

После фотообработки снимков их ориентируют в стереокомпараторе и определяют координаты точек, на которых были измерены углы.

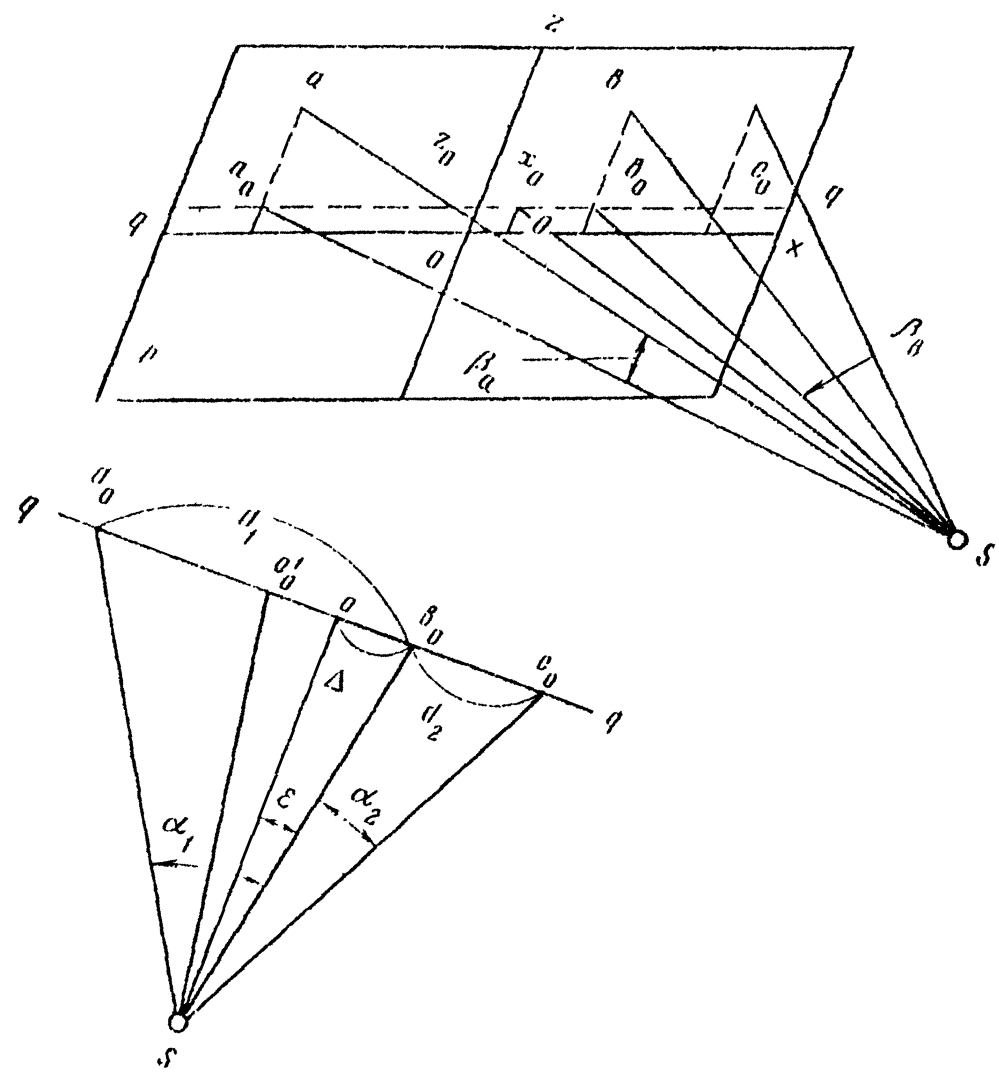
Элементы внутреннего ориентирования вычисляют на основании следующих зависимостей.

Пусть  $O^1$  - начало координат снимка,  $O$  - главная точка снимка с координатами  $x_0$  и  $z_0$  (см. рисунок).

$a, b, c$  - изображение на снимке некоторых удаленных точек;

$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  - горизонтальные углы между направлениями на эти точки, измеренные теодолитом.

Из треугольников  $b_0SO$ ,  $a_0SO$  и  $c_0SO$  получим:



$$f = \Delta \operatorname{ctg} \varepsilon ;$$

$$f = (d_1 - \Delta) \operatorname{ctg} (\alpha - \varepsilon) ;$$

$$f = (d_2 + \Delta) \operatorname{ctg} (\alpha + \varepsilon) .$$

Неизвестными являются  $\Delta$  и  $\varepsilon$

После логарифмических преобразований на основании этих выражений будем иметь:

$$\operatorname{ctg} \varepsilon = \frac{d_1 + d_2}{d_2 \operatorname{ctg} \alpha_2 - d_1 \operatorname{ctg} \alpha_1} ;$$

$$\Delta = d_1 (\operatorname{ctg} \alpha_1 \operatorname{ctg} \varepsilon + 1) \sin^2 \varepsilon = d_2 (\operatorname{ctg} \alpha_2 \operatorname{ctg} \varepsilon - 1) \sin^2 \varepsilon .$$

Если в процессе фотографирования камеру ориентировать на градусную точку то  $\varepsilon$  всегда может быть достаточно мал, поэтому

$$\Delta = \varepsilon d_1 (\operatorname{ctg} \alpha_1 + \varepsilon) - \varepsilon d_2 (\operatorname{ctg} \alpha_2 - \varepsilon) .$$

Определив значения  $\varepsilon$  и  $\Delta$ , получим:

$$f = \Delta \operatorname{ctg} \varepsilon \quad \text{и} \quad x_0 = x_0 - \Delta .$$

Используя значения измеренных геодезическим вертикальным углом  $\beta$ , вычисляем для точек  $a, b, c$  координаты  $Z_{\text{выч}}$  из выражений:

$$Z_{a \text{ выч}} = \frac{f}{\cos (\alpha_1 - \varepsilon)} \operatorname{tg} \beta_a ;$$

$$Z_{b \text{ выч}} = \frac{f}{\cos \varepsilon} \operatorname{tg} \beta_b ;$$

$$Z_{c \text{ выч}} = \frac{f}{\cos (\alpha_2 + \varepsilon)} \operatorname{tg} \beta_c .$$

Сравним их с измеренными по снимкам:

$$Z_{0_1} = Z_{a \text{ изм}} - Z_{a \text{ выч}} ;$$

$$Z_{0_2} = Z_{b \text{ изм}} - Z_{b \text{ выч}} ;$$

$$Z_{0_3} = Z_{c \text{ изм}} - Z_{c \text{ выч}} .$$

Для контроля и повышения точности определения элементов внутреннего ориентирования необходимо фотографировать с одной станции две независимые системы, по три точки в каждой. В каждой такой системе одна из точек центральная, по которой ориентируется геометрическая ось камеры, а две другие должны располагаться по возможности на краях снимка.

Значения элементов внутреннего ориентирования ( $f$ ,  $x_0$  и  $Z_0$ ) получают как среднее из двух измерений.

Следует заметить, что определять элементы внутреннего ориентирования необходимо только после того, как установлено, что кассеты и прижимное устройство камеры обеспечивают плотное прилегание пластинок к прикладной рамке камеры.

Схема определения элементов внутреннего ориентирования и образцы ее выполнения приведены в табл. 1 и 2.



Т а б л и ц а 1

Измеренные горизонтальные и вертикальные углы и  
координаты точек сваяки

Обозначения и описание точек	Горизонталь- ные углы $\alpha$	Вертикаль- ные углы $\beta$	Координаты точек	
			X, м	Z, м
а. ствол линии сваяки	$15^{\circ}59'01''$	$+0^{\circ}27'01''$	-56,22	+1,67
в. церковь	$20^{\circ}36'32''$	$+0^{\circ}14'10''$	-2,50	10,87
б. отдельное дерево		$+0^{\circ}19'21''$	+70,10	+1,19

Т а б л и ц а 2

Значения элементов внутреннего ориентирования

Обозначения	Результаты	Обозначения	Результаты
$d_1 - x_0 - x_{11}$	+55,72	$d_1 - \Delta$	+57,325
$d_2 - x_0 - x_0$	+72,60	$\alpha_1 - \epsilon$	+16,8007
$d_1 - d_2$	178,92	$\text{ctg}(\alpha_1 - \epsilon)$	8,3469
$\text{ctg} \alpha_1$	8,4411	f	198,67
$\text{ctg} \alpha_2$	2,6592	$f_{\text{ср}}$	198,86
$d_2 \text{ctg} \alpha_2$	198,06	$\text{tg} \beta_a$	10,00786
$d_1 \text{ctg} \alpha_1$	194,52	$\text{tg} \beta_b$	10,00412
$d_2 \text{ctg} \alpha_2 - d_1 \text{ctg} \alpha_1$	-1,46	$\text{tg} \beta_c$	10,00568
$\text{tg} \epsilon$	-0,01188	$f \text{tg} \beta_a$	+1,524
$\epsilon$	-0 39 06	$f \text{tg} \beta_b$	10,799
$d_2 \text{ctg} \alpha_2 \epsilon$	-2,195	$f \text{tg} \beta_c$	+1,091
$-\epsilon^2 d_2$	-9	$\cos(\alpha_1 - \epsilon)$	0,95815
$\Delta$	-2,204	$\cos \epsilon$	0,99994
$d_1 \text{ctg} \alpha_1 \epsilon$	-2,212	$\cos(\alpha_2 + \epsilon)$	0,98995
$\epsilon^2 d_1$	+7	$Z_a \text{ выч}$	1,59
$\Delta$	-2,205	$Z_b \text{ выч}$	0,80
$x_0 - x_0 - \Delta$	-0,80	$Z_c \text{ выч}$	11,16
$d_2 + \Delta$	+70,395	$Z_0 - Z_a - Z_a \text{ выч}$	+0,07
$d_2 + \epsilon$	19 57 20	$Z_0 - Z_b - Z_b \text{ выч}$	+0,08
$(\alpha_2 + \epsilon)$	2,75 392	$Z_0 - Z_c - Z_c \text{ выч}$	+0,08
	198 86	$Z_{\text{ср}}$	10,06

В. Для определения правильности прилегания плоскости пластинок к прикладной рамке камеры производит контрольную съемку с сопоставлением всех 24 классов комплекта. Предварительно рекомендуется тщательно осмотреть состояние кассет (пружины и ланки, удерживающие шпатель в кассете), прижимное устройство и протереть бархоткой ребра прикладной рамки. По полученным снимкам в стереокомпараторе измеряют координаты меток после ориентирования снимка вдоль осей с - i прибора по горизонтальным меткам.

После этого вычисляют расстояния между метками и между началом координат ( i 0 ) и соответствующими метками (см.рис. 2 Указания)

$$l_1 = \frac{1}{2} \sqrt{x_1^2 + y_1^2}$$

$$l_2 = x_2 - \frac{1}{2} \sqrt{x_4^2 + y_4^2}$$

$$l_3 = z_3 - z_1$$

$$l_4 = z_1 - z_4$$

$$l_2 = x_2 - x_1$$

$$l_6 = z_3 - z_4$$

Аналогичные измерения выполняют и по эталонным снимкам (см.п.6 настоящего приложения), получая соответственно  $l_1^0, l_2^0, l_3^0, l_4^0, l_3^0, l_4^0$ .

Если  $l_1^0 = l_1$  и  $l_6^0 = l_6$  с точностью  $\pm 0,03$  мм, то прилегание пластинок можно считать нормальным. При больших расхождениях необходимо выявить характер и причину неисправности пластинок и принять меры к его устранению.

Сравнивая полученные и эталонные отрезки  $l_i$  и  $l_i^0$ , получают разности  $\Delta l_i = l_i - l_i^0$ , по которым судят о характере неисправности. При этом параллельное смещение пластины (параллельный наприжим) имеет место, если  $\Delta l_1 = \Delta l_2$  и  $\Delta l_3 = \Delta l_4$

$$\frac{\Delta l_1}{l_1^0} = \frac{\Delta l_2}{l_2^0}$$

Если плоскость пластины не параллельна плоскости прикладной рамки,  $\Delta l_1 \neq \Delta l_2$  и  $\Delta l_3 \neq \Delta l_4$

Неприжим может быть по следующим основным причинам:

- погнутость угольников в кассетах;
- ослабление кабоотных пружин;
- неисправность или недостаточный ход прижимного устройства;
- кривизна фотопластинок.

Так как кассеты комплекта I918 рассчитаны на пластинки толщиной от 1,5 до 2,5 мм, а фототермообработанные пластинки имеют в среднем толщину 1,1 ~ 1,2 мм, то для обеспечения хорошего прижима при вырядке кассет под пластинку следует подкладывать такое же стекло (использованную пластину).

При недостаточном ходе прижимного устройства, когда может образоваться параллельный нажим или перекос пластинки, следует несколько отогнуть ланки, удерживающие пластинку в кассете, что позволит пластинке дополнительно перемещаться вперед и прижаться к прижимной рамке камеры.

ФОТОТЕОДОЛИТИВНЫЙ КОМПЛЕКТ УМК 10/131Я

Последняя модель фототеодолитного комплекта УМК 10/131Я содержит:

- а) фотокамеру;
- б) 24 кассеты;
- в) набор цветных светофильтров;
- г) юстировочное устройство;
- д) видоискатель;
- е) ящик электрических батарей;
- ж) два штатива;
- з) визирную марку.

Все составные части комплекта помещены в удобные переносные ящики. Фотокамера оснащена объективом типа "Laminon" с фокусным расстоянием 100 мм.

Объектив практически свободен от дисторсии и позволяет получать снимки с полезным размером кадра  $20 \times 166$  мм. Конструкция объектива позволяет фиксировать среднее съемочное расстояние в восьми положениях от  $\infty$  до 3,6 м. Установленное расстояние можно считать по шкале; одновременно дополнение к постоянной величине фокусного расстояния фиксируется на фотоснимках.

В фотокамеру встроены центральный затвор, позволяющий выбирать величины экспозиции в пределах от 1 до  $1/400$  сек, а также экспозицию "от руки".

Диафрагма камеры переменная и может меняться в диапазоне от 1:8 до 1:32.

На фотоснимке изображаются следующие параметры съемки:

- величина фокусного расстояния для отстояния  $Y = \infty$ ;
- дополнение к величине фокусного расстояния в соответствии с режимом фокусировки;
- номер снимка (от 0 до 72);
- обозначение точки стояния камеры и вида съемки (A, B, A1, AR, BL, BR).

Нижняя часть прибора, держащая систему для ориентирования, оснащена двумя опорами, в подлинники которых вставляются насадку с камерой при помощи цапф, прикрепленных к корпусу камеры. Это позволяет осуществлять следующие положения камеры:

- горизонтальное направление съемки при горизонтальном положении формата кадра;

- горизонтальное направление съемки при вертикальном формате кадра;
  - съемка с оптической оси, направленной вертикально вверх.
- Одностороннее направление оптической оси фотокамеры и системы для ориентирования осуществляется с высокой точностью и контролируется при помощи уровней.

