ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ГЕОДЕЗИИ
И КАРТОГРАФИИ
ПРИ
СОВЕТЕ МИНИСТРОВ
СССР

РУКОВОДСТВО

ПО ТОПОГРАФИЧЕСКИМ СЪЕМКАМ В МАСШТАБАХ 1:5000 1:2000 1:1000 1:500

ФОТОТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА

gost.e-ecolog.ru

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ
ГЕОДЕЗИИ
И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ
СССР

РУКОВОДСТВО

ПО ТОПОГРАФИЧЕСКИМ СЪЕМКАМ В МАСШТАБАХ 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500

ФОТОТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА

Рекомендовано Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР при производстве фототеодолитной съемки



МОСКВА «НЕДРА» 1977

УДК 528.489:528.7(022)

Руководство по топографическим съемкам в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500. Фототеодолитная съемка. М., «Недра», 1977, 135 с. (Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР).

В руководстве отражена единая технология создания крупномасштабных топографических карт методом наземной стереофотограмметрической (фототеодолитной) съемки, которая нашла одобрение различных организаций. Представлены основы фототеодолитной съемки и рабочие формулы, освещены вопросы составления проекта съемки и подготовки инструментов, оборудования и материалов, приведен порядок выполнения полевых работ, включающий операции от рекогносцировки участка до оформления полевых материалов. Рассмотрена технология производства предварительных камеральных работ, содержащая определение координат корректурных точек различными способами, описано составление плана на приборах универсального типа. В приложениях представлены описания современных приборов, их юстировки и поверки, а также необходимые образцы журналов.

Руководство предназначено для предприятий и организаций всех ведомств, занимающихся топографической съемкой.

Табл. 26, ил. 53.

Р $\frac{20701-103}{043(01)-77}$ 65—77

© Издательство «Недра», 1977

ПРЕДИСЛОВИЕ

В связи с хозяйственным освоением горных районов страны, увеличением объемов гидротехнических изысканий и маркшейдерских съемок открытых разработок полезных ископаемых и других видов инженерно-геодезических работ наземная стереофотограмметрическая (фототеодолитная) съемка должна получить еще более широкое применение.

Фототеодолитная съемка обладает рядом существенных достоинств по сравнению с обычно применяемыми методами наземных съемок (мензульным и тахеометрическим) и позволяет снимать недоступные участки, значительно уменьшать объем полевых работ, повышать детальность и точность карт и планов, снижать общую стоимость топографо-геодезических работ.

С целью установления единой технологии создания крупномасштабных топографических карт методом фототеодолитной съемки Научно-исследовательский институт прикладной геодезии (НИИПГ) составил данное Руководство, где даны рекомендации по выполнению всех видов работ от проектирования до составления топографических карт, приведены описания современных фотограмметрических приборов.

При создании Руководства использована книга А. П. Трунина, И. И. Финаревского, С. В. Чистякова «Фототеодолитная съемка в крупных масштабах» (М., «Недра», 1970) и другая справочная литература, при этом внесены определенные изменения на основе опыта работ организаций ГУГК (Союзмаркштрест, Предприятия № 4 и 12, Арм. ГИИГИС и др.) и Новосибирского инженерно-строительного института (НИСИ).

ГЛАВА 1

ОСНОВЫ ФОТОТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

При наземной стереофотограмметрической съемке топографическую карту (план) составляют по фотоснимкам местности, полученным при фотографировании с земной поверхности. Участок местности фотографируется с двух точек. Полученные при этом два снимка одного и того же участка местности составляют стереопару.

В основу метода фототеодолитной съемки положены геометрические соотношения между положением определяемых точек и их изображениями на стереопаре.

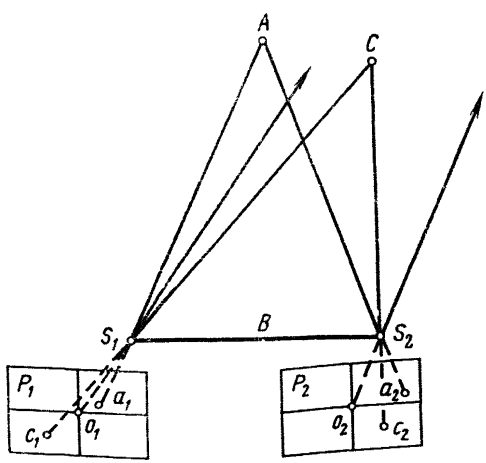


Рис. 1. Элементы стереопары

Элементы стереопары (рис. 1):

— левый P_1 и правый P_2 снимки;

— центры проекций левого S_1 и правого S_2 снимков — узловые точки объективов камер;

— базис фотографирования $B=S_1S_2$ — прямая, соединяющая центры проекций снимков;

— связки лучей a_1S_1A; c_1S_1C; a_2S_2A; c_2S_2C — совокупности проектирующих лучей, создающих изображение на снимках;

— главные лучи S_1o_1, S_2o_2 — лучи связок, перпендикулярные плоскостям снимков;

— главные точки o_1 и o_2 — точки пересечения главных лучей со снимками;

— соответственные (идентичные) точки a_1 и a_2, c_1 и c_2 — изображения одной и той же точки местности на снимках стереопары;

— соответственные лучи S_1a_1, S_2a_2 — проектирующие лучи соответственных точек;

— фокусные расстояния снимков $f_1=S_1o_1$ и $f_2=S_2o_2$.

Положение любой точки местности при фототеодолитной съемке определяется прямой засечкой, образуемой проектирующими лучами с левой и правой точек базиса. Такая засечка называется прямой пространственной фотограмметрической засечкой. Например, положение точки местности A можно определить, если известно положение проектирующих лучей этой точки a_1S_1A и a_2S_2A (см. рис. 1). Поверхность, образованная совокупностью точек пересечения проектирующих лучей, называется моделью.

Фотографирование выполняется специальными камерами (фототеодолитами), снабженными ориентирным устройством и уровнями, что позволяет установить камеру в необходимое положение.

Определение координат точек местности и составление плана производится в камеральных условиях и выполняется при обработке стереопары на фотограмметрических приборах. Фотограмметрическая засечка на фотограмметрических приборах решается автоматически, при этом можно не только получать координаты отдельных точек, но и вычерчивать контуры и горизонтали.

1.2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ. ЭЛЕМЕНТЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ. СВЯЗЬ МЕЖДУ КООРДИНАТАМИ ТОЧЕК СНИМКА И МЕСТНОСТИ

Координаты точек на снимке измеряют в прямоугольной системе координат $x'o'z'$ (рис. 2). Линии $x'x'$ и $z'z'$, соединяющие изображения координатных меток, определяют положение осей прямоугольной системы координат $x'o'z'$. Началом координат является точка o' пересечения координатных осей.

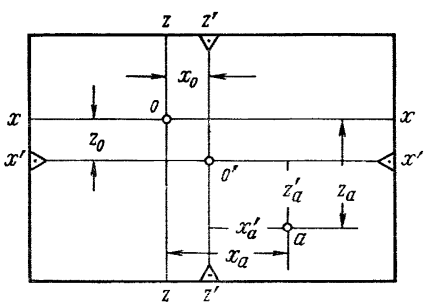


Рис. 2. Система координат снимка

При изготовлении фототеодолита координатные метки устанавливаются так, чтобы обеспечивалось совпадение точки o' с главной точкой снимка o. Поэтому координаты главной точки x_0 и z_0 обычно равны нулю.

Если по каким-либо причинам в момент фотографирования фотопластинка неплотно прижимается к прикладной рамке камеры (рис. 3), то фокусное расстояние снимка $f=So$ отличается от фокусного расстояния камеры $f_к=So'$, а главная точка o оказывается смещенной относительно пересечения координ-

натных осей o' на величины x_0 и z_0. Тогда координаты x и z вычисляют по формулам:

$$x_a = x_a' - x_0,$$

$$z_a = z_a' - z_0.$$

Координаты точек местности определяются в геодезической системе XYZ.

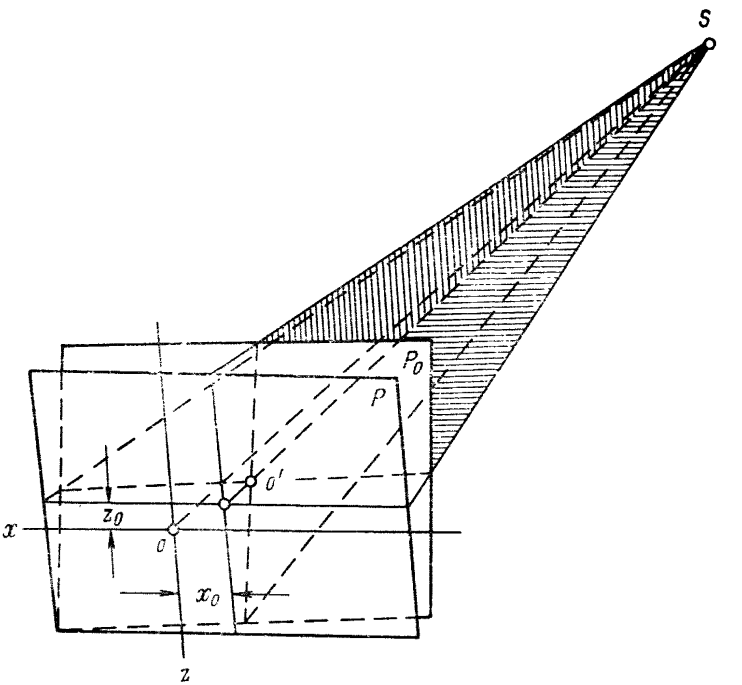


Рис. 3. Влияние неприжима фотопластинки на изменение фокусного расстояния и смещение главной точки фотоснимка

При переходе от системы координат снимка xz к геодезической системе в качестве промежуточной используют фотограмметрическую систему координат X_Φ, Y_Φ, Z_Φ с началом в центре проекции левого снимка (точка S_1, рис. 4); ось Y_Φ — проекция главного луча левого снимка на горизонтальную плоскость; ось X_Φ лежит в горизонтальной плоскости и направлена перпендикулярно к оси Y_Φ; ось Z_Φ перпендикулярна к плоскости $X_\Phi Y_\Phi$.