### Технические данные

#### Фотокамера

Фокусное расстояние объектива ..... 100 мм  
 Максимальная дисторсия ..... от  $\pm 5$  до  $\pm 10$  мк  
 Выдержки затвора В, Т ..... от 1 до 1/4000 сэк  
 Числа диафрагмы ..... от 8 до 32  
 Расстояния до объектов съемки... 32; 00; 25; 12; 8; 6; 5; 4,2;  
 3,6 м

Углы поля зрения:

горизонтальный .....  $88^\circ$   
 вертикальный .....  $68^\circ$

Напряжение питания ..... 12 в

#### Ориентировочное устройство

Увеличение зрительной трубы .....  $16\times$   
 Диаметр объектива ..... 32 мм  
 Поле зрения .....  $2,8^\circ$   
 Минимальная дистанция вывирования ..... 0,8 м  
 Максимальный угол наклона визирного луча .....  $\pm 20^\circ$   
 Точность отсчета угла наклона .....  $1^\circ$

#### Горизонтальный круг

Диапазон измерений ..... от 0 до  $400^\circ$   
 Цена деления шкалы .....  $20^\circ$   
 Точность отсчета при помощи микрометра...  $2^{ss}$

#### Уровни

Диапазон круглого уровня .....  $15^\circ$   
 Точность цилиндрических уровней ( угол наклона при перемещении пузырька на 2 мм).  $64^{ss}$

ИНДИКАТОР ПРИЖИМА ЦИНИС

Индикатор позволяет контролировать прижим фотопластинок к плоскости прикладной рамки камеры в процессе фотографирования. Принцип действия устройства заключается в следующем.

В момент прижатия держатели кассеты с фотопластинкой к прикладной рамке камеры (при выдвинутой шторке) стекло нажимает на контакты, прикрепленные к координатным меткам, и замыкает электрическую цепь.

При полном прижиме загораются четыре лампочки. Невыгоревшие из лампочки сигнализируют о недостаточном прижиме на соответствующих координатных метках.

Устройство состоит из электрических контактов, специальной системы в виде электролампы и источника питания.

Электрические контакты 1 (рис. 1) выполняются в виде пружины из металлической ленты (хром, никель) и в выгнутом виде имеют форму полоски с размерами 1,0 x 8,0 мм при толщине полоски 0,01 - 0,02 мм.

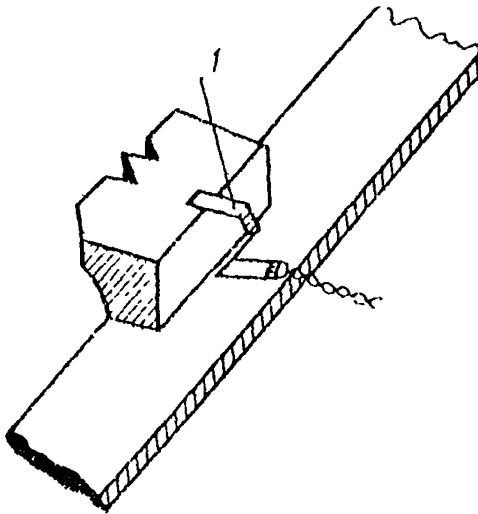


Рис. 1

Для сохранения контактов при выдвинутой шторке их приклеивают к корпусу из резины или 0,4 мм.

Сигнальные лампочки типа СМ-37 укреплены на общей токовой проводке галетной панели с одним из выводов источника питания через контакты К<sub>1</sub>, К<sub>2</sub>, К<sub>3</sub>, К<sub>4</sub> и концевой выключатель типа МП-9.

Контакты соединены с соответствующими лампочками через резистор типа РИ 10-5 (рис. 2).

Все устройство заключено в коробку, имеющую четыре окна для лампочек и приспособленную к фотоаппарату с помощью резьбы.

Устройство не вносит изменений в конструкцию фотоаппарата, но для подвода электропроводов к контактам необходимо высверлить отверстие диаметром 0,8 мм во внутреннюю полость камеры между двумя барабанами на левой шее фотоаппарата.

Размеры (в см) индикатора прижима, изготовленного для фото-

водолига Pluthen - 19/1918 "К.Полюс,Мель", приведен на рис.8.

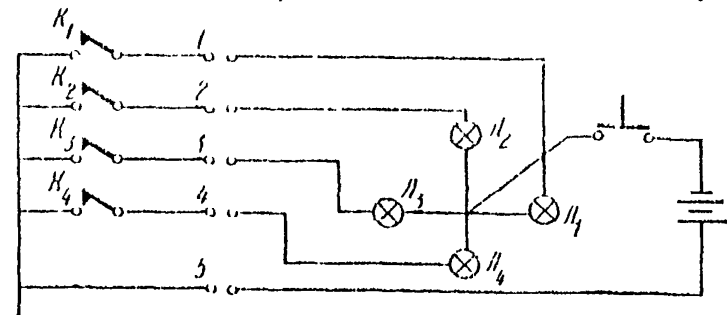
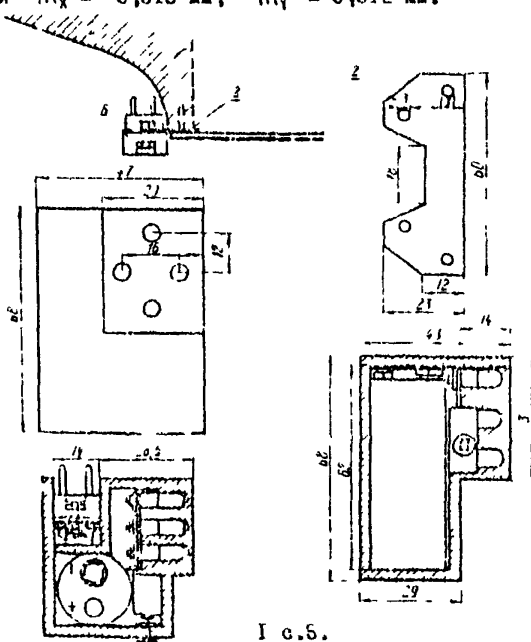


Рис.2

Применение аккумулятора 7Д-0,1 в вырядном устройстве позволяет использовать индикатор без подзарядки в течение 7 ч непрерывной работы.

Правильно выполненный индикатор помогает фиксировать прилегание фотопластинок к прикладной рамке камеры со средней квадратической ошибкой  $m_x = \pm 0,018$  мм,  $m_y = \pm 0,012$  мм.



Г с.б.

I - фото водолига; 2 - опорная скоба

РЕКОГНОСЦИРОВОЧНЫЙ ПЛАНШЕТ 1

Реконгносцировочный планшет (рис. 1) применяется при определении на местности базисных точек и границ съемки с каждого обьекта.

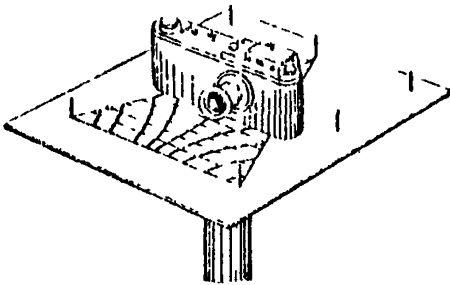
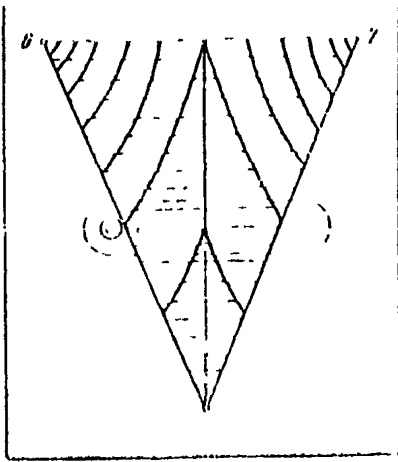


Рис. 1

Планшет изготовляет из фанеры или дюралюминия толщиной 6-8 мм размером 200-250 мм и устанавливается в тросгор от теодолита или уоча-новочную стойку (дюрале-вую трубку соответстную щей длины и диаметра).

На планшет укреплены съёмные визирные целики для ориентирования планшета и определения границ съёмки, штык для крепления малоформатной фотокамеры и для упора, фиксирующей камеру в положении, когда ее оптическая ось совпадает с осью, прочерченной на планшете.

При реконгносцировке на левой точке начального базиса фотографированию укрепляют узло-новочную стойку или штатив с планшетом. При помощи прикладного уровня планшет нивелируют, а затем, используя визир-

ные целики ( 1-2 для нормального случая или 1-3, 2-4 при равномерно отклоненной съёмке), ориентируют по линии базиса, а по визирным целям 5-6, 5-7 определяют границы съёмки в горизонтальной плоскости.

Ожидаемую плановую и высотную точность в положении конкретных точек на местности ( в зоне проектируемой трассы или сооружения) оп-

1 Разработан А.С. Киселициным.



ределяют по диаграмме ошибок, укрепленной на планшете (рис.2).

Эту диаграмму строят на основании теории ошибок фототеодолитно съемки.

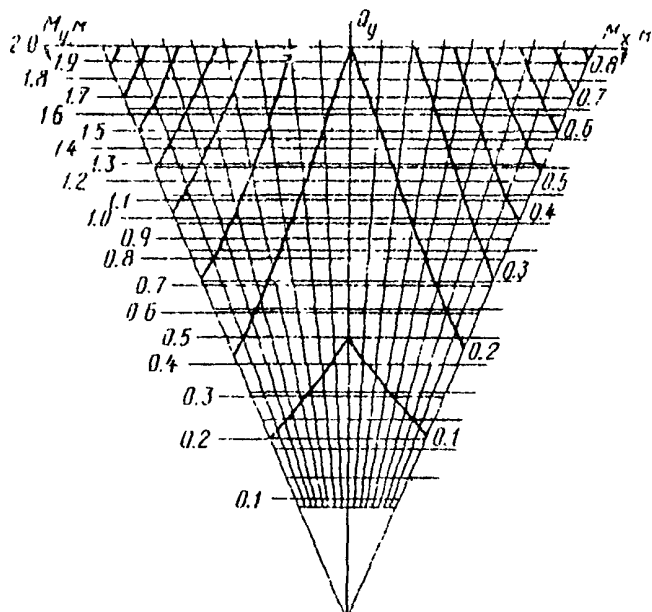


Рис.2

Для нормального случая съемки точность полученная пространственных координат точек оценивают по следующим формулам:

$$\left. \begin{aligned}
 M_x^2 &= \left( \frac{Y^2 x_i}{Bf z^2} \right)^2 \mu_B^2 + \left( \frac{Y}{f} \right)^2 \mu_{k_1}^2 + \left( \frac{Y X_1}{Bf} \right)^2 \mu_b^2 \dots (a) \\
 M_y^2 &= \left( \frac{Y^2}{Bf} \right)^2 \mu_B^2 + \left( \frac{Y}{b} \right)^2 \mu_b^2 \dots (b) \\
 M_z^2 &= \left( \frac{Y^2 z_1}{Bf z^2} \right)^2 \mu_B^2 + \left( \frac{Y}{f} \right)^2 \mu_{z_1}^2 + \left( \frac{Y z_1}{Bf} \right)^2 \mu_b^2 \dots (c)
 \end{aligned} \right\} (1)$$

Оборосим слугаемо, содержаче ошноку  $\mu_0$  на том основани ч то бависа фотографировзния, как правило, измерятотя с избыточнор точностью. Ваметим, что ошнока  $\mu_r$  дейстует на  $Y$  оильнее, чем на  $X, Z$ .

В формулу (6) введем слугаемо  $(\frac{Y}{f})^2 \mu_0$  по следующим причинам: главное расстояние фотокамеры  $f$  определяется с высокой точностью, но в процессе работы оно изменяется, что может быть учтен измерением соответствующих величин пугатыва на стереокомпараторе. Величина  $f$  определится при этом с ошнокой измерения на стереокомпараторе. Новый член формулы компенсирует также влияние слугаемого, держащего ошноку  $\mu_0$ .

Ваметив, что  $\frac{Y}{f} = m_i$  - аномателль масштаба изображения, введи коэффициенты:  $Q_x = \frac{\lambda}{b}$ ;  $Q_y = \frac{\lambda}{c}$ ;  $Q_z = \frac{\lambda}{b}$  и припня

$$\mu_r = \mu_f = \mu_{x_1} = \mu_{z_1} = \mu,$$

после несложных преобразований получим:

$$\begin{aligned} M_x &= m_i \mu \sqrt{1 + Q_x^2} \\ M_y &= m_i \mu \sqrt{1 + Q_y^2} \\ M_z &= m_i \mu \sqrt{1 + Q_z^2} \end{aligned} \quad (2)$$

Во все выражения ошнок множителним входит масштаб изображения в точке. В каждом присутствует множитель, показывающий, во сколько раз соответствующая координата больше бависа. Именно потому ошнок  $M_y$  всегда более  $M_x$  и  $M_z$ , так как  $Y$  всегда превосходит  $X$  и  $Z$ .

По физическому смыслу коэффициент  $Q_y$  пняется характеристикой параллактического угла на данной точке при данной величине бависа.

По величина  $Q_y$  близко к котангенсу параллактического угла а точнее  $Q_y \approx 2 \operatorname{ctg} \frac{\lambda}{2}$ .

Аналогично  $Q_x$  и  $Q_z$  близки к котангенсу воображаемых параллактических углов, которые получились бы при рассматривании бависа с расстояний, равных абсоцессе и аппликате точки.

Величины  $Q$  удобно считать координатами в системе, когда аб единицу измерения принят бавис. Назовем их приведенными (масштабированными) координатами.

Из формул (2) видно, что приведенные координаты определяют в основном ошнок пространственного положения точек.

Построив графики линий  $M_x = a$ ;  $M_y = b$ ;  $M_z = c$  получим диаграмму ошнок (см. рис. 2).

Диаграмма пригодна для любого бависа, если учесть коэффициенты перехода от координат  $X, Y, Z$  к коэффициентам  $Q_x, Q_y, Q_z$ . Она наглядно показывае распределение по площади ошнок  $M_x$  и  $M_y$ . Мео линии  $M_x$  могут служить и изолиниями  $M_z$ , так как их выражения ивологичны.

Для определения ошибки в плановом положении точек служит график

$$M_5 = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

На рис. 2 линия равных значений  $M_5$  проведена штрихами.

Ожидаемые ошибки определяют после ориентирования шпалы на левой точке базиса фотографирования.

Определив примерное расстояние от точки стояния до определяемой точки, откладывают его по диаграмме по направлению на точку в масштабе диаграммы; определяют значения  $Q_x$  и  $Q_y$  и, выходясь от базиса, ожидают с ошибкой.

Чтобы обеспечить заданную точность определения точек, на нужных направлениях находят точки с требуемой  $M_5$  и определяют для них  $Q_x$  и  $Q_y$ . Затем приближенно (по карте или по аэроснимкам) определяют расстояние до точек и вычисляют минимальную длину базиса фотографирования. Если такой базис на местности выбрать невозможно, что случается в горных условиях, то, кроме приближения к объекту, уменьшения ожидаемой ошибки можно добиться разворотом базиса с тем, чтобы приблизить наиболее объекты к оси съемки.

Аналогично определяется допустимость ожидаемой ошибки  $M_z$ . Прямая линия объекта над горизонтальной плоскостью, проходящей через центр объектива на левой точке стояния, определяет с помощью простейших угломерных инструментов, используя расстояния, определение по аэроснимкам или картам.