Для определения координат точек местности по снимкам необходимо найти положение связок проектирующих лучей, которое они занимали в момент фотографирования.

Величины, определяющие положение связок, называются элементами ориентирования снимка. Различают элементы внутреннего и внешнего ориентирования.

Элементы внутреннего ориентирования позволяют восстановить связку проектирующих лучей, соответствующих данному снимку. К элементам внутреннего ориентирования относится фокусное расстояние $f_к$ съемочной камеры и координаты x_0 и z_0 главной точки снимка.

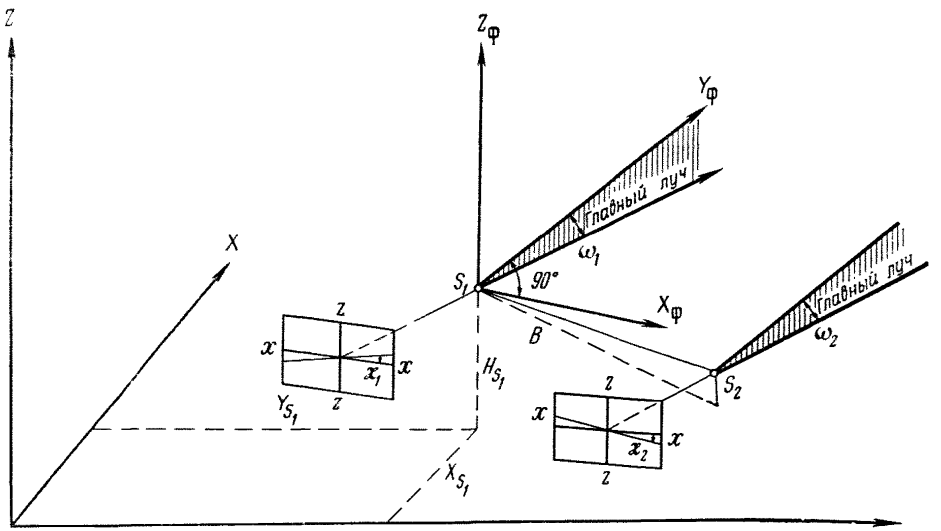


Рис. 4. Элементы внешнего ориентирования стереопары

Положение связок проектирующих лучей относительно геодезической системы координат определяется двенадцатью элементами внешнего ориентирования снимков.

К ним относятся (см. рис. 4):

X_{S_1}, Y_{S_1}, Z_{S_1} — координаты центра проекции на левой съемочной точке;

ω_1 — угол наклона главного луча левого снимка;

$\varkappa_1$ — угол поворота левого снимка в своей плоскости;

φ_1 — угол скоса левого снимка, равный углу между проекцией главного луча снимка на горизонтальную плоскость и перпендикуляром к проекции базиса на ту же плоскость (рис. 5) (при отклонении главного луча вправо от перпендикуляра к базису угол скоса положительный, при отклонении влево — отрицательный);

α_B — дирекционный угол базиса (с левой точки на правую);

B — проекция базиса фотографирования на горизонтальную плоскость XY;

ΔH — превышение правого конца базиса над левым;

ω_2 — угол наклона главного луча правого снимка;

$\varkappa_2$ — угол поворота правого снимка в своей плоскости;

γ — угол между проекциями главных лучей снимков на плоскость XY (см. рис. 5), равный разности углов скоса правого и левого снимков ($\gamma=\varphi_2-\varphi_1$); при положительном значении угла γ главные лучи сходятся и образуют угол конвергенции при отрицательном — главные лучи расходятся и образуют угол дивергенции.

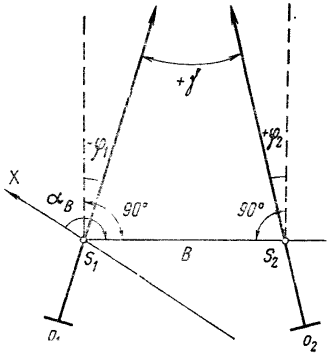


Рис. 5. Углы скоса и конвергенции

Координаты X_{S_1}, Y_{S_1}, Z_{S_1} величины α_B и B определяют геодезическими методами; заданные углы скоса φ_1 и φ_2 устанавливают с помощью ориентирного устройства фототеодолита.

Углы ω и $\varkappa$ приводят к значениям, практически равным нулю, при помощи закрепленных на камере уровней; после установки пузырьков уровней на середину ось zz займет вертикальное, а ось xx — горизонтальное положение.

1.3. ВИДЫ СЪЕМКИ. РАБОЧИЕ ФОРМУЛЫ

В зависимости от расположения фототеодолита к объекту съемки различают пять основных видов (случаев) съемки: нормальный, равноотклоненный (скошенный), равнонаклоненный, конвергентный и общий (произвольный).

В нормальном виде съемки (рис. 6) главные лучи обоих снимков горизонтальны и перпендикулярны базису, а оси xx снимков горизонтальны, т. е.

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \omega_1 = \omega_2 = \varkappa_1 = \varkappa_2 = 0.$$

В равноотклоненном виде (рис. 7) главные лучи горизонтальны и параллельны между собой, но составляют с базисом некоторый угол, отличающийся от 90°, а оси xx снимков горизонтальны, т. е.

$$\varphi_1 = \varphi_2 \neq 0,\ \omega_1 = \omega_2 = \varkappa_1 = \varkappa_2 = 0.$$

В равнонаклоненном виде съемки главные лучи перпендикулярны к горизонтальной проекции базиса, но наклонены к горизонту на один и тот же угол, а оси xx снимков горизонтальны, т. е.

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varkappa_1 = \varkappa_2 = 0,\ \omega_1 = \omega_2 \neq 0.$$

В конвергентном (дивергентном) виде главные лучи горизонтальны, но не параллельны друг другу, и оси xx снимков горизонтальны, т. е.

$$\varphi_1 \neq \varphi_2,\ \gamma \neq 0,\ \omega_1 = \omega_2 = \varkappa_1 = \varkappa_2 = 0.$$

В общем виде снимки могут занимать произвольное положение, т. е.

$$\varphi_1 \neq \varphi_2,\ \omega_1 \neq \omega_2,\ \varkappa_1 \neq \varkappa_2.$$

Из перечисленных видов съемок в практике применяются главным образом нормальный и равноотклоненный (скошенный).

При нормальном виде съемки зависимость между фотограмметрическими координатами точек местности и координатами их изображений на снимках выражается следующими формулами:

$$Y_\Phi = \frac{Bf_к}{p}, \qquad (1.1)$$

$$X_\Phi = Y_\Phi \frac{x_1}{f} = \frac{Bx_1}{p}, \qquad (1.2)$$

$$Z_\Phi = Y_\Phi \frac{z_1}{f} = \frac{Bz_1}{p}, \qquad (1.3)$$

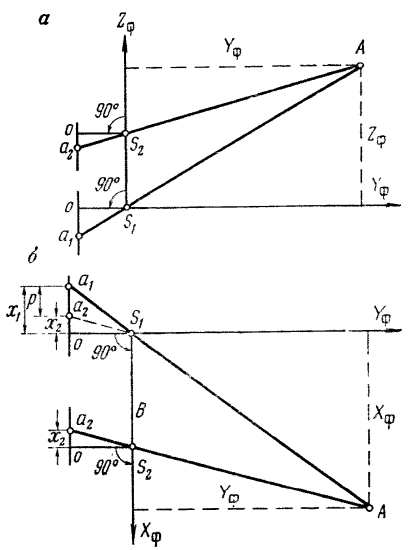


Рис. 6. Схема нормального вида съемки:
а — вид сбоку; *б* — вид в плане

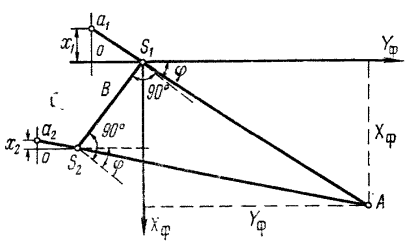


Рис. 7. Схема равноотклоненного вида съемки

где X_Φ, Y_Φ, Z_Φ — фотограмметрические координаты определяемой точки;

B — проекция базиса фотографирования на горизонтальную плоскость;

f — фокусное расстояние камеры фототеодолита;

x_1, z_1 — координаты определяемой точки на левом снимке;

p — продольный параллакс определяемой точки.

Параллакс p равен разности абсцисс изображений определяемой точки на левом и правом снимках стереопары, т. е.

$$p = x_1 - x_2. \tag{1.4}$$

При равноотклоненном виде съемки зависимость между фотограмметрическими координатами точек местности и их координатами на снимках выражается формулами:

$$Y_\Phi = \frac{f}{p}\left(B_{X_\Phi} + \frac{x_2}{f} B_{Y_\Phi}\right), \tag{1.5}$$

$$X_\Phi = Y_\Phi \frac{x_1}{f} = \frac{x_1}{p}\left(B_{X_\Phi} + \frac{x_2}{f} B_{Y_\Phi}\right), \tag{1.6}$$

$$Z_\Phi = Y_\Phi \frac{z_1}{f} = \frac{z_1}{p}\left(B_{X_\Phi} + \frac{x_2}{f} B_{Y_\Phi}\right), \tag{1.7}$$

где

$$B_{X_\Phi} = B\cos\varphi,$$

$$B_{Y_\Phi} = B\sin\varphi,$$

x_2 — координата определяемой точки на правом снимке.

Фотограмметрические X_Φ, Y_Φ, Z_Φ и геодезические X, Y, H координаты точек связаны зависимостью:

$$X = X_{S_1} + Y_\Phi \cos\alpha_1 - X_\Phi \sin\alpha_1, \tag{1.8}$$

$$Y = Y_{S_1} + Y_\Phi \sin\alpha_1 + X_\Phi \cos\alpha_1, \tag{1.9}$$

$$H = Z_{S_1} + Z_\Phi + \Delta H_R, \tag{1.10}$$

где X_{S_1}, Y_{S_1}, Z_{S_1} — геодезические координаты центра проекции левого снимка;

α_1 — дирекционный угол главного луча левого снимка, определяемый по формуле $\alpha_1 = \alpha_B - \varphi - 90°$;

ΔH_R — поправка за кривизну Земли и рефракцию.

Для перехода от геодезических координат к фотограмметрическим используют формулы:

$$X_\Phi = (Y - Y_{S_1})\cos\alpha_1 - (X - X_{S_1})\sin\alpha_1, \tag{1.11}$$

$$Y_\Phi = (X - X_{S_1})\cos\alpha_1 + (Y - Y_{S_1})\sin\alpha_1, \tag{1.12}$$

$$Z_\Phi = H - Z_{S_1} - \Delta H_R. \tag{1.13}$$

При обработке снимков на универсальных приборах задача перехода от фотограмметрических координат к геодезическим решается автоматически после выполнения процесса геодезического ориентирования стереомодели.

ГЛАВА 2

СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА СЪЕМКИ И ПОДГОТОВКА ИНСТРУМЕНТОВ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При решении вопроса о применении фототеодолитной съемки для топографического картирования следует исходить из физико-географических условий участка съемки. При этом надо учитывать следующее:

1) фототеодолитную съемку рекомендуется применять лишь в тех случаях, когда выполнять съемку методами аэрофототопографии нерентабельно или технически невозможно;

2) наибольший технико-экономический эффект фототеодолитная съемка дает в горной или высокохолмистой, преимущественно открытой местности со сложными формами рельефа, где производство мензульной или тахеометрической съемки затруднено, а в некоторых случаях и невозможно;

3) фототеодолитная съемка имеет большие преимущества перед другими наземными методами также в удаленных, малообжитых районах и местностях с неблагоприятными климатическими условиями (короткий полевой период, значительное количество осадков, низкие температуры, большие абсолютные высоты) вследствие того, что объем полевых работ при наземной стереосъемке в несколько раз меньше, чем при мензульной или тахеометрической съемке;

4) фототеодолитная съемка может быть успешно применена при составлении планов поселков или производственных комплексов, расположенных в нешироких долинах, окруженных возвышенностями;

5) применение фототеодолитной съемки на местности, сплошь покрытой на значительных участках лесом или густым кустарником, а также на слабо всхолмленных или равнинных участках, как правило, себя не оправдывает.

Таким образом, целесообразность постановки фототеодолитной съемки на каком-либо участке может быть установлена лишь на основании предварительного ознакомления с районом работ, в результате которого должно быть получено общее представление о характере и формах рельефа, видах и размещении растительного покрова, характере и размещении застройки и промышленных сооружений.

После того как целесообразность фототеодолитной съемки установлена, должны быть проведены подготовительные работы, которые включают составление проекта съемки, проверку и подготовку комплекта съемочных инструментов, а также подготовку необходимого оборудования и материалов.

2.2. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА СЪЕМКИ

Проект съемки состоит из пояснительной записки и графической части.

В пояснительной записке освещаются следующие вопросы:

1) местоположение и описание участка съемки (характер рельефа, виды и распределение растительности, застройка, метеорологические условия и пр.);

2) сведения о геодезической изученности участка, геодезическая опорная сеть, ее точность, наличие картографического материала и пр.;

3) расчеты, связанные со сгущением опорной сети;

4) перечень основных допусков по точности определения точек съемочного обоснования, рисовке контуров, рельефа и сводке стереопар (устанавливаются в соответствии с действующими инструкциями или рассчитываются в зависимости от целевого назначения съемки);

5) расчеты, связанные с фототеодолитной съемкой (этот раздел проекта должен составляться с учетом метода последующей обработки и наличия приборов для составления плана);

6) объемы работ по различным видам (для составления сметы).

Графическая часть проекта содержит:

1) схему размещения и геодезических определений пунктов геодезической опорной сети;

2) схему определений базисных и корректурных точек;

3) схему фототеодолитной съемки с указанием положения базисов фотографирования, корректурных точек, границ участков съемки с каждого базиса с выделением «мертвых» пространств.

При проектировании работ, связанных со сгущением геодезического обоснования, развитием съемочного обоснования, а также при решении вопросов разграфки трапеций (планшетов) следует руководствоваться действующей инструкцией по топографической съемке в соответствующем масштабе, а в отдельных случаях — особыми условиями в зависимости от назначения съемки.

Графическую часть проекта составляют на плане (карте). Наиболее удобным для проектирования следует считать при съемке в масштабах:

1 : 500 — план масштаба 1 : 2000,
1 : 1000 — » » 1 : 5000,

1 : 2000 — карту масштаба 1 : 10 000,
1 : 5000 — » » 1 : 25 000.

Составленный на такой основе проект служит материалом для рабочего проекта, который, как правило, составляют после полевой рекогносцировки.

При отсутствии топографической основы в нужном масштабе рекомендуется изготовить схематический план (карту) путем соответствующего увеличения наиболее детальной карты из имеющихся.

Если на участок работ есть аэроснимки, то их целесообразно использовать для дополнения и детализации контурной части карты, предназначенной для составления проекта. При отсутствии соответствующей карты рекомендуется аэроснимки применить для составления схематической топоосновы, которая может быть получена следующим способом.

Стереофотограмметрическим методом на снимках приближенно зарисовывают рельеф, после чего из них монтируют фотосхему. На последней камерально дешифрируют гидрографическую сеть, основные контуры, местные предметы и сооружения, после чего все полученные данные переносят в заданном масштабе на основу с соответствующим коэффициентом увеличения. Перенесение рельефа и ситуации с фотосхемы на основу лучше выполнять фотомеханическим путем.

Составление графической части проекта начинают с размещения базисов фотографирования (фотостанций). При этом прежде всего следует иметь в виду, что расстояние от базиса до дальней границы снимаемой площади не должно превышать некоторой предельной величины $Y_{пр}$.

В зависимости от заданной средней квадратической погрешности m_l точки в плане, фокусного расстояния съемочной камеры $f_к$ и глубины обрабатываемого участка L предельное отстояние $Y_{пр}$ может быть рассчитано по следующим формулам:

а) для нормального вида съемки

$$Y_{пр} = \frac{f_к m_l}{8 m_p}\left(\sqrt{1 - 16L\frac{m_p}{f_к m_l}} + 1\right), \qquad (2.1)$$

б) для равноотклоненного вида съемки

$$Y_{пр} = \frac{f_к m_l}{8 m_p} t_{min}\left(1 + \sqrt{1 - 16L\frac{m_p}{f_к m_l t_{min}}}\right), \qquad (2.2)$$

где m_p — средняя квадратическая погрешность измерения горизонтального параллакса;

$$t_{min} = \cos\varphi - \left|\frac{x_{2\,max}}{f_к}\sin\varphi\right|,$$

здесь x_{2max} — наибольшее значение фотокоординаты x_2 в пределах рабочей части стереопары.

Глубина L участка, план которого можно составить по стереопаре, не может превышать значений, вычисленных по формулам:

а) при нормальном виде съемки

$$L = \frac{f_к m_l}{16 m_p},$$

б) при равноотклоненном виде съемки

$$L = \frac{f_к m_l}{16 m_p} t_{min}.$$

Величину m_p принимают равной $\pm 0{,}01$ мм.

Средние погрешности m_l в положении на плане предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек съемочного обоснования в равнинной местности принимают равными $\pm 0{,}4$ мм, а в горной местности $\pm 0{,}7$ мм в масштабе плана. Коэффициент t_{min} при $f_к = 190$ мм и угле скоса $\varphi = 31{,}5°$ равен 0,69. Для нормального случая съемки, когда $\varphi = 0$, коэффициент $t_{min} = 1$.

Для съемки в условиях горной местности значения L и $Y_{пр}$ в метрах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вид съемки	Масштаб плана							
	1:500		1:1000		1:2000		1:5000	
	L	$Y_{пр}$	L	$Y_{пр}$	L	$Y_{пр}$	L	$Y_{пр}$
Нормальный	420	840	850	1700	1660	3320	4160	8320
Равноотклоненный . . .	290	580	550	1100	1120	2240	2860	5720

Обработка снимков наземной съемки производится на следующих приборах универсального типа: стереоавтограф (различных модификаций), стереопланиграф и стереометрограф (различных модификаций). Наиболее широкое применение получил стереоавтограф.