Уменьшения ошибки  $M_z$  можно достигнуть (в горной местности) переносом базиса по высоте, чтобы  $Q_z$  уменьшилось по абсолютной величине.

**Ж У Р Н А Л**  
фототехнологической съемки

Участок работ \_\_\_\_\_

Наименования и адрес проектного института \_\_\_\_\_

Журнал начат \_\_\_\_\_ закончен \_\_\_\_\_

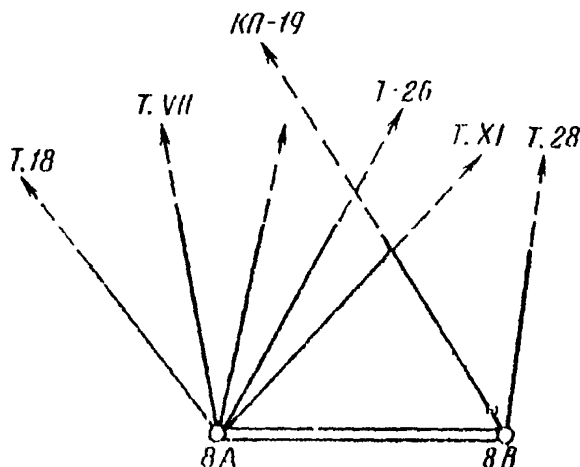
В журнале пронумеровано \_\_\_\_\_ страниц

Исполнитель \_\_\_\_\_

Дата 21/УИ 1960 г. Бэвие В. Начало 10-00. Конец 11-50

Погода: ясно, слабый ветер

Схема расположения контрольных точек и точек геодезического обоснования



ЖУРНАЛ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ

Точки обьекти	А			В			Примечание
	AL	A	AR	BL	B	BR	
Положение оси							$i_{BA} = 1,10$ м
Номера снимков		80,31	82,38		84,85	86,87	$i_{BB} = 1,21$ м
Номера кассет		13,14	15,16		17,18	19,21	угол скоса $\varphi = 80^\circ$
Экспозиция		10,10	10,10		9,9	9,9	Кассета № 20 засвечена
Положение объектива		-40+80 +80-40			-40+80 +80-40		

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИИ БАЗИСОВ

Точки визи- рования	Отсчеты по- горизонталь- ному кругу	$\beta$	$\gamma$	табличное
		Точка BA		
Левая	188 <sup>0</sup> 47' 1"			
Правая	190 <sup>0</sup> 48' 6"		2 <sup>0</sup> 01' 5"	
Правая	200 <sup>0</sup> 56' 0"	12 <sup>0</sup> 08' 9"	2 <sup>0</sup> 01' 488"	$\gamma_{\text{ср}} = 2001' 492"$ 2 <sup>0</sup> 01' 29,5"
Левая	0 <sup>0</sup> 34' 3"			
Правая	12 <sup>0</sup> 43' 8"	12 <sup>0</sup> 09' 0"	2 <sup>0</sup> 01' 500"	$\delta = 56', 587$

ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ

Наименование точек наблюдения	Горизонтальный круг				Вертикальный круг			Высота знака, м V	Примечание
	КП КЛ	Гс = КП-КЛ	Среднее направление	Приведенные направления	КП КЛ	МО	$\beta$		
г.УН	0°00 0" 0,6	-0,6	0°00 8"	Станция 8А 0°00 0"	98°22 6" 266°38 3"	+0,45	-3°23 05"	1,90	
КП-19	73°10 2" 10,8	-0,6	73°10 5"	73°10 2"	104°21 2" 255°39 4"	+ 0,30	-14°21 5"	0	Наблюдалось перекрещивание
г.Х	90°08 6" 90,8	-0,4	90°08 8"	90°08 5"	92°27 0" 267°33 9"	+ 0,45	-2°27 55"	1,45	
г.Х	103°46 3" 47,0	-0,7	103°46 7"	103°46 4"	76°15 1" 283°45 6"	+ 0,35	+13°45 25"	1,90	
Куст	285°34 8" 35,4	-0,6	285°35 1"	285°34 8"	74°27 8" 285°33 0"	+0,40	+15°32 6"	-	Наблюдалась верхняя куста
г.УП	0°00 0" 0,6	-0,6	0°00 35"	0°00 0"					

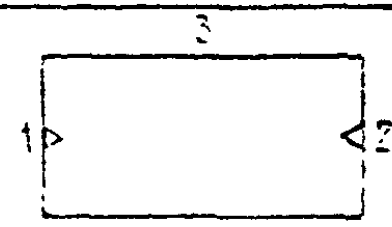
Приложение 6

ЖУРНАЛ ПОЛЕВОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НЕГАТИВОВ

№ базисов и дата съёмки	№ снятков	Наружные дефекты и фото- качество	Отклоне- ние от эталона	Общая оценка	Примечание
В 21/УП-60	А - 80	Хорошо	0,05	+	Переснять
	А - 81	Хорошо	0,05	+	
	В - 84	Хорошо	0,0	+	
	В - 85	Хорошо	0,2	-	Переснять
	А - 82	Удовлет- воритель- но	0,0	+	
	А - 88	Хорошо	0,05	+	
	В - 86	Удовлет- вори- тельно	0,0	+	
	В - 87	Удовлет- вори- тельно	0,05	-	



КУРНАА АНАЛИЗА НЕГАТИВОН

НООДЛЕННЭ МЭДЛЭ	Отсчеты I, мм	Отсчеты Z, мм	$L_2 = Z_2 - Z_1$ $L_0 = Z_3 - Z_4$	$\Delta L_1$ $\Delta L_0$	$l_1$ $l_2$ $l_3$ $l_4$	$\Delta l$	ФОРМУЛА
			СЕРИОС А 30				
1	30,46		161,95	+0,02			
2	192,38						
3		465,92					$l_0^c = 161,91$
4		351,84	114,08	+0,01			$l_1^c = 114,07$
			СЕРИОС Б 37				$l_2^c = 80,85$
1	31,34	408,55			80,98	+0,10	$l_3^c = 57,02$
2	198,40	408,53	162,06	+0,15	81,08	+0,05	$l_4^c = 57,05$
3	112,52	465,60			57,06	+0,04	$K_1 = \frac{r}{L_1} = 1,20$
4	112,52	351,46	114,14	+0,10			$K_2 = -\frac{2r_1^c}{L_2} = 2,25$
					57,07	+0,02	$K_3 = \frac{r_1^c}{L_3} = -5,85$

06

$$\partial f = K_0 \Delta L_2 = + 0,18$$

$$z_0 = K_2 (\Delta l_1 + \Delta l_2) = - 0,14$$

$$z_0 = K_3 (\Delta l_4 - \Delta l_3) = - 0,12$$

Приложение В

ВЕДОМОСТИ ДЕШИФРОВАНИЯ

№ базисов и снимков	№ контуров	Содержание контура	Примечания
В  А-В1	1	Выход грунтовых вод	По изображению, получен линейными элечками
	2	Равнины каменистого рванца	
	3	Имя о водое	
	4	Родник	
	5		
	6		

ВЕДОМОСТЬ ИНЖЕНЕРНОГО ДЕШИФРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНО - ДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК

№ базисов и снимков	№ контуров	Содержание контура	Примечание
Базис 17-21	1	Здание диспетчерского пункта, кирпичное, шиф. 2 этаже, хорошее	Габариты определяются по углам здания
А-17	2	Математический центр СП-18, тяга ручная, цельнолитая крестовина, правосторонний, рельс тип Р-4В, балласт	Обмер и определение координат ЦСП производится графо-аналитическим способом

ВЕДОМОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ОПОРНОЙ  
СЕТИ, ЗАВИСНЫХ И КОНТРОЛЬНЫХ ПУНКТОВ

Наименование точек	Координаты, м			Примечание
	X	Y	H	
	Точки магистрального хода			
НК 10	180,60	846,07	825,47	
НК 80,75				
	Опорные точки			
ОП-10	151,80	1010,08	821,82	Вымаркирован на местности
ОП-11				Телевизионная антенна на крыше здания пределный столбик
ОП-12				
	Контрольные пункты			
КП-19				Крест на скале
КП-20				Обоснование столба

ВЕДОМОСТЬ  
ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ ВЪВЕДЕННЫХ И КОРРЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Наименование точек	Приведенные горизонтальные направления	Дирекционные углы	Вариация дирекционных углов
Станция ВА			
Т.УП	0 00 00	24 30 15	- 1 23 00
КП-19	73 10 12	97 48 22	-14 11 30
Скала	78 36 10	108 14 30	15 30 10
Т.Х	84 08 36	108 46 51	13 45 15
В В	108 46 24	128 24 09	- 2 27 57
Куст.	205 34 40	910 18 09	15 02 30
Станция ВВ			
Т.Х	0 00 00	97 14 15	
Камень	. . . .		
. . . .			
В А	211 10 29	808 24 44	

ВЕДОМОСТЬ КОНТРОЛЯ УГЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВНЕШНЕГО ОРИЕНТИРОВАНИЯ  
Измерение координат точек контрольных направлений

Точка	Отсчеты по нивелирам			Координаты точек на снимках				Разности измеренных и вычисленных координат				
	I'	Z'	p	φ	z <sub>1</sub>	z <sub>2</sub>	z <sub>2</sub>	Δx	Δz <sub>1</sub>	Δz <sub>2</sub>	Δz <sub>2</sub>	
		Стреловода 30 А - 34 В ( базис № 8 )					МО <sub>1</sub> = 100,00	МО <sub>2</sub> = 100,00				
КП-19	35,00	347,50			-65,00	-52,50			-0,01	+0,03		
т.УП	104,32	388,50			+4,32	-11,50			-0,36	+0,02		
Пик свечи	151,91	449,36			+51,91	+49,36			-0,04	+0,03		
									Средн.	-0,05	+0,03	

46

Вычисление координат точек снимка по измеренным углам

$f = 194,68$

Точка	Горизонтальный угол от нормали к отвесу	Доправка за центрировку	d'	tg α	x = f tg α	β	tg β	z = $\frac{f}{\cos \alpha} \operatorname{tg} \beta$
КП-19	- 18 27 15	15"	-18 27 30	0,333790	-64 98	-14 21 30	-0,255925	- 52 55
т.УП	+ 1 16 36	10"	- 1 16 46	0,022352	+ 4 35	- 3 23 08	-0,059134	+ 11 52
Пик свечи	+ 14 56 12	15"	+14 56 27	0,266829	+51,95	+18 45 27	+0,204839	+ 49 32

## Приложение II

### СТЕРЕОКОМПАРАТОР СТЕКО

Наиболее распространенный в настоящее время стереокомпаратор Народного предприятия К.Шейсо, Вена (ГДР) позволяет измерить координаты  $X$ ,  $Z$ , продольный и поперечный параллакс  $p$  и  $q$  сфотографированных точек местности.

Стереокомпаратор предназначен для измерений снимков размером до  $18 \times 18$  (негативов, диапозитивов и контактных отпечатков).

Негативы и диапозитивы ослаждаются верхними, а контактные отпечатки — нижними лампами.

Общая каретка перемещается левым штурвалом. Подвижная часть бинокулярного микроскопа передвигается средним штурвалом, перемещающим лупно направляющим общей каретки.

Смещения общей каретки и подвижной части бинокулярного микроскопа, соответствующие координатам точки левого снимка, учитываются по счетчикам, цена деления которых составляет  $0,02$  мм, а точность отсчета  $\pm 0,01$  мм. На время установки по барабанам нужных отсчетов штурвалы отключают.

Левую каретку со снимкодержателем можно смещать относительно общей каретки вправо на  $37$  мм и влево на  $19$  мм от начального положения и закрепить в нужном положении.

Правая каретка со снимкодержателем перемещается правым штурвалом параллельно направляющим общей каретки. Это движение, соответствующее горизонтальному параллаксу, учитывается счетчиком, цена деления которого  $0,005$  мм, а точность отсчета  $\pm 0,001$  мм.

Для измерения вертикальных параллаксов правая подвижная часть бинокулярного микроскопа перемещается при помощи шайбы относительно левой подвижной части вдоль оси  $Z$  прибора. Вертикальный параллакс отсчитывается по счетчику, имеющему цену деления  $0,01$  мм и точность отсчета  $\pm 0,002$  мм.

Увеличение наблюдательной системы  $\beta^k$ . Расстояние между окулярами можно изменять в пределах от  $54$  до  $76$  мм. Фокусировка по глазу допускается в пределах  $\pm 5$  диоптрий.

Резкость изображения снимка достигается вращением кольца подвижного объектива, доступ к которому осуществляется через отверстие в передней части прибора. На правой стороне прибора крепится чертежный столик.

Лампы освещения питаются напряжением  $220$  в. При транспортировке отключают воздушные ролик, закрепляющие общую каретку.

Для получения правильных значений координат стереокомпаратор должен отвечать следующим условиям.

1. Оптический прибор должен обеспечивать ровное изображение на обоих снимках оси вертикального параллакса.

2. Перемещение основной каретки, оптической системы и правой каретки в направляющих должно быть прямолинейным.

3. Основные оси прибора 1-1 и 2-2 (  $\psi - \psi$  ) должны быть взаимно перпендикулярны.

4. Направляющие перемещений правой каретки по осям 1-1 и 2-2 (  $\psi - \psi$  ) должны быть параллельны соответствующим осям основной каретки.

Перпендикулярность осей  $\rho$  и  $\psi$  не должны иметь люфтов.

Для проверки условия правильной работы в стереокомпаратор вклеивают контрольные сетки.

Параллельность основных направляющих и их перпендикулярности, параллельность дальности правой каретки и величины люфтов направляющих осей не должны превышать 0,002 мм.

Уменьшение снимков в стереокомпараторе производят известными способами. Для уменьшения снимков, полученных в вертикального дивиза фотоаппаратами их выкладывают с равномерном изображении на  $30^{\circ}$ .

#### Ориентирование и измерение снимков

Для ориентации снимков в стереокомпараторе негативы укладывают в их сетки вырубленной или примерно на середине кассеты и закрепляют винтами.

Ориентирование снимков состоит в том, чтобы координатные оси снимков ( 11 и 22 ), определяемые центрами координатных точек, расположить параллельно соответствующим осям стереокомпаратора. Точное ориентирование снимков по оси XX достигается методом последовательных приближений. Для этого правую координатную метку левого снимка движениями 3 и 4 точки совмещают с измерительной маркой, а правую метку движениями  $\rho$  и  $\psi$  - в центр метки правого снимка.

После этого перемещают общую каретку влево движениями 1, и наблюдая вертикальное отклонение марок относительно меток устраняется наполовину вращением кассеты в своей плоскости по 11, а наполовину движениями 2 ( для левого снимка ) и движениями 4 ( для правого снимка ). Эту операцию повторяют до тех пор, пока марки при перемещении каретки прибора по ос. 11 не будут отклоняться от координатных меток более чем на 0,02 мм.

Названные координат наблюдаемых точек на стереокомпараторе выполняют следующим образом.

Движениями штурвилов 1 и 2 марки переводит в зону, где расположена измерительная точка, а движениями  $\rho$  и, если необходимо,  $\psi$

вначале монокулярно, а затем стереоскопически добиваются получения пространственного восприятия модели (стереоэффект). Левую марку переводят на изображение измеряемой точки и соответствующими движениями  $\rho$  и  $\varphi$  добиваются уничтожения поперечного параллакса. Затем, продолжая наблюдать стереоскопически, незначительным поворотом винта продольных параллаксов ( $\rho$ ) "поднимают" марку над моделью и совмещают ее с поверхностью модели в наблюдаемой точке; записывают отсчет ( $\rho$ ) и аналогичным образом повторно совмещают марку с моделью. Расхождение между отсчетами не должно превышать 0,02 мм, в противном случае берется среднее. Затем снимают отсчеты по шкалам 1 и 2, а если необходимо, и  $\varphi$ .



СТЕРЕОАВТОГРАФ 1818

Принципиальная схема

Стереавтограф предназначен для составления планов графо-механическим способом он представляет собой соединение стереокомпаратора с системой линеек, позволяющих механически решать прямую задачу.

Решение прямой задачи в плоскости XY осуществляется при помощи линейки направляющей L и линейки параллакса p (рис.1), вращающихся

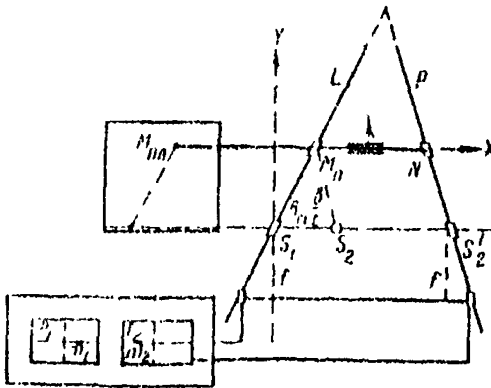


Рис. 1

вокруг точек  $S_1$  и  $S_2$ , соответствующих центрам проектирования. Линейки L и p специальными тягами связаны соответственно с левым и правым снимками, причем расстояния точек присоединения тяг от точек  $S_1$  и  $S_2$  могут быть сделаны равными фокусному расстоянию съёмочной камеры ( $f$ ). В положении, когда линейки параллельны друг другу и перпендикулярны направлению  $S_1$  и  $S_2$  (базису), марки должны быть совмещены с главными

точками снимков. Если теперь известна марка стереокомпаратора и связана с ней зона линеек на изображении точки M ( $m_1$  и  $m_2$  на снимках), то пересечение линеек L и p определит плановое положение точки M в масштабе 1. Если расстояние между точками  $S_1$  и  $S_2$  будет равно

$$B = \frac{b}{t},$$

где B - значение базиса фотографирования,

то положение точки M получим на планшет в масштабе плана 1.

Конструктивное плановое положение точек определяется с помощью мостика и каретки отстояний, имеющей ролики  $M_0$  и N, по которым перемещаются линейки L и p.

Каретка отстояний может перемещаться по направляющим X - X мостика отстояний, который в связи с чертежным устройством для фикса-

рования точки  $M_{пл}$  на плавильте.

Таким образом ощущается засечка в плоскости X-Y для нормального олучья съёмки.

Для решения задачи случае равноотклоненных осей правый ролик N может перемещаться в базисных направляющих относительно лавора, что соответствует разложению базисов по осям X и Y ( $B_x$  и  $B_y$ ). При этом, если угол скоса осей равен  $\varphi$ , то

$$B_x = B \cos \varphi \quad \text{и} \quad B_y = B \sin \varphi,$$

где B - базис фотографирования в масштабе съёмки.

Для определения высот ислюдиных точек стереоаппарат снабжен устройством, состоящим из двух жестко связанных под прямым углом линеек f и H (рис.2), вращающихся вокруг точки  $S'_1$ , соответствующей левому центру проектирования.

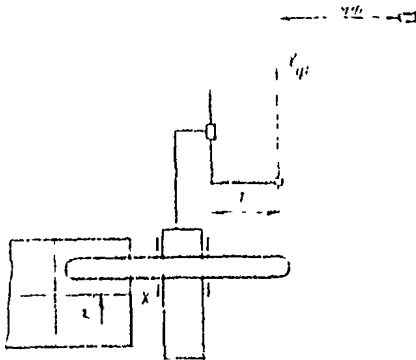


Рис.2

Короткая линейка с помощью каретки фокусных расстояний жестко связывается с бинокулярной системой; ее длина может устанавливаться на заданное фокусное расстояние. Свободный конец большой линейки лежит на каретке высот мостика отстояний. При перемещении бинокулярной системы на величину, равную Z, ведущий ролик каретки высот переместится по мостику отстояний на величину  $Z_{\varphi} = \frac{Y Z}{t f_n}$ , т.е.

определит превышение наблюдаемой точки над центром проекции левого снимка в масштабе модели.

#### Краткое описание

Стереоавторграф 1818 состоит из мостика микроскопов, системы линеек и мостика отстояний.

Стереоавторграф снабжен координатографом с различными передаточными соотношениями - 0,5; 1,0 и 2,0. На массивной станине укреплены главные направляющие мостика отстояний и цилиндрическая направляющая, по которой перемещаются каретки со снимками. На мостике микроскопов и линеек размещены два отсчетных микроскопа, бинокулярный микроскоп для наблюдения снимков и четыре развертывающих линейки линейки направ-

лений  $L$  и параллакс  $p$  и две линейки высот  $H, H'$ . Оси вращения пл.овых линеек ( $L$  и  $p$ ) расположены под мостиком микроскопа, а ось вращения высотных линеек - на дополнительной плите. Стереоскоппаратор с системой развертывающих линеек установлен на массивной станине.

Каретки снимков стереоскоппаратора с помощью специальных тяг, которые в случае необходимости можно отключать, связаны через каретки фокусных расстояний с основными линейками  $L$  и  $p$ .

Правая линейка  $p$  имеет корректор конвергенции  $\gamma$ , при помощи которого короткое плечо линейки поворачивается относительно длинного вокруг точки правого центра проектирования  $S_2$  линтом. Угол конвергенции отсчитывается.

Расстояния от точек вращения линеек  $S_1$  и  $S_2$  до ведущих роликов каретки фокусных расстояний могут изменяться от 157 до 198 мм и отсчитываются по индикаторам.

Мостик отстояний  $MO$  перемещается по направляющим  $Y - Y$ , а каретка отстояний  $KO$  с помещенными в ней длинными концами линеек  $L$  и  $p$  - по оси в направляющих мостика отстояний.

Ведущий ролик правой линейки может перемещаться относительно ведущего ролика левой линейки в направлении  $X$  и  $Y$  с помощью винтов. Это перемещение, соответствующее разложению базиса на составляющие  $B_x$  и  $B_y$ , отсчитывается с помощью индикаторов. Каретки левого и правого снимков связаны также с высотными линейками, короткие плечи которых находятся в каретках фокусных расстояний. Значение фокусного расстояния может быть установлено с помощью индикаторов.

Длинные концы высотных линеек лежат на каретке высот, перемещающейся в направляющих мостика отстояний по оси  $X - X$ . Основной является левая высотная линейка; правая линейка высот служит только для того, чтобы при наблюдениях вводить поправки за поперечный параллакс из-за разности высот левого и правого центров фотографирования. Для этого ведущий ролик правой линейки высот перемещается относительно начального положения (левого ролика) по величине  $B_x$  и  $B_z$  (проекция базиса фотографирования на оси  $Y$  и  $Z$ ).

Мостик отстояний при помощи штурвала  $Y$  перемещается по опорным направляющим, прикрепленным к станине. На нем имеются нижние и верхние направляющие. По нижним направляющим штурвалом  $X$  перемещается каретка отстояний, а верхние служат для перемещения каретки высот ножным диском  $Z$ . Штурвалы  $X$  и  $Y$  снабжены переключателями скорости движения (для ориентирования и обрзоетки снимков) и счетчиками с ценой деления - 0,1 мм.

Счетчик высот позволяет отсчитывать высоты наблюдаемых точек (в м): при масштабах 1:400, 1:2000, 1:4000 - по красным, а 1:1000, 1:2500, 1:5000 - по белым цифрам.

Объективы наблюдательных микроскопов могут перемещаться по оси  $Z$

в положения, соответствующие смещению объективов съёмочной камеры. В фокальной плоскости каждого микроскопа наблюдательной системы введены световые марки. Установку глазного окуляра и фокусировку выполняют обычным путём.

Снимки или титровочные сетки устанавливают на каретках с помощью центрирующих штифтов. Центрировку снимков в олинкодержателе выполняют на световом пульте с помощью накладного микроскопа.

#### Техническая характеристика

Фокусное расстояние прибора ..... 157 - 198 мм  
 Перемещение объективов наблюдательной системы (смещение горизонта) ..... +80 - 45 мм  
 Конвергенция правой линейки ..... +5<sup>а</sup> - 2<sup>а</sup>  
 Базисные составляющие мм:

$b_x$  ..... 0 - 60  
 $b_y$  ..... + 8 - 20  
 $b_z$  ..... + 10 - 10

Пределы координатных движений, мм:

X ..... -220 - +220  
 Y ..... + 50 - +400  
 Z ..... -235 - +235

#### Проверки <sup>x</sup>

Перед титровкой станция прибора должна быть приведена в горизонтальное положение. Это выполняется путём последовательной установки накладного уровня на цилиндрическую направляющую кареток олинкодержателей и на направляющую каретки отстояний; пузырёк уровня находится на середине с помощью подъёмных винтов на станинах прибора.

Далее на отсчетных устройствах базисных составляющих  $b_x$ ;  $b_y$ ,  $b_z$  конвергенции  $\gamma$  и смещения объективов устанавливают отсчеты, равные нулю, а на индикаторах фокусных расстояний - наибольшие и разные друг другу отсчеты.

#### К о н в е р г е н ц и я   п р а в о й   п л а н о в о й л и н е й к и

В исходном положении ( $\gamma = 0$ ) направляющие ребра предметного и картинного плеч правой плановой линейки должны лежать на одной прямой.

<sup>x</sup>) Фотогеодезительная съёмка в крупных масштабах. ВНИИ, 1960.

Проверке этого условия выполняется в следующем порядке.

1. Счетчик координат  $Y$  устанавливает в такое положение, при котором отсчеты по нему будут примерно соответствовать действительному расстоянию  $Y$ . Для этого вращением штурвала совмещают белый штрих, нанесенный на каретке отстояний, с краем мостика линейки и устанавливают на счетчике отсчет 200,00 мм.

2. Маркируют кружками или точками центры контрольных сеток и устанавливают сетки на каретки снимков.

3. Мостик отстояний ставят в такое положение, чтобы отсчет по счетчику  $Y$  был целым числом, близким к наибольшей величине  $Y$ , например 400 мм.

4. Правую измерительную марку устанавливают на крайний (восьмой сантиметровой) штрих сетки вправо от центра и берут отсчет  $X_1$  по счетчику  $X$ .

5. Правую измерительную марку устанавливают на центральный крест сетки и берут отсчет  $X_0$ . Правую измерительную марку устанавливают на восьмой сантиметровой вертикальный штрих сетки влево от центра и берут отсчет  $X_2$ .

6. Вычисляют разности  $X_1 - X_0 = X_R$ ;  $X_0 - X_2 = X_L$  и величину конвергенции по формуле

$$\gamma = p' \frac{X_R - X_L}{2Y} \operatorname{ctg}^2 \alpha.$$

Угол  $\alpha$  определяют из соотношения

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{X_R}{Y}$$

Пример. Для величины  $Y = 400$  мм и  $f = 198$  мм конвергенция составит

$$\gamma = (X_R - X_L) 26',$$

если разность будет вычисляться в мм. Если, например

$$X_R - X_L = 0,04 \text{ мм, то } \gamma \approx 1'.$$

7. Исправляют положение нульпункта отсчетного барабана копировального устройства. Для этого отпускают зажимные винты отсчетного барабана и поворачивают его до тех пор, пока отсчет по нему не станет равен вычисленному значению; после этого барабан закрепляют.

8. Ослабив зажимной винт, устанавливают барабан в положение  $\gamma = 0$  и для контроля правильности юстировки все операции повторяют.

#### И з м е р и т е л ь н ы е м а р к и

Чтобы определить, требуется ли юстировка положения измерительных марок, устанавливают каретку отстояний в крайнее дальнее положение и

совмещают левую измерительную марку с центром контрольной сетки. Затем каретку приближают до отстояния 70-100 мм и вновь наводят марку. Если марка отошла от центра сетки более чем на четверть своего диаметра, необходимо произвести юстировку.

Юстировку каждой измерительной марки рекомендуется выполнить в два этапа: вначале устранить смещение марки по горизонтали, затем - по вертикали.

Устранение смещения левой марки по горизонтали производят в следующем порядке.

1. Устанавливают мостик отстояний в дальнее положение (отсчет  $Y_1 = 400$  мм).

2. Измерительную марку штурвалами X и Z совмещают с центральным (нулевым) вертикальным штрихом контрольной сетки (точка 1, рис.8) вблизи центрального перекрестия и закрепляют стопор штурвала X.

3. Штурвалом Y каретку отстояний ставят в ближнее положение (отсчет  $Y_2 = 100$  мм); при этом марка сместится с нулевого штриха и займет положение 2.

4. Штурвалом X (после открепления стопора от винта) перемещают марку в направлении, противоположном видимому смещению, в положение 3 так, чтобы ее смещение относительно нулевого штриха сетки было равно

$$d = \frac{Y_1}{\Delta Y} \delta,$$

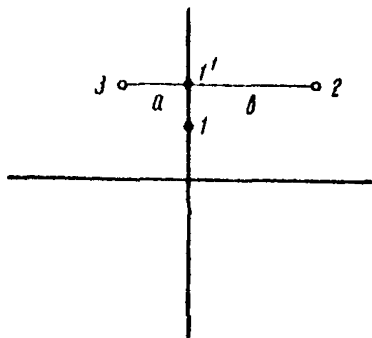


Рис.8

где  $\delta$  - видимое смещение марки в положение 2;

$$\Delta Y = (Y_1 - Y_2).$$

Величина  $d$  оценивается на глаз в долях смещения  $\delta$ . Например: если  $Y_1 = 400$  мм,  $Y_2 = 100$  мм, то  $d = \frac{1}{3} \delta$ .

5. Ватом юстировочным винтом измерительную марку вновь совмещают с нулевым вертикальным штрихом сетки (положение 1<sup>0</sup> на рис.5). Если теперь возвратить каретку отстояний в дальнее положение (отсчет  $Y_1$ ), то измерительная марка не должна сойти с нулевого штриха сетки. В случае небольшого остаточного смещения юстировку следует повторить.

Так выполняют юстировку марки по вертикали; при этом ее совмещают с нулевым горизонтальным штрихом, а исправляют соответствующим

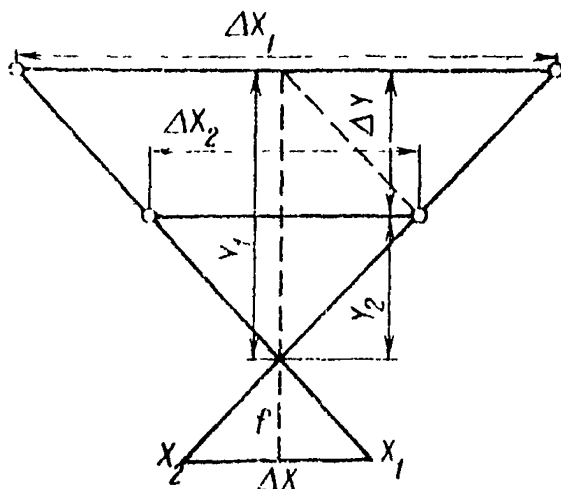
котируются винтом.