При составлении плана на универсальных приборах предельное расстояние $Y_{пр}$ не должно превышать максимального значения координаты $Y_ф$ прибора. В табл. 2 приведены максимальные значения координаты $Y_ф$ и базисных составляющих b_x и b_z для стереоавтографов, применяемых при наземной стереофотограмметрической съемке. $Y_ф$, b_x, b_z даны в миллиметрах плана с учетом двукратного (для стереоавтографа 1318) и пятикратного (для стереоавтографа 1318 EL) увеличения масштаба изображения на координатографе по сравнению с масштабом модели.

Таблица 2

Приборы	Максимальное значение в мм		
	$Y_ф$	b_x	b_z
Стереоавтограф 1318	800	120	20
Стереоавтограф 1318EL	2000	300	50

Таблица 3

Прибор	Вид съемки	$Y_{пр}$ при масштабах плана			
		1:500	1:1000	1:2000	1:5000
Стереоавтограф 1318	Нормальный . . .	400	800	1600	4000
	Равноотклоненный	400	800	1600	4000
Стереоавтограф 1318EL	Нормальный . . .	840	1700	3320	8320
	Равноотклоненный	1580	1100	2240	5720

В табл. 3 приведены значения $Y_{пр}$ с учетом данных табл. 1 и 2.

При использовании полученных таким образом значений $Y_{пр}$ некоторые мелкие объекты могут не изобразиться на снимках. В этом случае при полевых работах их доснимают с дополнительных базисов фотографирования.

Основная задача при составлении проекта — обеспечение съемки участка с минимумом «мертвых» пространств и при наименьшем количестве базисов. Для выполнения этих задач следует:

1) выбирать базисы на возвышенных участках местности, так как количество и размеры «мертвых» пространств уменьшаются с увеличением высоты точки стояния фототеодолита;

2) располагать базис таким образом, чтобы его наклон не превышал 10°;

3) проектировать съемку склона «в лоб», т. е. располагать главный луч снимка по возможности перпендикулярно к общему направлению горизонталей фотографируемого склона, что позволит получить на снимках лощины, овраги, промоины и другие элементы рельефа, которые могут не просматриваться при съемке со стороны; иногда целесообразно размещать фотостанции против отдельных оврагов, узких лощин и других элементов рельефа, осложняющих его общие формы;

4) избегать съемки с малых отстояний, учитывая, что при этом резко сокращается полезная площадь стереопары;

5) проектировать по возможности на каждом базисе съемку с нормальными и равноотклоненными (вправо и влево) осями; углы отклонения (скоса), как правило, целесообразно прини-

мать стандартные для данного фототеодолита (для фототеодолитов с $f_к=190$ мм стандартный угол скоса $\varphi=35^g=31°30'$);

6) иметь в виду необходимое перекрытие смежных стереопар соседних базисов фотографирования, которое должно быть в пределах от 20 до 50% в зависимости от сложности форм рельефа;

7) располагать базисы группами, что заметно сокращает затраты рабочего времени на геодезическую привязку фотостанций и собственно съемку;

8) учитывать, что расстояние до дальней границы стереопары не должно превышать величины $Y_{пр}$. Участки, съемку которых по условиям рельефа или каким-либо другим причинам не удается запроектировать с расстояний, не превышающих $Y_{пр}$, следует причислять к «мертвым» пространствам и доснимать другими способами.

После того, как место расположения базиса установлено, определяют необходимую длину его, при которой обеспечивается заданная точность плана.

Минимально допустимую длину базиса фотографирования вычисляют по формуле

$$B_{min}=\frac{Y_{пр}^2}{f_к m_l t_{min}} m_p. \qquad (2.3)$$

В табл. 4 даны значения базиса фотографирования, вычисленные по формуле (2.3) с учетом средних погрешностей в положении контуров m_l и данных табл. 3.

Рассчитав по формуле (2.3) значение длин базиса фотографирования для всех проектируемых на фотостанции стереопар, за окончательное значение принимают наибольшее B для данного базиса фотографирования и вычисляют расстояние Y_{min} до ближайшей границы съемки по формуле

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

По мере выбора базисов их наносят на проектную схему, на которой должны быть показаны:

1) положение и номер базиса, длина его и вид съемки;

2) границы площади, снимаемой с базиса каждым из видов съемки;

3) «мертвые» пространства;

4) зоны расположения корректурных точек.

Границы площади съемки для нормального вида и со стандартными углами отклонения удобно наносить при помощи двух палеток (одной для левой, другой для правой точек базиса) из прозрачного материала.

Палетку для левой точки базиса строят следующим образом (рис. 8, *а*).

Прочерчивают прямую AB (направление базиса при нормальном случае съемки) и из точки A строят перпендикуляр AY, который определяет направление оптической оси камеры на ле-

Таблица 4

Масштаб плана																				
1:500					1:1000					1:2000					1:5000					
Средние погрешности контуров, мм																				
0,4		0,7			0,4		0,7			0,4		0,7			0,4		0,7			
Вид съемки																				
$Y_{пр}$, км	N	LR	N	LR	$Y_{пр}$, км	N	LR	N	LR	$Y_{пр}$, км	N	LR	N	LR	$Y_{пр}$, км	N	LR	N	LR	
	базис, м					базис, м					базис, м					базис, м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0,10	3	4	2	2	0,10	1	2	1	1	0,2	3	4	2	2	0,2	1	2	1	1	
15	6	9	3	5	15	3	4	2	2	4	10	15	6	9	4	4	6	2	4	
20	10	15	6	9	20	5	8	3	4	6	24	34	14	20	6	10	14	5	8	
25	16	24	9	14	25	8	12	5	7	8	42	61	24	35	8	17	24	10	14	
30	24	34	14	20	30	12	17	7	10	1,0	66	95	38	54	1,0	26	38	15	22	
35	32	47	18	27	35	16	23	9	13	2	95	135	55	80	2	38	55	22	31	
40	40	60	25	35	40	20	30	12	17	4	130	185	75	105	4	52	75	29	43	
					45	25	40	15	22	6	170	245	95	140	6	67	98	38	56	
45	55	75	30	45	50	35	50	20	25						8	85	125	50	70	
50	65	95	40	55	55	40	60	25	35	8	215	310	120	175	2,0	105	150	60	90	
55	80	115	45	65	60	45	70	27	40	2,0	265	380	150	220	2	125	185	75	105	
60	95	135	55	80	65	55	80	32	45	2	320	460	180	265	4	150	220	85	125	
65	110	160	65	90	70	65	95	37	55	4	380	550	215	315	6	180	260	100	145	
70	130	185	75	105	75	75	105	42	60	6	445		255	370	8	205	300	120	170	
75	150	215	85	125	80	85	120	50	70	8	515		295	425	3,0	235	345	135	195	
80	170	245	95	140						3,0	590		340	490	2	270	390	155	225	
85	190	275	110	160	85	95	140	55	80	2	675		385	560	4	305	440	175	250	
90	215	310	120	180	90	105	155	60	90	4	760		435	630	6	340	495	195	280	
95	240	345	135	200	95	120	170	70	100	6	855		485	705	8	380	550	215	315	
00	265	380	150	220	1,00	130	190	75	110	8			545	785	4,0	420	610	240	350	
					05	145	210	85	120	4,0			600	870						
					10	160	230	90	130						2	465	675	265	385	
					15	175	250	100	150						4	510	740	290	420	

Продолжение табл. 4

Масштаб плана																				
1:500					1:1000					1:2000					1:5000				
Средние погрешности контуров, мм																				
0,4			0,7		0,4			0,7		0,4			0,7		0,4			0,7	
Вид съемки																				
$Y_{пр}$, км	N	LR	N	LR	$Y_{пр}$, км	N	LR	N	LR	$Y_{пр}$, км	N	LR	L	LR	$Y_{пр}$, км	N	LR	N	LR
	базис, м					базис, м					базис, м					базис, м			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
					20	190	275	110	155						6	555	805	320	460
					25	205	300	115	170						8	605	880	345	500
					30	220	320	125	185						5,0	660	955	375	545
					35	240		135	200						2	710	1030	405	590
					40	260		145	215						4	765	1110	440	635
					45	275		160	230						6	825	1195	470	685
					50	295		170	245						8	885	1285	505	735
					55	315		180	260						6,0	945	1375	540	785
					60	335		190	280						2	1010	1465	580	840
					65	355		200	295						4	1080	1560	615	895
					70	380		215	315						6	1145		655	950
					75	400		230	335						8	1215		695	1010
					80	425		245	355						7,0	1290		735	1070
					85			250	375						2	1365		780	1130
					90			270	395						4	1440		825	1195
					95			285	415						6	1520		870	1260
					2,00			300	435						8	1600		915	1325
															8,0	1685		960	1395
															2	1770		1010	1465
															4	1855		1060	1540
															6	1945		1110	1610
															8	2040		1165	1690
															9,0	2130		1220	1765

вой точке базиса. Из точки A под углом β к прямой AY проводят прямую AA', определяющую положение правой границы фотографируемого участка. (Для фототеодолита Phototheo 19/1318 угол β равен 23,5°). Затем из точки A под углами $-\varphi$

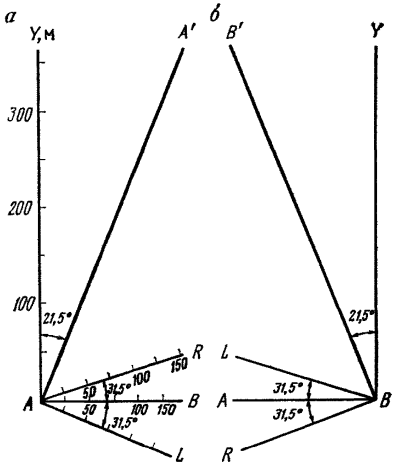


Рис. 8. Палетки для нанесения сектора съемки

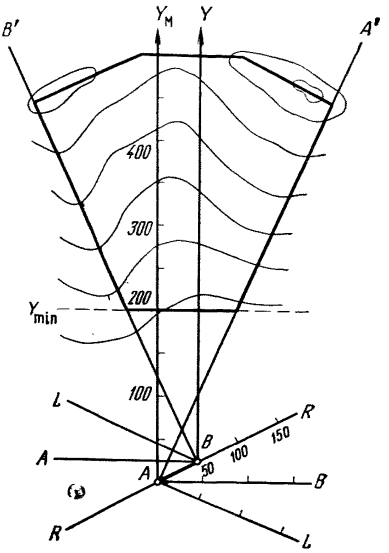


Рис. 9.