Заключив исправление, марку совмещают с центральным крестом сетки и перемещают каретку отстояний штурвалом  $Y$  по всему диапазону перемещения (от  $Y_1$  до  $Y_2$ ). При правильно выполненной юстировке марка не должна смещаться с центрального креста сетки.

Аналогично юстируется правая марка.

#### И н д и к а т о р ы   ф о к у с н ы х   р а с с т о я н и й

Индикаторы установки фокусных расстояний для всех четырех линеек юстируются одним и тем же способом. Для индикаторов плановых линеек из рис.4



$$f = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \Delta Y. \quad (1)$$

Для фокусных расстояний высотных линеек по аналогии

$$f = \frac{\Delta Z}{\Delta Z} \Delta Y. \quad (2)$$

Для повышения точности определений отрезки сетки  $\Delta f$  или  $\Delta Z$  и равности отстояний  $\Delta Y$  следует выбирать по возможности большими.

Юстировку индикаторов плановых линеек производят в следующем порядке:

- устанавливают каретку отстояний в нижнее положение (отсчет  $Y_1 = 400$  мм);
- заводят марку на крайний правый штрих сетки ( $X_1$ ) и берут отсчет  $X_1$  по счетчику  $X$ ;
- заводят марку на левый крайний штрих сетки ( $X_2$ ) и берут отсчет  $X_2$ ;
- перемещают каретку отстояний в верхнее положение (отсчет  $Y_2 = 100$  мм);
- устанавливают марку на правый штрих сетки ( $X_1$ ) и берут отсчет  $X_3$ ;
- устанавливают марку на левый штрих сетки ( $X_2$ ) и берут отсчет  $X_4$ ;

- вычисляют разности  $\Delta Y = Y_1 - Y_2$ ;  $\Delta X_1 = X_1 - X_2$ ;  
 $\Delta X_2 = X_3 - X_4$ ;  $\Delta X = \Delta X_1 - \Delta X_2$  и  $\Delta f = f_1 - f_2$ ;

- вычисляют фокусное расстояние  $f$ ;
- устанавливают индикатор на вычисленное значение

Вид индикатора показан на рис.5. Устанавливают его на вычислен-  
ное значение  $f$  вращением кольца с накаткой 3. Для этого ослабляют

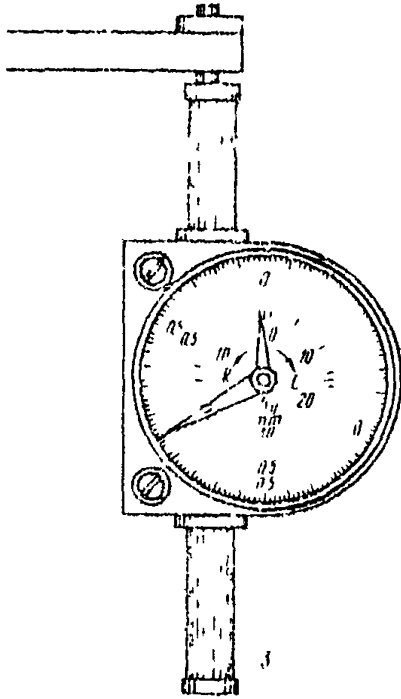


Рис.5

(вращение шпindel) кольцо с накаткой 2 и, вращая кольцо 3, устанавливают на индикаторе вычисленное значение  $f$ , после чего вновь закрепляют кольцо 2.

Юстировка индикаторов в сотнях линий отличается тем, что установки производят соответственно по крайнему верхнему  $Z_1$  и крайнему нижнему  $Z_2$  штрихам сотки, а отсчеты  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  и  $Z_4$  берут по отсчетку высот при установке на масштаб 1:1000 (цена деления отсчетки 0,1 мм).

### Пример юстировки индикаторов

#### Дальнее положение

$$\begin{array}{ll} U_1 = 400,00 \text{ мм} & X_1 = 656,87 \text{ мм} \\ X_1 = + 80,00 \text{ мм} & X_2 = 388,50 \text{ мм} \\ X_2 = - 80,00 \text{ мм} & \Delta X_1 = 328,37 \text{ мм} \end{array}$$

#### Ближнее положение

$$\begin{array}{ll} Y_2 = 100,00 \text{ мм} & X_3 = 535,69 \text{ мм} \\ X_1 = + 80,00 \text{ мм} & X_4 = 454,73 \text{ мм} \\ X_2 = - 80,00 \text{ мм} & \Delta X_2 = 80,96 \text{ мм} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \Delta Y = 300,00 \text{ мм} \\ \Delta X = 242,41 \text{ мм} \\ \Delta x = 160,00 \text{ мм} \\ f = 198,01 \text{ мм} \end{array}$$

Такие измерения с последующим вычислением фокусных расстояний производят для каждой линейки, после чего на всех индикаторах устанавливают одинаковое значение  $f$ , близкое к максимальному (например, 198,00 мм).



## И н д и к а т о р ы   б а з и с н ы х с о с т а в л я ю щ и х $b_x$ и $b_y$

Отсчеты по индикаторам базисных составляющих должны быть равны нулю, после того как плановые, а также высотные линейки установлены параллельно друг другу (при наведении марок на центральные кресты сеток). Встировку производят в следующем порядке.

1. Сдвигают каретку отстояний в ближнее положение

$$Y = 100, \text{ мм.}$$

2. Устанавливают измерительную марку на центральный штрих сетки.

3. Вращают маховичок  $b_x$  до тех пор, пока правая измерительная марка не совместится со средним вертикальным штрихом встирочной сетки.

4. Устанавливают индикатор на отсчет  $b_x = 0,00$  мм. Установка выполняется так же, как и на индикаторах фокусных расстояний.

5. Проверит встировку; для этого каретку отстояний перемещают на весь диапазон до  $Y_{\text{max}}$ . При этом ни одна из двух измерительных марок не должна сместиться по направлению  $X$ .

Встировку индикатора  $b_z$  производят таким же образом. При этом измерительные марки совмещают с центральным горизонтальным штрихом сетки, а на индикаторе устанавливают отсчет  $b_z = 0,00$  м.

## И н д и к а т о р ы   б а з и с н ы е с о с т а в л я ю щ е й $b_y$

При установках базисных составляющих  $b_x = b_y = b_z = 0$  линейки в любом положении должны быть параллельны друг другу, а расстояния между точками вращения линеек и теми точками, в которых линейки соприкасаются с роликами каретки  $X$  или  $Z$ , равны друг другу и совпадают с показаниями счетчика  $Y$ .

Согласно рис.6, для плановых линеек в дальнем положении (отсчет  $Y_1$ ) получим:

$$Y_1 = \frac{\Delta X_1}{\Delta x} f = \Delta X_1 \frac{\Delta Y}{\Delta x}$$

Аналогично для высотных линеек

$$Y_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta z} f = \Delta Z_1 \frac{\Delta Y}{\Delta z}$$

Встировка считается выполненной правильно, если вычисленные по формулам (3) и (4) расстояния  $Y_1$  для всех четырех линеек равны и совпадают с отсчетом  $Y$ . Встировку выполняют следующим образом.

1. Используя данные, полученные при встировке индикаторов фокусных расстояний по формулам (3) и (4), вычисляют  $Y_1$  для всех четырех линеек.

2. Определяют равенство величин  $Y_1$ , правой и левой линеек (плановых и высотных)

$$Y_{1n} - Y_{1л} = d.$$

3. Полученные значения  $d$  устанавливают на соответствующих индикаторах  $b_{\gamma}$  (положительные - по шкале склона вправо, отрицательные - по шкале склона влево). Затем, не изменяя базисных установок, ставят на индикаторах  $b_{\gamma}$  нулевые отсчеты (аналогично описанному ранее).

4. Не меняя установки каретки отстояний, закрепляют штурвал и устанавливают счетчик на среднюю величину из определений по левым плановой и высотной линейкам.

Правильность юстировки проверяют повторением описанных операций.

По окончании юстировки производит общий контроль работы прибора путем наблюдения контрольных сеток. При этом базисные составляющие и конвергенцию устанавливают на нулевые отсчеты, а на индикаторах всех четырех линеек ставят одинаковое фокусное расстояние. Если теперь на левой сетке пройти маркой по прямоугольнику, углы которого имеют координаты:

$$\begin{array}{llll} x_1 = + 80 \text{ мм}; & z_1 = - 80 \text{ мм}; & x_2 = + 80 \text{ мм}; & z_2 = + 60 \text{ мм}; \\ x_3 = + 80 \text{ мм}; & z_3 = - 60 \text{ мм}; & x_4 = - 80 \text{ мм}; & z_4 = - 60 \text{ мм}, \end{array}$$

то на правой сетке светящаяся марка должна совмещаться с идентичными точками. Это относится также и ко всем остальным точкам сетки при любом положении каретки отстояний. Поэтому указанный контроль следует произвести как в ближнем, так и в дальнем положениях каретки.

Ж У Р Н А Л  
ОБРАБОТКИ СНИМКОВ НА СТЕРЕОАВТОГРАФЕ

Базис № 8  
Элементы внешнего ориентирования  
Стереопара 80А - 32 В  
Длина базиса  $B = 74,54$   
Правышиение  $H = 7,85$   
Угол наклона  $\varphi = 0^{\circ}00$

Установочные элементы

$$\theta_x = \frac{B \cos \varphi}{0,001 t_M} = 87,27$$

$$\theta_y = \frac{B \sin \varphi}{0,001 I} = 0$$

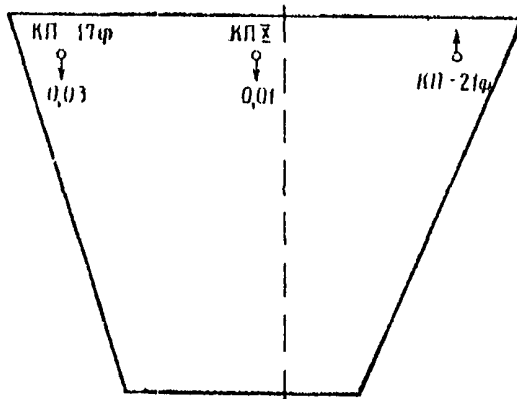
$$\theta_z = \frac{\Delta H}{0,001 t_M} = 8,92$$

$$f_A = 194,74$$

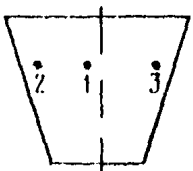
$$f_{H'} = 194,74$$

$$\gamma = 0$$

$$\Delta z = + 10$$



### Ориентирование модели в плане

№ пп	Обозначения действий	Значение величин	Примечание
1	$Y_1^1$	861,4	
2	$\Delta Y_1^1$	+ 0,5 м	
3	$Y_1$	861,6	
4	$\Delta Y_1$	+ 0,2	
5	$\Delta Y_2$	+ 0,1      -0,2	
6	$\Delta Y_3$	- 0,3      -0,2	
7	$\Delta Y_1$	- 0,1	
8	$\Delta Y_2$	- 0,4	
9	$\Delta Y_3$	- 0,3 -0,27	

### Ориентирование модели по высоте

Обозначения точек	О т м е т к и		$\Delta A_H$
	геодезические	фотограмметрические	
$\Delta_1$	856,2	857,0	- 0,8
$\Delta_1$	856,1	856,1	+ 0,1
$\Delta$	912,4	912,5	- 0,1
$\Delta$	923,7	923,5	+ 0,2

МЕТОДИКА  
**АНАЛИТИЧЕСКОГО СРЯЩЕНИЯ ОПОРНОЙ СЕТИ ПРИ СТЕРЕОФОТОСЪЕМКЕ  
 ПРОТЯЖЕННЫХ КОСОГОРОВ**

I. Исходные данные

1. Измеренные в поле зрения фотографирования  $\delta_1, \delta_2 \dots \delta_n$  и значения их дирекционных углов в фотограмметрической системе координат  $\alpha_1, \alpha_2, \dots \alpha_n$ .

2. Контрольные направления, измеренные теодолитом на каждой съёмочной станции.

3. Отсчеты по шкалам стереокомпаратора при измерении координатных меток и сингулярных, опорных и определенных точек снимков  $X_i, Z_i, p_i, q_i$ .

4. Геодезические координаты опорных точек и приближенный угол поворота между фотограмметрической и геодезической системами координат  $\Delta \alpha_0$  (см. рис. 10 настоящих Указаний).

II. Обработка одиночных фотограмметрических моделей

Г. Вычисление искоемых координат измеренных точек снимков:

а) находят места нулей параллактических шкал стереокомпаратора по отсчетам на координатные метки:

$$MOp = 0,25 (p_l + p_n + p_b + p_n);$$

$$MOq = 0,25 (q_l + q_n + q_b + q_n),$$

<sup>а</sup>  $p_l, p_n, p_b, p_n$  - отсчеты параллакса при стереоскопическом наблюдении верхней, нижней, левой и правой координатных меток;

$q_l, q_n, q_b, q_n$  - аналогичные отсчеты по шкале поперечных параллаксов;

б) вычисляют приведенные отсчеты на метки и точки правого снимка:

$$X_i^I = X_i - (p_i - MOp);$$

$$Z_i^I = Z_i - (q_i - MOq);$$

в) находят места нулей координатных шкал и приведенных отсчетов правого снимка:

$$MO_x = \frac{\begin{vmatrix} (X_6 Z_{11} - Z_6 X_{11})(X_6 - X_{11}) \\ (X_n Z_{11} - Z_{11} X_n)(X_n - X_{11}) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} (Z_{11} - Z_6)(X_6 - X_{11}) \\ (Z_n - Z_{11})(X_n - X_{11}) \end{vmatrix}}; MO_z = \frac{\begin{vmatrix} (Z_{11} \cdot Z_6)(X_6 Z_{11} - Z_6 X_{11}) \\ (Z_{11} - Z_n)(X_n Z_{11} - Z_n X_n) \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} (Z_{11} - Z_6)(X_6 - X_{11}) \\ (Z_n - Z_{11})(X_n - X_{11}) \end{vmatrix}} \dots (1)$$

Аналогично находят места нуля приведенных отчетов правого снимка  $MO_x^1, MO_z^1$  по отчетам на координатные метки правого снимка, полученным в п.б;

г) вычисляют плоские координаты измеренных точек левого и правого снимков:

$$x_i = X_i - MO_x; \quad x_i^1 = X_i^1 - MO_x^1; \\ z_i = Z_i - MO_z; \quad z_i^1 = Z_i^1 - MO_z^1.$$

2. Определение поправок в элементы внутреннего и углового элементов внешнего ориентирования по измерениям контрольным направлениям:

а) на каждой станции измеряют не менее четырех контрольных направлений, расположенных, примерно, по углам рабочей площади снимка. По измерениям направлений находят горизонтальные и вертикальные углы между контрольными точками и направлениями оптической оси

$$d = \beta_6 - \beta_m - \varphi,$$

где  $\beta_6$  - направление на правую базисную точку;  
 $\beta_m$  - направление на контрольную точку снимка;  
 $\varphi$  - заданный угол скоса.

Если измерения выполняли на правой точке фотографирования, то

$$d = \beta_m - \beta_6 - \varphi;$$

б) по полученным горизонтальным и вертикальным углам вычисляют плоские координаты точек контрольных направлений:

$$x_i^0 = l_i^0 \cos d_i; \quad z_i^0 = l_i^0 \sin d_i; \quad l_i^0 \nu_i,$$

где  $\nu_i$  - измеренный вертикальный угол.

Находят разности между вычисленными и измеренными значениями координат точек

$$\xi_i^x = x_i^0 - x_i; \quad \xi_i^z = z_i^0 - z_i$$

Если  $l_i \leq \pm 0,02$  мм, то принятые элементы внутреннего и внешнего ориентирования считаются достаточно точными и дальнейших вычислений не производят;

в) поправки в принятые значения элементов внутреннего ориентирования и углового ориентирования камеры на станции находят если  $l_i \geq 0,02$  мм. При этом составляют систему уравнений погрешностей вида:

$$x_0 + \frac{x_i}{f} \delta f - \left( f + \frac{z_i}{f} \right) \delta d - \frac{x_i z_i}{f} \delta \omega + z_i \delta \kappa + \xi f = \nu f ;$$

$$z_0 + \frac{z_i}{f} \delta f - \frac{x_i z_i}{f} \delta d - \left( f + \frac{z_i}{f} \right) \delta \omega - x_i \delta \kappa + \xi f = \nu f , \quad (2)$$

где  $x_i, z_i$  — измеренные на снимке координаты точек контрольных направлений;

$\left\{ \begin{array}{l} \xi f = x_i^0 - x_i \\ \xi f = z_i^0 - z_i \end{array} \right\}$  — разности вычисленных и измеренных плоских координат;

$\delta f, x_0, z_0$  — поправки в значения фокусного расстояния и координаты главной точки;

$\delta \alpha, \delta \omega, \delta \kappa$  — поправки в принятые углы наклона и поворота снимка.

Систему уравнений (2) решают по способу наименьших квадратов, в результате решения находят поправки в принятые значения элементов внутреннего и внешнего ориентирования.

Для дальнейшей обработки используют исправленные значения этих элементов.

**В. Вычисление пространственных фотограмметрических координат измеренных точек.**

Пространственные фотограмметрические координаты съезвующих и опорных точек снимков находят по известным значениям базисов, их дирекционным углам и исправленным по контрольным направлениям элементам внутреннего и внешнего углового ориентирования снимков.

При этом используем формулы общего случая съемки применительно к базисной системе координат:

$$\begin{aligned} X_i &= N_i X_i^I ; \\ Y_i &= N_i Y_i^I ; \\ Z_i &= N_i Z_i^I ; \end{aligned} \quad N_i = \frac{B_j (\cos \alpha_j - \frac{X_i^I}{Z_i^I} \sin \alpha_j)}{X_i^I Z_i^I - X Z_i^I} Z_i^I \quad (8)$$

Вдесь:  $B_j$  — значение базиса фотографирования;

$\alpha_j$  — дирекционный угол базиса фотографирования;

$X_i^I, Y_i^I, Z_i^I$  и  $X_i^II, Y_i^II, Z_i^II$  — координаты соответственной точки левого и правого снимков;

$$X_i^I = a_1 x_i + a_2 f + a_3 z_i ; \quad X_i^II = a_1^I x_i + a_2^I f + a_3^I z_i ;$$

$$Y_i^I = b_1 x_i + b_2 f + b_3 z_i ; \quad Y_i^II = b_1^I x_i + b_2^I f + b_3^I z_i ;$$

$$Z_i^I = c_1 x_i + c_2 f + c_3 z_i ; \quad Z_i^II = c_1^I x_i + c_2^I f + c_3^I z_i ;$$

$\alpha_{1,2,3}, \beta_{1,2,3}, \gamma_{1,2,3}, \alpha'_{1,2,3}, \beta'_{1,2,3}, \gamma'_{1,2,3}$  - направляющие косинусы, получаемые по исправленным углам наклона и поворота левого и правого снимков.

### III. Вычисление координат опорных и связующих точек общей системе фотограмметрических координат

В соответствии с выражениями (3) координаты точек в каждой модели получаются в общей ориентировке относительно принятого направления осей фотограмметрических координат (см. рис. 1), но с частными началами в левых центрах фотографирования.

Для получения значений координат относительно общего начала (обычно в левом центре фотографирования первой стереопары) используют координаты не менее трех общих связующих точек на перекрытии смежных моделей:

$$X_{ij}^0 = X_{ij} + X_{0j} ;$$

$$Y_{ij}^0 = Y_{ij} + Y_{0j} ;$$

$$Z_{ij}^0 = Z_{ij} + Z_{0j} .$$

Равенства начал координат получают последовательно по общим связующим точкам:

$$\begin{aligned} X_{0j} &= \frac{\sum_1^k (X_{ij} - X_{i,j+1}) P_i}{\sum_1^k P_i} ; \\ Y_{0j} &= \frac{\sum_1^k (Y_{ij} - Y_{i,j+1}) P_i}{\sum_1^k P_i} ; \\ Z_{0j} &= \frac{\sum_1^k (Z_{ij} - Z_{i,j+1}) P_i}{\sum_1^k P_i} , \end{aligned} \quad (4)$$

где  $X_{ij}$  - координаты, полученные в предыдущей модели;

$X_{i,j+1}$  - координаты, полученные в последующей модели;

$P_i = \frac{Y_{i,CP}^k}{Y_i}$  - вес точки, зависящий от ее отстояния от станции (в сотнях м).

Таким образом, последовательно находят координаты всех определяемых и опорных точек в фотограмметрической системе координат с началом в левом центре фотографирования первой модели.

Одновременно получают координаты всех левых центров фотографирования каждой модели в этой же системе координат

$$(X_{02}, Y_{02}, Z_{02}, X_{03}, Y_{03}, Z_{03}, \dots, X_{0n}, Y_{0n}, Z_{0n}) .$$



## 19. Геодезическое ориентирование и уравнение фотограмметрической сети

По координатам опорных точек, включенных в построение (рис. 22 Живаний) производится геодезическое ориентирование и уравнение построения сети. При этом геодезические координаты опорных точек записывают так, чтобы знаки приращения абсцисс в фотограмметрической системе соответствовали знакам приращения ординат геодезической системы координат. Если положительные направления координатных осей геодезической системы не совпадают с указанными на рис. 22, то изменяют знаки геодезических координат опорных точек.

Элементы преобразования фотограмметрических координат в геодезическую систему  $(X_{0r}, Y_{0r}, Z_{0r}, d, \beta, \gamma, t)$  находят путем решения системы уравнений погрешностей вида:

$$\begin{aligned} \delta X_{0r} - \chi_i \delta \alpha + 0 - Z_i \delta \gamma + \chi_i \delta t + \xi_i^x &= v_i^x; \\ \delta Y_{0r} - 0 - \gamma_i \delta \beta + Z_i \delta \gamma + \gamma_i \delta t + \xi_i^y &= v_i^y; \\ \delta Z_{0r} + \chi_i \delta \alpha + \gamma_i \delta \beta + 0 + Z_i \delta t + \xi_i^z &= v_i^z, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\chi_i, \gamma_i, Z_i$  - фотограмметрические координаты опорных точек,

$$\xi_i^x = \gamma_i^r - (\chi_i^p + \gamma_0^i);$$

$$\xi_i^y = \chi_i^r - (\gamma_i^p + \chi_0^i);$$

$$\xi_i^z = Z_i^r - (Z_i^p + Z_0^i);$$

$X_0^i, Y_0^i, Z_0^i$  - приближенные геодезические координаты фотограмметрического начала координат (левого центра фотографирования первой модели).

Геодезические координаты всех точек опорной сети и левых центров фотографирования всех моделей находят по полученным элементам преобразования в соответствии с выражениями:

$$\chi_i^r = \chi_0 + (b_1 \chi_i^p + b_2 \gamma_i^p + b_3 Z_i^p)(1 + \delta t);$$

$$\gamma_i^r = \gamma_0 + (a_1 \chi_i^p + a_2 \gamma_i^p + a_3 Z_i^p)(1 + \delta t),$$

$$Z_i^r = Z_0 + (c_1 \chi_i^p + c_2 \gamma_i^p + c_3 Z_i^p)(1 + \delta t);$$

$$\chi_0 = \chi_0^i + \delta \chi_0, \quad \gamma_0 = \gamma_0^i + \delta \gamma_0, \quad Z_0 = Z_0^i + \delta Z_0,$$

где

$a_{1,2,3}, b_{1,2,3}, c_{1,2,3}$  - направляющие косинусы, получаемые по известным формулам по известным поправкам

Уравнения вида (5) решают по способу, описанному в квадратах, причем для каждой опорной точки выходят все уравнения по формуле

$$Y_i = \frac{Y_{ср}^2}{Y_i}$$

где  $Y_i$  — отклонение в сотнях м, полученное при вычислении вычисленных фотограмметрических координат этой точки.

Для вычисления семи неизвестных элементов преобразования с определенной точности необходимо иметь не менее четырех опорных точек, расположенных по концам съемочного участка на различных и различных вышках. Для контроля правильности результатов измерений и вычислений в середине участка необходимо иметь не менее 1-2 опорных точек.

В результате вычислений находят геодезические координаты связующих точек и левых центров фотоустановки каждой стереопары. Координаты связующих точек используют как контрольные при составлении топографических планов оптико-механическим путем в стереоавтографы.

У. Средние квадратические ошибки определения координат точек опорной сети при округении по изложенной методике для вычисления находят из выражений:

$$m_x = \frac{Y_{ср}^2}{b_{ср} f} m_p \sqrt{\frac{n}{3}};$$

$$m_z = 0,3 \frac{Y_{ср}^2}{b_{ср} f} m_p \sqrt{\frac{n}{3}},$$

где  $n$  — число передач (число моделей).

Полагая, что ошибки в положении точек опорной сети не должны в среднем превышать  $1,5m$ , где  $m$  — ошибки распределения координат в пределах одной фотограмметрической модели, допустимое число передач  $n$  может достигать 7-8 моделей.

МЕТОДИКА  
 АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ НЕОРИЕНТИРОВАННОЙ  
 СТЕРЕОФОТОСЪЕМКИ С ИСПОЛБОВАНИЕМ ЭВМ

I. Область применения

Аналитическая обработка материалов наземной стереофотоосъемки производится в тех случаях, когда элементы внешнего ориентирования камеры точно установить невозможно. Например, при съемке плоских участков с высоких неустойчивых опор. В этих случаях элементы внешнего ориентирования снимков определяют приблизительно, а каждая стереопара обеспечивается опорными точками, располагающимися, примерно, по углам рабочей площади. Общее число опорных точек должно быть не менее пяти на каждую пару снимков. Ориентировочные схемы расположения опорных точек приведены на рис.6 Указаний.

II. Исходные данные

1. Отсчеты по шкалам стереокомпаратора на координатные метки, опорные и ориентирующие точки  $X_i, Y_i, P_i$  и  $Q_i$ .
2. Элементы внутреннего ориентирования фотокамеры  
 $f_k, X_0, Z_0$ .
3. Приближенные значения ЭВО снимков.
4. Геодезические координаты опорных точек.

III. Измерение снимков и вычисление плоских координат точек

Снимки ориентируются в стереокомпараторе по координатным меткам и измеряются с включением отсчетов по шкалам  $X_i, Y_i, P_i, Q_i$  на метки, опорные, ориентирующие и определяемые точки.

Плоские координаты левого и правого снимков стереопары вычисляются по зависимостям, изложенным в приложении I7.

IV. Определение ЭВО снимков в принятой системе координат

Построение геодезической модели с определением ЭВО снимков производится путем ориентирования в принятой системе  $z$  координат левой и правой односторонних снимков с одновременным учетом условий коллинеарности

одноименных ориентирующих лучей.

При этом поправки в приближенно заданные значения ЭВО левого и правого снимков находят из решения системы уравнений регрессий, которые для каждой опорной точки, изображенной на обоих снимках имеют вид:

$$\begin{array}{l}
 \text{I} \left\{ \begin{array}{l} a'_1 \delta X_s + b'_1 \delta Y_s + c'_1 \delta Z_s + d'_1 \delta d_x + e'_1 \delta \alpha_y + f_1 \delta n \\ + 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 + \zeta'_x = v'_x \\ a''_1 \delta X_s + b''_1 \delta Y_s + c''_1 \delta Z_s + d''_1 \delta d_x + e''_1 \delta \alpha_y + f_1 \delta n + \\ + 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 + \zeta'_y = v'_y \end{array} \right. \\
 \text{II} \left\{ \begin{array}{l} A_1 \delta X_s + B_1 \delta Y_s + C_1 \delta Z_s + D_1 \delta d_x + E_1 \delta \alpha_y + F_1 \delta n + \\ + A_1 \delta X'_s + B_1 \delta Y'_s + C_1 \delta Z'_s + D_1 \delta d'_x + E_1 \delta \alpha'_y + F_1 \delta n + \zeta_q = v_q \end{array} \right. \quad (1) \\
 \text{III} \left\{ \begin{array}{l} 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 + \\ \bar{a}'_1 \delta X'_s + \bar{b}'_1 \delta Y'_s + \bar{c}'_1 \delta Z'_s + \bar{d}'_1 \delta d'_x + \bar{e}'_1 \delta \alpha'_y + \bar{f}'_1 \delta n + \zeta''_x = v''_x \\ 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \\ + \bar{a}''_1 \delta X'_s + \bar{b}''_1 \delta Y'_s + \bar{c}''_1 \delta Z'_s + \bar{d}''_1 \delta \alpha'_x + \bar{e}''_1 \delta \alpha'_y + \bar{f}''_1 \delta n + \zeta''_y = v''_y \end{array} \right.
 \end{array}$$

Коэффициенты этих уравнений находят по измеренным плоским координатам точек снимков и приближенным ЭВО в соответствии с зависимостями (14 и 15) настоящих Указаний.

Для нахождения поправок к приближенно заданным ЭВО левого и правого снимков с оценкой точности необходимо иметь не менее четырех опорных точек на каждую стереопару.

Систему уравнений вида (1) решают по способу наименьших квадратов с переходом к матрице нормальных уравнений 12-го порядка. При этом уравнениям типа II системы придается вес  $P_q$ , равный отношению квадратов средних квадратических ошибок идентификации, измерения координат опорных точек и измерений продольных параллаксов. Принимая  $m_p = \pm 10$  мкм, а  $m_x = m_z = \pm 20-30$  мкм (с учетом ошибок идентификации), получим  $P_q = 4-9$ . Вес остальных уравнений (I и III) принимается равным 1.

Задача в целом решается итеративным путем с последовательным уточнением значений неизвестных.

В результате решения находят линейные и угловые ЭВО обоих снимков стереопары в принятой системе координат.