и $+\varphi$ к прямой AB проводят прямые AR, AL, определяющие положение базиса для стандартных случаев отклонения вправо и влево. На прямых AB, AR, AL строят шкалы длин базисов, а на оси AY — шкалу расстояний. Эти шкалы строят в масштабе карты, используемой для составления проекта.

Палетку для правой точки базиса (рис. 8, *б*) строят аналогично, но без шкал.

Для нанесения границ стереопары палетки укладывают на карту таким образом, чтобы точка A совпадала с левой точкой базиса; расстояние AB было равно рассчитанной длине базиса; направления, соответствующие виду съемки (на рис. 9 направления AR и BR), были совмещены, и отрезок AB совпал с направлением базиса. Затем на карте отмечают конечные точки базиса, а также боковые границы снимаемой площади (по линиям AA' и BB'). Ее ближнюю границу наносят по рассчитанной ранее величине Y_{min} перпендикулярно к оси Y.

Конечным точкам базиса присваивают порядковый номер с добавлением буквы A для левой точки и B — для правой. На-

пример, 25*A* — левая точка базиса № 25, 25*B* — правая точка того же базиса. Затем на схеме подписывают длину базиса и указывают виды съемки с него. Нормальный вид обозначают буквой *N*, отклоненный влево — *L* и вправо — *R*.

После того как базис выбран, необходимо проверить, достаточен ли вертикальный угол поля зрения камеры фототеодолита для съемки намеченного участка. Этот угол зависит от вертикального размера пластинки (по оси *Z*), фокусного расстояния камеры и от величины смещения объектива относительно центрального положения.

У фототеодолитов Photheo 19/1318 при центральном положении объектива вертикальный угол зрения составляет 34° (от —17 до +17°); кроме того, объектив может быть смещен относительно центрального положения на величину до 45 мм вниз и до 30 мм вверх, благодаря чему предельные углы наклона проектирующих лучей соответственно увеличиваются до —29° и +25°. Эту особенность следует учитывать при составлении проекта.

Для нанесения границ съемки в зависимости от превышения точек местности строят палетку (рис. 10): на листе плотной бумаги прочерчивают две взаимно перпендикулярные

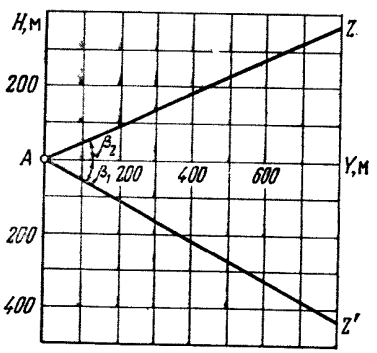


Рис. 10. Палетка для определения границ съемки по высоте

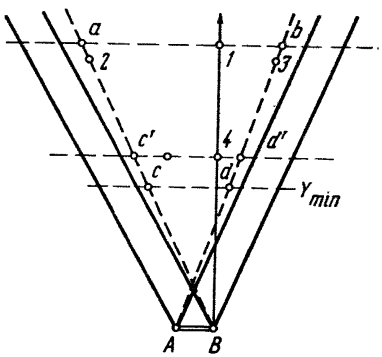


Рис. 11. Расположение корректурных точек в пределах стереопары

оси — ось отстояний *AY* и ось превышений *H*, под углами β_1 и β_2 к оси *AY* из точки *A* проводят прямые *AZ'* и *AZ*, ограничивающие сектор охвата съемкой по вертикали. Углы β_1 и β_2 являются предельными углами наклона проектирующих лучей.

Изображенная на рис. 10 палетка построена для фототеодолита Photheo, поэтому на ней $\beta_1 = -29°$, а $\beta_2 = +25°$.

На оси *Y* строят шкалу отстояний, а на оси *H* — шкалу превышений точек местности над точкой базиса. Обе эти шкалы строят в масштабе плана, на котором составляют проект.

Для установления границ охвата участка съемкой выбирают по карте наиболее возвышенные и наиболее низкие точки участка и определяют превышение каждой из них относительно базиса. Затем измеряют отстояние Y каждой точки от левой точки базиса. По измеренным отстояниям эти точки накладывают на палетку. Если все точки попадают в сектор съемки ZAZ', то весь участок может быть сфотографирован. Если же какая-либо точка попадает за пределы сектора, то это означает, что часть участка, расположенная около этой точки, выходит за границы поля зрения фототеодолита.

После нанесения на план базисов и границ участка съемки с каждого базиса приступают к размещению точек для корректуры модели. Здесь и далее под корректурой модели понимается устранение ее искажений, приведение к заданному масштабу и геодезическое ориентирование в принятой системе координат. Предназначенные для этих целей точки называются корректурными в отличие от контрольных точек, назначение которых — контроль корректуры модели и составления плана.

Рекомендуются две схемы обеспечения стереопары корректурными точками.

1. Если базис фотографирования измерен и положение левой его точки определено, то для надежной корректуры стереопары достаточно обеспечить ее тремя корректурными точками, расположенными на дальнем плане в углах стереопары и на правой оси съемки.

2. Если положение левой точки базиса фотографирования не определено или длина базиса не измерена, то на ближнем плане стереопары должна быть определена четвертая корректурная точка.

Рабочая площадь стереопары, обеспеченная тремя корректурными точками, показана на рис. 11 (четырехугольник $abdc$). Границами рабочей площади являются прямые, проведенные

1) с конечных точек базиса на точки *2* и *3*;

2) через наиболее удаленную корректурную точку перпендикулярно к осям Y;

3) на отстоянии, равном минимальной дальности обработки Y_{min}.

Для уменьшения общего количества корректурных точек на участке съемки рекомендуется располагать их в зонах перекрытия смежных стереопар. По мере выбора точки наносят на проектную схему расположения базисов.

На стереопарах, предназначенных для покрытия «мертвых» пространств внутри участка съемки, положение корректурных точек не проектируется.

Пример схемы расположения базисов и корректурных точек приведен в прилож. 1.

По окончании выбора базиса фотографирования и корректурных точек решаются вопросы привязки их к геодезической

опорной сети. Рекомендуется предусматривать геодезическую привязку всех базисов фотографирования. Исключение могут составлять базисы, предназначенные для съемки «мертвых» пространств, не примыкающих к границе участка, и базисы, геодезическая привязка которых затруднена и требует значительного объема полевых работ.

Координаты корректурных точек могут быть определены или из геодезических измерений, или фотограмметрическим способом. При выборе способа определения каждой из запроектированных корректурных точек следует учитывать сложность и трудоемкость геодезических работ, маркировку и необходимость производства дополнительных фототеодолитных работ.

Как правило, геодезический способ нецелесообразно применять в случаях, когда:

1) для геодезических определений точки необходимы большие пешие переходы на отдаленные пункты опорной сети;

2) производство геодезических измерений сопряжено с восхождением на труднодоступные вершины или с подъемами на значительные высоты;

3) надежное определение корректурной точки с имеющихся пунктов опорной сети невозможно и требуются трудоемкие геодезические работы по определению дополнительных пунктов.

Трудоемкость фотограмметрического способа сильно возрастает в тех случаях, когда для определения корректурных точек необходимо выбирать дополнительно специальные фотостанции, которые не нужны для рисовки рельефа и контуров.

Учитывая это и опыт производства фототеодолитных съемок, рекомендуется:

1) при съемках в масштабах 1 : 500 и 1 : 1000 корректурные точки определять преимущественно геодезическим способом;

2) при съемках в масштабах 1 : 2000 и 1 : 5000 часть пунктов, достаточно удобных для полевых геодезических работ и маркировки, определять геодезическим методом, остальные фотограмметрическим;

3) корректурные точки для всех дополнительных стереопар, предназначенных только для покрытия «мертвых» пространств, независимо от масштаба топографической съемки рекомендуется определять фотограмметрическим способом.

Геодезическая привязка базисных и корректурных точек проектируется в соответствии со следующими положениями:

1) геодезическое определение базисных и корректурных точек выполняется с соблюдением норм точности и методов, предусмотренных Инструкцией по топографическим съемкам в масштабах 1 : 5000—1 : 500 для пунктов съемочного обоснования;

2) для уменьшения объема геодезических работ следует стремиться к тому, чтобы наибольшее количество пунктов съе-

мочной сети совпадало с базисными или корректурными точками;

3) для каждого базиса достаточно определения координат только одной из его конечных точек (предпочтительно, если это не связано со значительным усложнением работы, определять левую точку базиса).

Фотограмметрическое определение корректурных точек может быть выполнено способом прямых засечек или «пикетным способом».

При определении точек прямыми фотограмметрическими засечками зона намеченного расположения каждой точки должна быть сфотографирована не менее чем с двух базисов, привязанных геодезическим способом, или с трех точек с известными координатами. Рекомендуемые схемы фотограмметрических определений показаны на рис. 12 (определяемая точка *M*). Базисы, используемые для определения точек, должны быть расположены так, чтобы углы засечки β_1 и β_2 (см. рис. 12) при

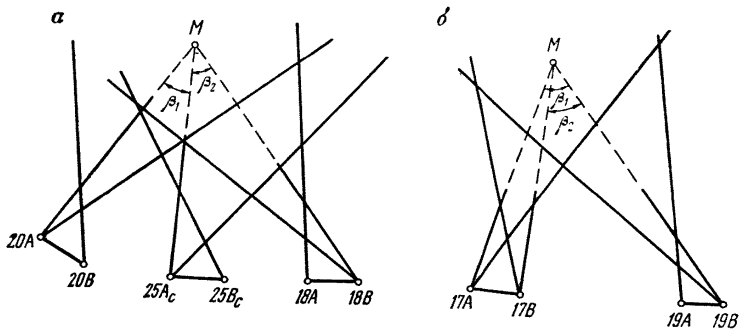


Рис. 12. Определение точек прямыми фотограмметрическими засечками:
а — с трех фотостанций; *б* — с двух фотостанций

определяемой точке были не менее 30° и не более 120°. Для определения корректурных точек следует использовать ранее запроектированные съемочные станции и только в случае необходимости выбирать дополнительные базисы. Эти базисы также следует нанести на проектную схему. На схеме рекомендуется подписывать их порядковые номера (аналогично съемочным базисам) с добавлением к номеру индекса «с», т. е. «специальный».

При определении корректурных точек «пикетным способом» используют стереопары, обеспеченные корректурными точками, полученными геодезическим путем или фотограмметрическими засечками. По стереопаре, называемой основной, в процессе камеральной обработки определяют корректурные точки для

дополнительных стереопар, покрывающих небольшие участки («мертвые» пространства), или для смежных стереопар, перекрывающихся с основной, но не обеспеченных корректурными точками. «Пикетным способом» корректурные точки определяют также для вспомогательной стереопары в случае съемки с какого-либо базиса при двух положениях объектива фототеодолита (вспомогательной в этом случае считается стереопара, предназначенная для обработки ближнего плана).

Все точки, определяемые фотограмметрическим путем, рекомендуется показывать на проектной схеме условным знаком, отличающимся от обозначения точек геодезической привязки, и подписывать порядковыми номерами с добавлением буквы «ф» (например, 15ф). Для удобства пользования проектной схемой при полевых работах целесообразно также дать различные условные знаки для точек, определяемых «пикетным способом».

2.3. ПОДГОТОВКА ИНСТРУМЕНТОВ, ОБОРУДОВАНИЯ И МАТЕРИАЛОВ

Надлежащая подготовка комплекта инструментов, оборудования и материалов, необходимых для проведения работ, в большой мере способствует успешному их выполнению. В большинстве случаев (особенно в малообжитых и удаленных районах) на месте работ отсутствуют необходимые условия для исправления и юстировок инструментов и материалы. Поэтому до выезда на участок работ следует:

1) тщательно проверить, отремонтировать и отъюстировать все инструменты;

2) составить перечень потребных материалов и оборудования с учетом материалов, которые можно получить на месте работ;

3) подготовить все инструменты, материалы и оборудование для транспортировки на участок работы.

В перечень инструментов для съемки входит:

1) фототеодолитный комплект;

2) теодолит для измерений, связанных с построением съемочного обоснования (с точностью отсчитывания по горизонтальному и вертикальному кругам не менее 10″);

3) нивелир технической точности с комплектом реек;

4) стальная рулетка (длиной до 50 м);

5) тесьмяная рулетка для измерения высоты инструмента;

6) мензульный комплект для досъемки «мертвых» пространств;

7) бинокль шести- или восьмикратного увеличения;

8) простейший угломер для рекогносцировки корректурных точек;

9) компас;

10) фотоэкспонометр.

Подготовку инструментов к полевым работам следует начинать с внешнего осмотра каждого инструмента для проверки исправности всех узлов и деталей, легкости и плавности движения подвижных частей и т. д.

После устранения обнаруженных неисправностей и укомплектования каждого прибора запасными принадлежностями должны быть произведены поверка, юстировка и исследование точности работы прибора. Описание поверок и исследований фототеодолитного комплекта дается в прилож. 2.

Перед выполнением фотографирования в каждую кассету должна быть вложена в качестве подложки использованная фотопластинка, при наличии которой обеспечивается более плотное прилегание основной фотопластинки к плоскости прикладной рамки съемочной камеры и уменьшается ее кривизна. Для того чтобы в кассете могли поместиться одновременно две стеклянные пластинки, отгибают угольники и подвижные лапки, удерживающие пластинки в кассете, предварительно сделав вырезы в пластинке, закрывающей подвижные лапки. В фототеодолитных комплектах последних выпусков необходимые конструктивные изменения кассет выполнены.

Для выполнения фотолабораторных, вычислительных и графических работ необходимо подготовить следующие приборы и принадлежности:

1) специальную палатку — фотолабораторию, если съемочный отряд размещается вне населенного пункта;

2) бачки (не менее трех) для фотолабораторной обработки негативов;

3) кюветы (не менее пяти) размером 300×400 мм;

4) фонарь с красным фильтром (или электролампу красного света); при отсутствии электрического освещения рекомендуется применять фонарь с питанием от батареи сухих гальванических элементов;

5) стеклянную посуду для составления и хранения проявителя и фиксажа;

6) простейшие весы с разновесом;

7) термометр технический;

8) копировальную рамку и копировальный прибор;

9) лупы (6—10×);

1) стереоскоп для топографического дешифрирования объектов на контактных отпечатках;

11) комплект эталонных снимков для оценки фотографического и фотограмметрического качества негатива;

12) инструменты и таблицы для вычислений (арифмометр, счеты, логарифмические линейки, таблицы логарифмов, таблицы натуральных значений тригонометрических функций, тахеометрические таблицы);

13) чертежные инструменты и принадлежности.

Для фототеодолитной съемки должны быть подготовлены следующие материалы:

1) химические реактивы для составления проявителя, фиксажа и растворов для исправления негативов;

2) фототеодолитные пластинки светочувствительностью 1—8 единиц ГОСТ; для разноцветных объектов рекомендуются пластинки нормальной контрастности, для однотонных — контрастные и сверхконтрастные; количество пластинок рассчитывается по проектному числу фотостанций с полуторакратным запасом на возможное увеличение фактического числа фотостанций, опытные съемки и пересъемки;

3) фотобумага (матовая и глянцевая) различных номеров контрастности;

4) материалы для изготовления маркировочных знаков на корректурных точках (фанера, ткань);

5) полевые журналы, вычислительная и чертежная бумага, калька и канцелярские принадлежности.

ГЛАВА 3

ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

3.1. РЕКОГНОСЦИРОВКА УЧАСТКА, ЗАКРЕПЛЕНИЕ И МАРКИРОВАНИЕ ТОЧЕК

Основная цель рекогносцировки — выявить необходимые изменения и внести дополнения в предварительный проект. В процессе рекогносцировки участка выполняют следующее:

а) определяют на местности границы участка съемки;

б) уточняют места расположения базисов фотографирования и корректурных точек;

в) намечают места расположения точек съемочного обоснования, не совпадающих с базисными или корректурными точками;

г) устанавливают границы рабочей площади для каждой стереопары;

д) уточняют границы участков, которые невозможно или по каким-либо причинам нецелесообразно снимать фототеодолитным способом;

е) составляют схему геодезических определений базисных и корректурных точек.

Все эти данные в процессе рекогносцировки наносят мягким карандашом на копию топографической карты, использованной при составлении предварительного проекта.

Рекогносцировку рекомендуется начинать с ознакомления с участком съемки путем осмотра его с командных высот. При этом определяют положение границ съемки на местности путем сличения контуров и характерных форм рельефа местности с картой. Затем изучают рельеф и ситуацию и простейшими способами наносят на карту отдельные детали рельефа, контуры и местные предметы, важные для съемки, но отсутствующие на карте. К ним относятся небольшие лощины, перегибы скатов, гребни и отдельные возвышенности, которые следует учитывать при выборе фотостанций, чтобы избежать при съемке «мертвых» пространств, а также участки застройки и участки, покрытые лесом или густым кустарником.

Далее в процессе изучения местности уточняют расположение фотостанций, корректурных точек, а также точек опорной и съемочной сети. Если при осмотре выясняется, что имеются

более удобные зоны для размещения базисов и корректурных точек, то эти зоны намечают на карте, а ранее запроектированные базисы и корректурные точки из проекта исключают.

После общего ознакомления с участком и выбора зон размещения базисов, корректурных точек и точек опорной сети приступают к детальному изучению участка с целью выбора базисов и корректурных точек. Для этого намечают ряд маршрутов с таким расчетом, чтобы побывать на всех местах предполагаемого расположения базисов (в том числе и на предназначенных для фотограмметрического сгущения), корректурных точек, определяемых геодезическим путем, и пунктов опорной геодезической сети. При обходе участка вначале надо выбирать местоположение съемочной станции, затем корректурные точки и базисы для фотограмметрического их определения, после чего прочие пункты съемочного обоснования, необходимые для геодезической привязки базисов и корректурных точек.