Удобнее решать в фотограмметрической системе координат, для чего геодезические координаты опорных точек предварительно преобразовы-

входят в эту систему. Для случая решения задачи с использованием системы координат и элементов внешнего ориентирования, принятых при воздушной стереофотоосъемке, положительным направлением координатных осей при съемках с высоких опор показаны на рис.11-13 настоящих Указаний.

При использовании системы координат и элементов ориентирования, принятой в случае наземной стереофотоосъемки с высоких опор, удобно использовать следующие соотношения:

а) съемка с одной опоры при вертикальном базисе фотографирования

$$X_{\text{фр}} = \pm X_1; \quad Y_{\text{фр}} = \pm Y_1; \quad Z_{\text{фр}} = Z_1;$$

б) съемка с двух опор при горизонтальном базисе фотографирования

#### У. В ы ч и с л е н и е г е о д е з и ч е с к и х к о о р д и н а т о п р е д е л е н н ы х т о ч е к

Координаты определяемых точек находят по известным плоским координатам и полученным значениям ЭЗО снимков в результате решения прямой фотограмметрической задачи. При этом используют формулы наземной (см. пп. 1.15 - 1.16 Указаний) или воздушной стереофотоосъемки:

$$\begin{aligned} X_1 &= X_{s_1} + N_1 X_1^0; \\ Y_1 &= Y_{s_1} + N_1 Y_1^0; \\ Z_1 &= Z_{s_1} - N_1 f, \end{aligned} \quad N_1 = \frac{B_x + \frac{x^{01}}{f_k} - B_z}{\rho_1^0},$$

где  $X_1^0, Y_1^0$  - координаты точек левого снимка, трансформированные по известным формулам с использованием полученных угловых ЭЗО;  
 $\rho_1^0 = \sqrt{X_1^{02} + Y_1^{02}}$  - радиальный параллакс в  $X_1^{01}$  - трансформированные координаты правого снимка.

Полученным таким образом координатами определяемых точек земной поверхности можно пользоваться для составления крупномасштабных топографических планов с широким способом или приводить в виде ведомости координат или в виде таблиц соотношений и других элементов исследуемого объекта

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПРОЕКЦИИ РЕЛЬЕФА

1. Вертикальная проекция (рис.1,а) изображает рельеф в заданном масштабе фронталями получившимися при сечении рельефа плоскостями, параллельными вертикальной плоскости проекции и имеющими заданный интервал сечения.

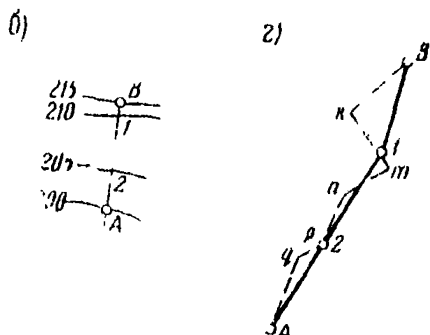
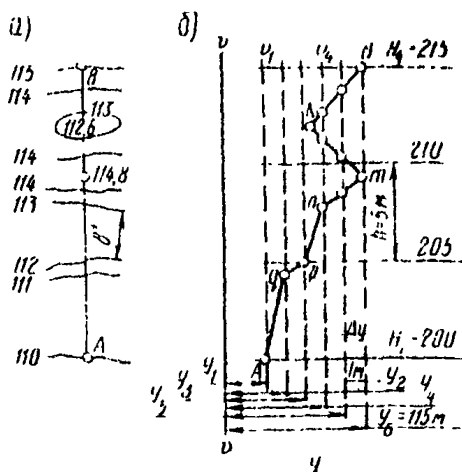


Рис.1

участка (рис.1,б) интервал сечения рельефа  $\Delta Y$  принят равным 1 м. чтобы на плане в горизонталях (рис.1,в) заложения между изолиниями

Вертикальные про-  
екции повышает качество  
изображения рельефа  
труднодоступных обрывных  
участков и заменяют или  
дополняют ими эффектив-  
ные в этих условиях  
планы в горизонталях.  
Применение вертикальных  
проекций рельефа созда-  
ет предпосылки для со-  
здания полной замены на-  
земной обработки  
топографических инсте-  
рументов.

Для создания вер-  
тикальных проекций  
рельефа наиболее эффек-  
тивна фототопографиче-  
ская съемка.

Вертикальная плос-  
кость проекции в этом  
случае проходит через  
базис фотографирования,  
центром проекции высту-  
пает центр объектива  
фотокамеры на левом  
конце базиса.

На схеме вертикаль-  
ной проекции обрывного

они не меньше, установлена высота сечения рельефа  $h = 5$  м.

Представление о степени обобщения рельефа обрывного участка на плане в горизонталях дает рис.1,г, где сплошной линией показан поперечный профиль по АВ, составленный по плану в горизонталях, а пунктирной - построенный по вертикальной проекции.

Положение точек местности на вертикальной проекции определяется фотограмметрическими координатами  $X$  и  $Z$  ( $z$ ), координата  $z$  служит для построения линий равных отстояний - фронталей.

2. Свойства фронталей (рис.2) вытекают из определения фронталей как линий равных отстояний точек местности от вертикальной плоскости проекции:

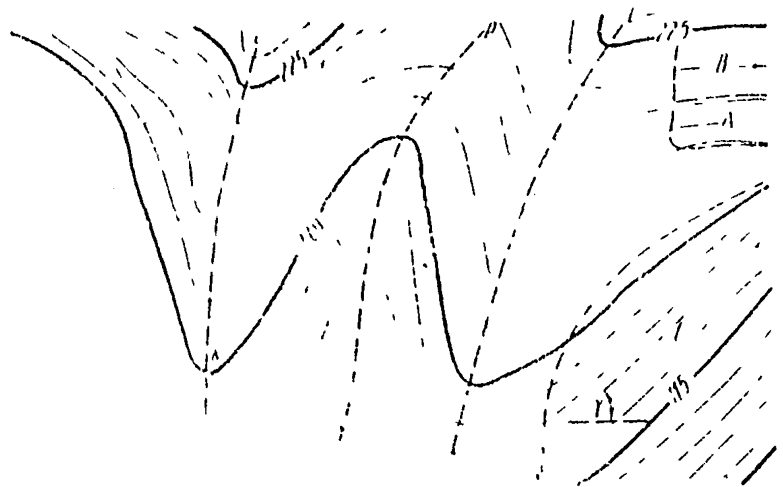
а) все точки  $S$ , лежащие на одной фронтале, одинаково удалены от вертикальной плоскости проекции ( $Y_s = 12l$  м);

б) все фронталы в пределах данной проекции непрерывны;

в) при правильном выборе положения оазиса фотографирования фронталы не пересекаются, их пересечение говорит о том, что одна форма рельефа закрывает другую;

г) фронталы, изображающие равномерный склон (участок В), параллельны друг другу, их наклон к горизонту (угол  $\gamma$ ) тем больше, чем больше угол  $\beta$  между плоскостью ската и вертикальной плоскостью проекции;

д) фронталы, замыкающиеся в пределах чертежа, обозначают или нависающий над обрывом выступ (точка N), или западающую в обрыв котловину (точка К). Выступ или впадина означаются по отстояниям характера их точек и близлежащих фронталей;



в)  $V$  - образные фронталы обозначают линию (линии  $11'$  и  $11''$  оси ортогональн) и, наоборот,  $A$  -образные - хребет (линия  $PQ$  - водораздельная линия, проходящая по хребту);

ж) подразделяющие линии и оси линии пересекаются фронтальн под прямым углом (точка  $R$ );

з) как правило, точки и отметки на проекции больше отстоят, имеют и большие отметки (исключение п.5);

и) расстояния на проекции между фронтальями ( $6v$ ) и их ориентировка (углы  $\gamma$ ) характеризуют крутизну ската.

При одинаковых углах  $\gamma$  или при  $\gamma = 0$  промежутки между фронтальями тем больше, чем больше угол наклона ската  $\alpha$  к горизонтальной плоскости проекции (участок  $B$  круче участка  $A$ );

к) оптимальной ориентировкой для вертикальной плоскости проекции (осеи фотографирования) будет та, при которой заложения между фронтальями максимальны.

8. При разбивке базисов фотогеодезичной съемки для создания вертикальных проекций рельефа выполняются требования, изложенные выше.

При рекогносцировке по картографическим материалам малого масштаба плоскости проекции ориентируют так, чтобы направлением простирания рельефа отдельных участков составили с выбранным направлением возможно меньшие углы.

На местности базисы фотографирования разбивают ориентированными по участкам так же, как и выбранное направление плоскости проекции.

4. Вертикальные проекции рельефа на существующих приборах создаются:

а) графоаналитически;

б) при приборах воздушной стереофотограмметрии (стереопланиграф и др.).

Графоаналитический способ включает следующие этапы:

а) на стереоскопическом приборе наблюдают все характерные точки рельефа и вычисляют их фотограмметрические координаты (приложение 22);

б) проекции составляют на основе в виде сетки квадратов ( $10 \times 10$  или  $5 \times 5$  см). С помощью палетки-координатометра или осевого координатного графа по координатам  $X_{\phi}$ ,  $N_{\phi}$  ( $Z_{\phi}$ ) характерные точки показывают на проекции и выписывают отметки  $U_{\phi}$ .

в) по характерным направлениям показывают линии интервалов, на которых определяют положение промежуточных фронталей;

г) точки, имеющие одинаковые отметки, соединяют линиями одноименных фронталей.

При создании единой вертикальной проекции для участка, ската и в нескольких базисов, все координаты точек вычисляют в системе координат крайнего чьею  $0$  зиса фотографирования.



На стереокомпараторе можно сразу снять точки фронтоидей.

Перспективные проекции по материалам фотодокументной съемки наиболее эффективно строятся на стереоприборах воздушной стереофотограмметрии, так как схема построения фронтоидей аналогична схеме построения по аэроснимкам горизонталей. С точки зрения фотограмметрии обе извилины являются линиями равных параллаксов.

Снимки на стереоприборах ориентируют по контрольным точкам. На стереопланиграфе нормально ориентированную модель создают обычными приемами, по оси стереопланиграфа включают как при обработке аэроснимков.

Сводку проекций полученных на стереопланиграфе, подготавливают в процессе вычерчивания фронтоидей. Для первого левого базиса расчетное отстояние

$$Y_p = Y_{\phi} - 0,5f.$$

Если данный базис отстоит от левого крайнего базиса на величину  $\Delta Y$  то

$$Y_p = Y_{\phi} - 0,5f \pm \Delta Y.$$

Построение проекции монтируют с учетом координат контрольных точек отдельных проекций.

Маршрутные базисы можно обрабатывать сразу на приборе сплошным массивом, перемещением основы на столе координатографа в соответствии с координатами  $X_{\phi}$  и  $Z_{\phi}$  ( $H_{\phi}$ ) центров отдельных проекций.

5. При проектировании трассы по вертикальной проекции рельефа решают следующие задачи:

**О п р е д е л е н и е к о о р д и н а т и в ы с о т т о ч е к.** Отметим точки местности измерением в масштабе расстояний от горизонтальных линий координатной сетки до искомым точек. Если вертикальное расстояние ( $nd$ ), измеренное по проекции от точки  $n$  до горизонтальной линии с отметкой 250, равно 12,7 мм = 0,0127 м, от отметка

$$H_n = 259,00 - 0,0127 \cdot 200 = 247,46 \text{ м.}$$

Абсциссы соответственно определяют по расстояниям до точек от вертикальных линий координатной сетки. Для той же точки  $n$  измерено горизонтальное расстояние  $CP = 6$  мм; тогда

$$X_n = + 40,00 + 0,006 \cdot 200 = 41,20 \text{ м.}$$

Составление продольных разрезов и проектирование трассы в плане. Укладка трассы по вертикальной проекции рельефа начинается с создания продольных разрезов. Если по данным предварительного проекта известны углы отклонения  $\delta$  отдельных участков трассы от направления базиса

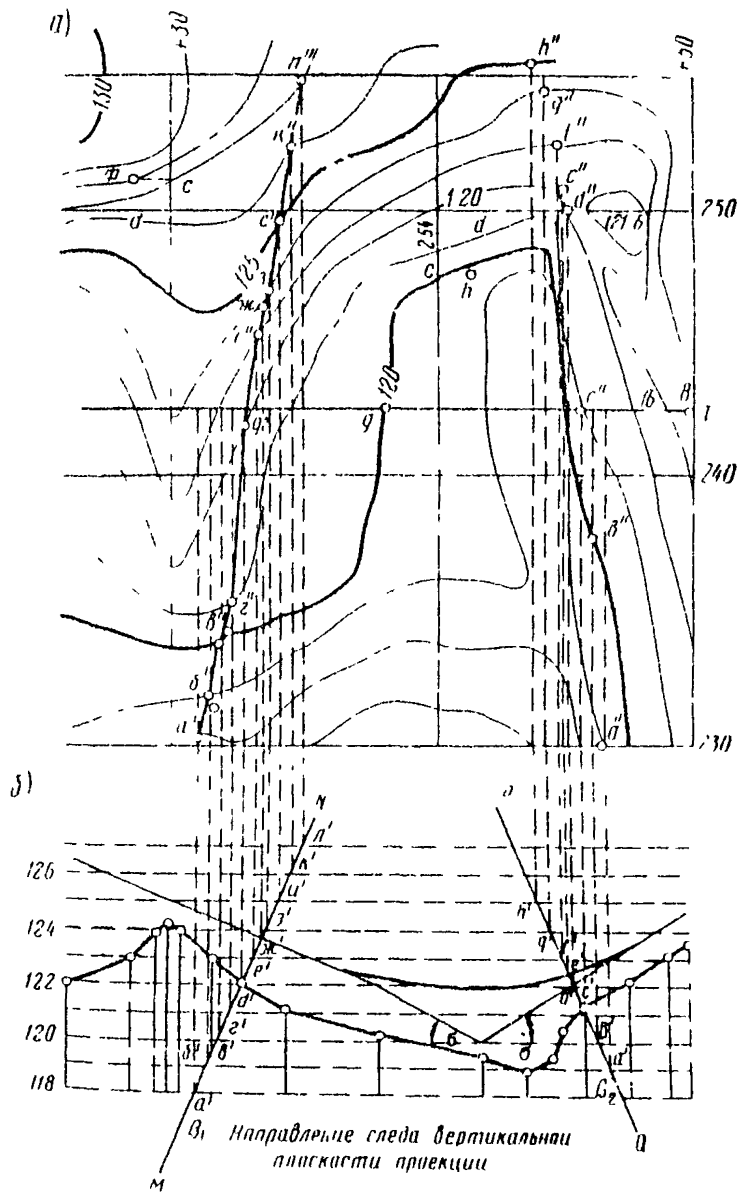


Рис. 8

фотографировании (плоскости проекции), точки склада скажи и и.

$$t_{\text{раз}} = t_{\text{тр}} \sin \delta$$

Положение первой точки продольного разреза определяется как в п. 33.