При выборе базиса необходимо учитывать следующие основные условия:

1) с концов базиса должен быть виден весь намеченный для съемки участок;

2) выбранные места должны быть удобны для установки фототеодолита и дальномерной рейки на штативе;

3) точки базиса следует располагать в местах, обеспечивающих их длительную сохранность;

4) геодезическое определение одной из точек базиса должно быть достаточно удобным, для чего следует выбирать ее на открытом возвышенном месте;

5) отклонение фактической длины базиса не должно отличаться от ее расчетного значения более чем на 20%;

6) направление базиса выбирают с таким расчетом, чтобы снять весь намеченный для съемки с этого базиса участок наименьшим количеством стереопар.

Для выноса в натуру направления базиса намечают с одной из точек базиса направление оптической оси камеры при нормальном случае съемки, а затем по перпендикуляру к ней выносят базис.

Конечные точки базиса закрепляют и, ориентируясь по местным предметам и формам рельефа, наносят одну из точек базиса на карту. Из этой точки проводят направление оптической оси камеры и перпендикулярно к ней или под соответствующим углом прочерчивают направление базиса и откладывают его длину. Далее на карту при помощи палеток (см. рис. 8) наносят уточненные границы съемки с данного базиса, а также прочерчивают направления на пункты опорной сети и съемочного обоснования, видимые с конечных точек базиса. Затем уточняют границы участков, попадающих в «мертвые» пространства, и намечают дополнительные базисы для их съемки.

Аналогично выполняют работы на каждой фотостанции.

Работа в зоне, намеченной для расположения корректурной точки, подлежащей геодезическому определению, заключается в выборе местоположения точки, ее закреплении и маркировке.

Корректурную точку выбирают с таким расчетом, чтобы она была хорошо видна с базиса фотографирования. После выбора точки на карте отмечают ее положение и прочерчивают направления на видимые с нее пункты опорной сети или съемочного обоснования (или зоны их намечаемого расположения).

По окончании рекогносцировки составляют две рабочие схемы: фототеодолитной съемки и геодезических определений пунктов съемочного обоснования, базисных и корректурных точек.

На схему фототеодолитной съемки наносят: границы участка съемки; расположение базисов фотографирования с указанием длины каждого базиса, его порядкового номера и видов съемки; контуры площади съемки с каждого базиса; контуры «мертвых» пространств и участков, подлежащих досъемке другими методами; положение корректурных точек, определяемых как геодезическим, так и фотограмметрическим методами.

На схему геодезических определений наносят базисные, корректурные точки и все прочие пункты съемочного обоснования с указанием их номеров и способов определения. Поскольку фототеодолитная съемка применяется обычно на горных участках, при составлении схемы рекомендуется ориентироваться на определение этих точек главным образом построением аналитических сетей и засечек.

Обе схемы изготавливают на копиях топографической карты, исправленных и дополненных данными рекогносцировки.

Пункты съемочного обоснования, базисные и корректурные точки закрепляют постоянными или временными центрами.

Количество пунктов, подлежащих закреплению постоянными центрами на каждой трапеции, определяют согласно Инструкции по топографическим съемкам или по особым требованиям. Все остальные геодезически определяемые точки закрепляют временными центрами.

В качестве временных центров для всех корректурных точек, а также для определяемых точек базисов рекомендуется применять железные трубки длиной от 30 до 60 см (в зависимости от твердости грунта) и диаметром около 5 см.

До съемки маркируют все корректурные точки, определяемые геодезическим путем, одну из точек каждого базиса фотографирования, расположенного в границах участка съемки, а также пункты опорной сети и съемочного обоснования.

Необходимость маркировки корректурных точек, определяемых фотограмметрическим путем, устанавливают в процессе рекогносцировки, исходя из следующих соображений: если зона, намеченная для корректурной точки, представляет собой однообразный участок без характерных четких контуров или

местных предметов, то выбираемая на нем точка обязательно должна быть замаркирована.

Для маркировки выкладывают над точками туры из камней или устанавливают специально изготовленные марки из фанеры, досок или ткани.

Цвет марки должен возможно больше отличаться от фона, на который она проектируется при наблюдении с базиса.

После установки марки измеряют ее высоту от центра пункта (обрез трубки, верх кола и др.) до верхней кромки и результат измерения записывают в специальный журнал; приводят рисунок формы марки и указывают дату ее установки. На отвесных или крутых скалах марки можно нарисовать краской.

Минимальные размеры марки зависят от расстояния до базиса фотографирования и должны выбираться с таким расчетом, чтобы изображение марки на снимке имело размеры не менее 0,10×0,04 мм. Для определения допустимых минимальных размеров марок рекомендуется пользоваться формулой

$$r = l\frac{Y}{f_к},$$

где r — вертикальный или горизонтальный размер марки в натуре в метрах;

l — соответствующий размер изображения марки в миллиметрах на снимке;

Y — расстояние от базисной точки до марки вдоль оптической оси камеры в метрах.

Минимальные размеры марок для камеры с $f_к = 190$ мм приведены в табл. 5.

Таблица 5

Расстояние от фотостанции до маркировочного знака, м	Размер маркировочного знака, м	
	высота	ширина
400	0,21	0,08
800	0,42	0,17
1000	0,53	0,21
2500	1,32	0,53
3000	1,58	0,63
3500	1,84	0,74
4000	2,10	0,84

С целью уменьшения объема работ по полевой досъемке рекомендуется маркировать также важные объекты, которые могут не изобразиться на снимках, но должны быть нанесены на план, например выходы инженерных сетей и сооружений.

3.2. ФОТОГРАФИРОВАНИЕ. ПРОВЕРКА КАЧЕСТВА НЕГАТИВОВ

Фотографирование — один из наиболее ответственных этапов съемочных работ, так как от качества негативов в значительной степени зависит точность составления плана.

Фотографирование выполняется или на специальные фототеодолитные пластинки, или при отсутствии их на репродукционные штриховые.

Для определения правильной выдержки лучше всего пользоваться экспонометром. При отсутствии экспонометра следует пользоваться эталонными снимками и таблицей выдержек, которые можно получить на основании опытного фотографирования участка. Опытное фотографирование выполняется в различное время дня в солнечную и пасмурную погоду. В каждом случае фотографирование выполняют с двумя-тремя выдержками, причем каждая последующая выбирается вдвое больше предыдущей. При съемке необходимо записывать время дня, условия освещенности, состояние погоды и величину выдержки. По результатам сравнения качества полученных негативов определяют наиболее подходящие выдержки для различных условий. Полученные данные сводят в таблицу, которую помещают на одной из последних страниц журнала фототеодолитной съемки.

Работа на фотостанции включает: производство фототеодолитной съемки, измерение длины, направления и угла наклона базиса, выполнение измерений, предусмотренных схемой геодезических определений.

Ниже приведено описание работы на станции с наиболее распространенным в практике фототеодолитным комплектом Phototheo 19/1318.

На левой и правой точках базиса устанавливают штативы. На левом штативе устанавливают фототеодолит, на правом — визирную марку. Центрирование производят обычным для геодезических инструментов способом.

Для удобства работы с инструментом штатив целесообразно устанавливать так, чтобы одна ножка была направлена в сторону съемки, а линия, соединяющая концы двух других ног, была параллельна базису. Чтобы обеспечить устойчивость инструмента, ноги штативов должны быть надежно вдавлены в почву.

После установки фототеодолита и визирной марки измеряют высоту инструмента i. Эту высоту рекомендуется измерять до верхнего обреза втулки трегера. Тогда высота инструмента получается как сумма измеренного расстояния i и постоянной для каждого инструмента величины Δi. Для фототеодолита Phototheo постоянная Δi при центральном положении объектива равна 11 см, для теодолита Theo-020, входящего в фототеодолитный комплект, — 10 см, для марки — 14 см и для дально-

мерной базисной рейки — 4 см. Результаты измерений записывают в полевой журнал фототеодолитной съемки. Затем выясняют необходимость смещения объектива по высоте от среднего положения. Для этого открывают крышку матового стекла, снимают колпачок с объектива и, направив инструмент на объект съемки, рассматривают его изображение на матовом стекле. Если какая-либо (нижняя или верхняя) часть участка «срезается», то смещением объектива добиваются ее появления в поле зрения. Если одновременно весь подлежащий съемке участок не может быть получен на снимке, то следует произвести съемку при двух положениях объектива по высоте. Выбранные положения объектива записывают в журнал фототеодолитной съемки.

Фотографирование выполняют в следующем порядке:

1) закрывают объектив колпачком, отводят прижимное устройство от прикладной рамки камеры и удаляют рамку с матовым стеклом;

2) вставляют кассету в камеру и выдвигают заслонку; поворотом барабанчиков подают рамку вперед, в результате чего действием пружины пластинка прижимается к прикладной рамке камеры;

3) на ориентирном устройстве устанавливают отсчет, соответствующий намеченному виду съемки (нормальный, отклоненный влево или вправо);

4) на нумераторе устанавливают номер снимка, а на регистраторе — вид съемки (*A, AL, AR* — соответственно нормальный, отклоненный влево или вправо при съемке с левой точки базиса; *B, BL, BR* — при съемке с правой точки);

5) ослабив зажимной винт, поворачивают камеру так, чтобы визирная марка, установленная на другой точке базиса, попала в поле зрения зрительной трубы ориентирного устройства; затем, закрепив винт, с помощью микрометренного устройства точно совмещают биссектор зрительной трубы с центром визирной марки;

6) проверяют правильность установки отсчета и положение уровней; при необходимости положение уровней исправляют и вновь проверяют точность визирования на марку;

7) осторожно, чтобы не нарушить ориентировку инструмента, производят экспонирование;

8) отжимают держатель кассеты от камеры, вдвигают заслонку и извлекают кассету из прижимного устройства.