Когда положение следа секущей плоскости продольного разреза на проекция определено (I-I на рис. 3, а и MN на рис. 4), строят разрез. На горизонтальной прямой откладывают расстояния между точками пересечения секущей плоскости с фронтальными и другими характерными точками (оси дорог, хребты и т.д.), у точек выписывают их отрезки. На пер-

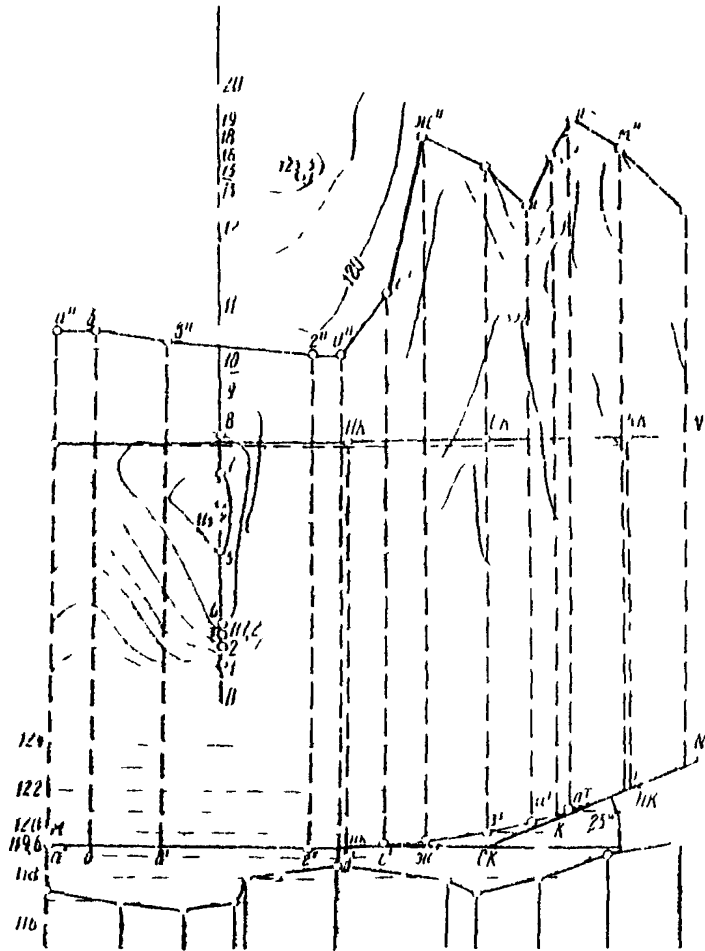


Рис. 4

перпендикулярах, восстановленных из точек на прямой, откладывают в заданном масштабе  $M_y$  отстояния. Полученные точки соединяют прямыми линиями. Построение продольного разреза можно ускорить, расположив его в проекционной связи с вертикальной проекцией, т.е. так, чтобы обе проекции на одной вертикали имели одинаковые абсциссы.

На совданных продольных разрезах — горизонтальном на рис.3 и наклонном на рис.4 — укладывают трассу и выполняют подготовительные работы для съемки поперечников.

По проекту плане линии и уклонам, принятым при трассировании, может быть построена вертикальная проекция трассы. При этом вычисляются для прямых участков трассы отметки точек начала (НК) и конца (КК) кривых, на кривых дополнительно отметкам середины кривой (СК) (см.рис.4). По вычисленным отметкам точки трассы строят на вертикальной проекции рельефа и соединяют прямыми линиями.

С о с т а в л е н и е п о п е р е ч н ы х п р о ф и л е й. Возможны три варианта расположения плоскости поперечного профиля относительно вертикальной плоскости проекции: плоскость поперечника перпендикулярна плоскости проекции, параллельна плоскости проекции, имеет произвольную ориентировку.

В каждом случае методика съемки профиля имеет свои особенности.

Если плоскость поперечника перпендикулярна вертикальной плоскости проекции, след секущей плоскости на проекции — вертикальная прямая линия (АВ на рис.4, а). При построении такого профиля на стандартном листе миллиметровой бумаги прочерчивают вертикальную линию и откладывают на ней расстояния между фронталями в характерными точками. У точек выписывают их отстояния, отложив которые получают точки поперечного профиля (рис.5).

При плоскости поперечника, параллельной плоскости проекции, известно отстояние  $Y_n$ , постоянное для всех точек: если оноратно интервалу сечения фронталей  $\Delta Y$ , то очертание поперечника дает фронталь, имеющую то же отстояние. Для любых других значений  $Y_n$  точки поперечника определяют по интерполяции.

В общем случае трасса отклонена от вертикальной плоскости проекции на угол  $\delta$ .

Плоскость поперечника проекции составит при этом с плоскостью вертикальной проекции угол  $\beta$ , равный

$$\beta = 90^\circ - \delta.$$

Горизонтальные следы секущих плоскостей MN и PQ представлены на рис.3.б.

Точки профиля на вертикальной проекции будут находиться на пересечении одноименных фронталей секущей плоскости и вертикальной плоскости проекции.

Заложение фронтали секущей плоскости в масштабе вертикальной проекции  $1 : m$  равно

$$a'_1 = \frac{\Delta Y}{m} \operatorname{ctg} \beta.$$

Расстояние  $l$  между точками искомого профиля в отстояниях кратными интервалу сечения рельефа  $\Delta Y$ , определяется по формуле

$$l = \frac{\Delta Y}{m} \operatorname{cosec} \beta$$

Если горизонтальный след поперечника и вертикальная проекция рельефа находятся в проекционной связи профиль строит в следующем порядке.

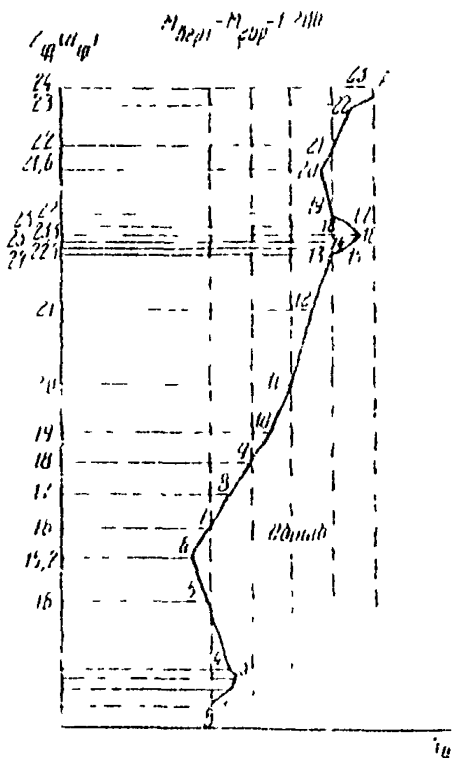


Рис. 5

пересечения в точке  $A''$  с одноименной фронталью на вертикальной проекции рельефа. Затем циркулем-измерителем берут расстояние от горизонтальной линии  $I-I$  до полученной точки  $A''$  и откладывают на миллиметровой бумаге от линии  $i-i$  на вертикали, влевою то же отстояние  $Y_A = 127$  м.

Таким образом строят остальные точки поперечника.

На листе бумаги (рис. 6)

проводит ряд вертикальных линий. Расстояние между ними  $l$  равно вычисленным. Для поперечника  $AK$   $16 + 20$

$l_1 = a'b - b'b \dots$ , для поперечника  $AK$   $16 + 38$  расстояние

$$l_2 = a'b' = b'b' \dots$$

Вертикальные линии откладывают вниз для точек, отстояний которых меньше отстояния точки пересечения горизонтального следа поперечника с линией продольного разреза.

Ось пути показывают вертикальной линией  $A$ , отстояние которой соответствует отстоянию оси на плане трассы  $Y_M = 123,7$  м;  $Y_0 = 122,3$  м.

Из точки пересечения следа поперечника и проекции фронтали (например, точки  $A'$ , ищущей отстояние  $Y_A = 127$  м) восстанавливают перпендикуляр до

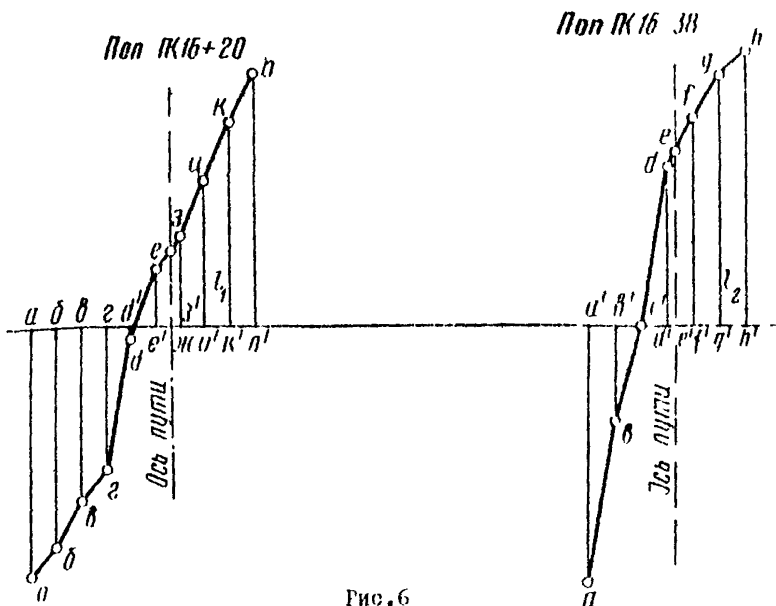


Рис.6

Составление продольного профиля по оси трассы. Продольные профили по оси пути строят так же, как поперечные (см.рис.4).

Если трасса — прямая линия, параллельная плоскости проекции, продольный профиль представляет собой линию на проекции отстояния точек которой равно отстоянию трассы ( $a'' \dots б''$ ) на участке между точками М—Н, полученному по интерполяции.

На вертикальной проекции определяют точки, имеющие отстояния, краиние интервалу сечения (точки З'', К'', М'' и Н''). Если построенные точки не отражают всех перегибов профиля, из характерных мест изгибов фронтоалей, расположенных между уже полученными точками, опускают перпендикуляры к трассе и определяют отстояния точек трассы, соответствующие изгибам фронтоалей. Затем проведенный перпендикуляр сверху ограничивается точкой, интерполированное отстояние которой равно отстоянию точки трассы. Например, по перпендикуляру, опущенному из логга (равно точки Н'') определено, что точка трассы на этом изгибе имеет отстояние 120,6 м. Значит, окончательную точку Н'' надо разместить на перпендикуляре, интерполируя между фронтоалеями 120 и 121 м.

Подобным образом получены точки профиля Ж'' и Л''.

Продольный профиль (рис.7) строится следующим образом. На прямой откладывают расстояния с плана трассы  $a'b', б'б' \dots м'н'$ , а в соответствующих точках превышения над проектной линией — наносят с вертикальной проекции рельефа.

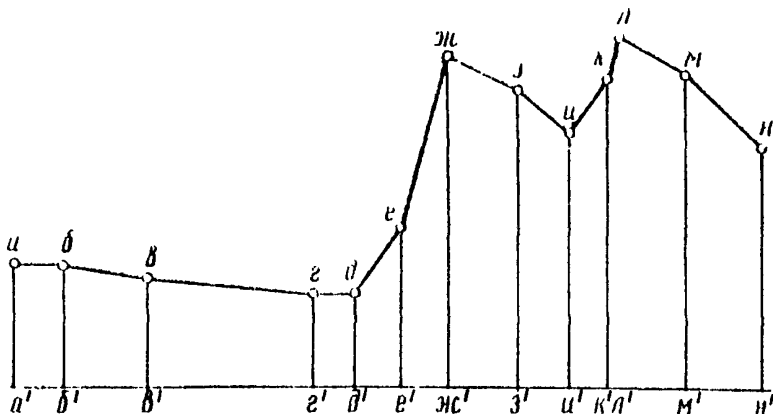


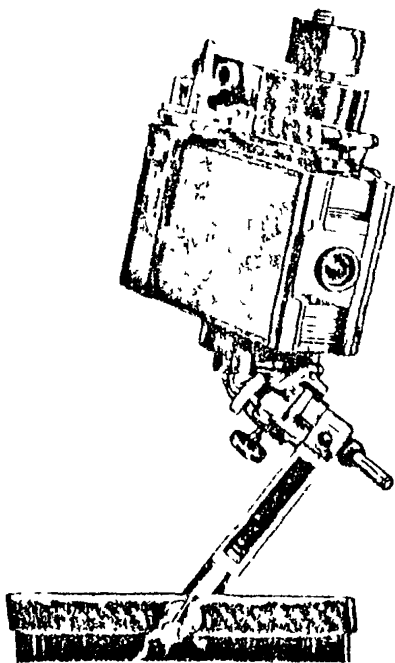
Рис.7

Помимо задач, сопровождающих трассирование дорог, применение вертикальных проекций рельефа рекомендуется:

- для подсчета объемов работ по поперечным профилям, отстояниям характерных точек проекции, а также для обозначения границы земляных работ по красным проектам отстояниям;
- при проектировании противообвальных сооружений и обрушения нависающих частей обрывов, подсчете проектных и фактических объемов при взрывах на оброс или обрушение;
- для инженерно-геологической характеристики обнажений, выходов пород, обросов и других геологических явлений в районе трассы.

**СТРУБЦИНА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ФОТОТЕОДОЛИТА К ОПОРЕ**

Сконструированная и изготовленная ЦНИИОм струбцина (см. рисунок) предназначена для пространственного ориентирования и крепления фото-теодолита к любым предметам, используемым в качестве опоры для фото-графирования.



Струбцина снабжена червячными шестернями с микрометрическими винтами, позволяющими вращать и наклонять фотокамеру в любых направлениях.

Дополнительное ориентирующее устройство струбцины позволяет при производстве фотосъемки с точностью до  $1^0$  устанавливать заданные величины угловых элементов внешнего ориентирования в пределах  $\alpha = \pm 30^0$ ,  $\omega = \pm 30^0$ , и  $\kappa = \pm 90^0$ . Дополнительное устройство состоит из подвижного уровня со шкалой углов в градусах, фиксирующего посредством переключающего устройства угловые элементы внешнего ориентирования.

Струбцина снабжена также переходной втулкой, позволяющей использовать механизмы наклонов и поворотов при съемке со стан-

дартных геодезических штативов.

Опытно-производственные работы показали, что струбцина надежно крепится к любым деталям сооружений, используемых в качестве опоры, и позволяет уменьшить взаимные углы наклонов и поворота снимков стереопары до  $1-2^0$ , благодаря чему качество стереоскопических наблюдений снимков значительно повышается.

Конструктивно струбцина проста и не требует специальных юстировок.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Б л о х и н Н.А. Стереофотограмметрическая наземная съемка. М., ОНТИ, 1937.
2. К о н ш и н М.Д. Аэрофотограмметрия. М., "Недра", 1967.
3. К и р и л л е в и к о в В.С., Б р у е в и ч П.П. Составление фронтальных планов и профилей по материалам фототеодолитной съемки. М., "Недра", 1970.
4. Л о о а н о в А.Н. Фототопография. М., "Недра", 1968.
5. И в а н к р а т ь е в Ю.П., П у з а н о в Б.С., С е р - д ы к о в В.М. Инженерная фотограмметрия. Львовский университет, 1964.
6. С к и р и д о в А.С. Стереофотограмметрия. М., Геодезиздат, 1959.
7. Т р у н и н А.П., Ф и н а р е в с к и й И.П., Ч и с - т я к о в С.В. Фототеодолитная съемка в крупных масштабах. М., "Недра" 1970.