Закончив фотографирование на одной точке базиса, фототеодолит переносят на другую, а вместо него устанавливают визирную марку. Затем в той же последовательности производят съемку. Перестановку фототеодолита и марки нужно производить осторожно, чтобы не нарушить установку штатива.

Фотографирование лучше всего производить в солнечную погоду или при наличии легкой высокой облачности. При этом

рекомендуется выбирать для съемки такое время, когда солнце находится сзади и несколько сбоку от инструмента. Если это по каким-либо причинам невозможно, то допускается производить съемку и тогда, когда солнце находится сбоку и даже несколько впереди, при условии, если на фотографируемом участке нет больших затененных пространств. В этом случае при экспонировании пластинки необходимо следить, чтобы на объектив не падали прямые лучи солнца. Для этого следует объектив прикрывать от солнца заслонкой кассеты. Необходимо избегать съемки «против солнца», так как это обычно приводит к неудовлетворительному качеству негативов.

Если по каким-либо причинам проявление пластинок невозможно организовать на участке работ, то при выполнении фотографирования каждый из видов съемки необходимо обязательно дублировать, увеличивая выдержку в два раза по отношению к номинальной, определенной опытным путем или по экспонометру.

После фотолабораторной обработки проверяется фотографическое и фотограмметрическое качество всех негативов.

Проверку фотографического качества производят по общей плотности, по проработке деталей в тенях (наиболее светлые места негативов) и в светах (плотные, темные места негативов), по контрастности негатива и по плотности вуали.

Результаты проверки записывают в журнал оценки качества негативов. Негативы неудовлетворительного качества бракуют и делают пересъемку. Негативы, предназначенные для усиления или ослабления, должны оцениваться после исправления фотографических дефектов.

Фотограмметрическое качество негативов проверяют по прилеганию фотографической пластинки к плоскости прикладной рамки камеры при фотографировании, а также по наличию дефектов, делающих негативы непригодными для фотограмметрических измерений.

Негатив считается непригодным для фотограмметрических работ при обнаружении на нем сползания эмульсии, темных или светлых пятен с непроработанными деталями на рабочей части, при обнаружении трещин, а также при отсутствии изображения координатной метки. Снимки с незначительными дефектами могут быть признаны пригодными для работы только в том случае, если они предназначены для обработки отдельных небольших участков, не заснятых с других базисов.

3.3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Геодезические измерения с целью определения координат пунктов съемочного обоснования, базисных и корректурных точек производят в соответствии с составленной ранее схемой их определения.

Привязка фототеодолитных станций и корректурных точек, не совмещенных с пунктами геодезических сетей, выполняется прямыми, обратными и комбинированными засечками, дальномерно-теодолитными ходами или построением триангуляционной съемочной сети (в зависимости от условий местности). Дирекционный угол направления базиса определяют не менее чем по двум удаленным пунктам. Горизонтальные направления измеряют двумя полными приемами, а вертикальные углы — одним приемом по одной нити.

Измерения длины базисов фотографирования должны производиться с относительной ошибкой не ниже 1 : 1000.

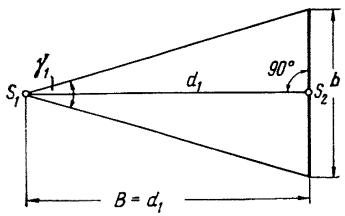


Рис. 13. Схема измерения съемочного базиса с установкой рейки на его конце

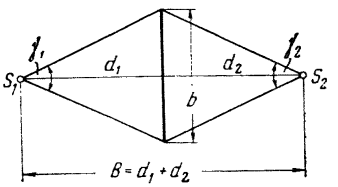


Рис. 14. Схема измерения съемочного базиса с установкой базисной рейки на его середине

Измерение коротких (до 50 м) базисов рекомендуется выполнять компарированной рулеткой; для определения более длинных базисов целесообразно пользоваться параллактическим методом измерения расстояний при помощи теодолита и дальномерной базисной рейки.

Рекомендуются три схемы измерения базиса дальномерной рейкой:

1. Рейка расположена на конце базиса (рис. 13). Горизонтальное проложение базиса вычисляют по формуле

$$B = \frac{b}{2} \operatorname{ctg} \frac{\gamma}{2}, \qquad (3.1)$$

где b — длина рейки;

γ — измеренный теодолитом параллактический угол.

2. Дальномерная рейка расположена в середине базиса (рис. 14). Горизонтальное проложение базиса вычисляют по формуле

$$B = \frac{b}{2}\left(\operatorname{ctg} \frac{\gamma_1}{2} + \operatorname{ctg} \frac{\gamma_2}{2}\right). \qquad (3.2)$$

3. Для определения длины базиса используют вспомогательный базис d (рис. 15), длину которого измеряют дальномерной рейкой. Угол α между вспомогательным d и основ-

ным B базисами рекомендуется выбирать близким к прямому. Наиболее благоприятную длину вспомогательного базиса определяют соотношением $d=\sqrt{Bb}$.

Горизонтальное проложение базиса вычисляют по формуле

$$B = d\frac{\sin(\alpha+\gamma_2)}{\sin\gamma_2''}. \qquad (3.3)$$

В первой и второй схемах параллактические углы следует измерять таким образом, чтобы их средние квадратические погрешности не превышали 2″. Угол α в третьей схеме достаточно

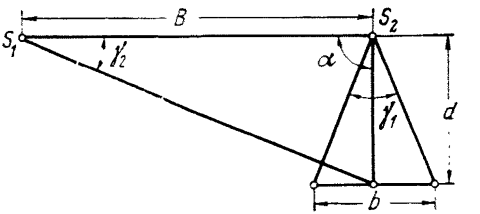


Рис. 15. Схема измерения съемочного базиса с использованием вспомогательного базиса

измерить одним приемом. При выполнении указанных рекомендаций первая схема может быть использована для базисов длиной до 100 м, а вторая — до 300 м. Третьей схемой следует пользоваться при длине базиса более 300 м, а также при длине базиса больше 100 м, если между его конечными точками нельзя установить дальномерную рейку.

3.4. ТОПОГРАФИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ

Топографическое дешифрирование предназначено для опознания и фиксации на снимках ориентирных и геодезически определенных корректурных точек, а также всех объектов, подлежащих изображению на топографическом плане данного масштаба.

Для дешифрирования используют контактные или увеличенные отпечатки.

Все ориентирные и геодезически определенные корректурные точки должны быть опознаны на негативах и контактных отпечатках. При недостаточно хорошем качестве отпечатков точки опознают на негативах с последующим нанесением их на отпечатки. Точки, не опознанные или опознанные недостаточно уверенно, дешифрируют в поле путем сличения снимков с местностью.

На контактных отпечатках опознанные точки накалывают тонкой иглой, накол обводят кружком диаметром 3—5 мм и подписывают рядом номер точки. На негативах точки также обводят кружками, которые наносят тушью или чернилами со стороны стекла.

Основными объектами полевого дешифрирования являются:

1) геодезические пункты (пункты триангуляции, съемочного обоснования, реперы нивелирования и т. д.);

2) элементы рельефа (границы скал, осыпей, ледников и др.);

3) элементы растительного покрова (лесопосадки, кустарники, травяной покров, мхи и т. д.) с соответствующими качественными характеристиками (порода леса, средняя высота, толщина деревьев и пр.);

4) гидрографическая сеть (в том числе родники и водопады) с необходимой характеристикой (скорость течения, глубина и пр.);

5) дорожная сеть;

6) горные выработки (канавы, скважины, шурфы, штольни и др.), а также провалы земной поверхности, являющиеся следствием влияния подземных горных работ;

7) отдельные строения.

Значительно реже объектами дешифрирования являются промышленные сооружения, поселки, линии связи и электропередач, сельскохозяйственные угодья и различного рода ограждения.

Опознавание объектов на снимках производят путем сличения снимков с местностью как непосредственно с фотостанции, так и в процессе обхода заснятого участка.

Контур опознанного объекта обводят на снимке карандашом и делают надпись, указывающую, что именно опознано. Не обводят карандашом промышленные, общественные, жилые и другие здания и сооружения с четко видимыми на снимках контурами. Эти сооружения только нумеруют на снимке порядковыми номерами.

Объекты, незначительные по площади (менее 1 мм в масштабе снимка), а также различные вертикальные предметы отмечают на снимке тонким наколом, хорошо видным на просвет. На обратной стороне снимка накол обводят кружком диаметром около 5 мм и нумеруют.

Для описания опознанных объектов на каждый снимок составляют специальную ведомость, в которой под номерами, соответствующими порядковым номерам объектов на снимке, отмечают качественную характеристику. Отдешифрированные контуры и номера объектов на снимке закрепляют тушью.

Особое внимание следует обращать на дешифрирование мелких объектов, не изобразившихся на снимках (например, колодцы, геологоразведочные скважины и т. д.); их положение рекомендуется определять путем линейных промеров не менее чем с трех ближайших четких контурных точек, опознанных на снимке.

Некоторые детали объектов оказываются закрытыми расположенными перед ними объектами. Положение этих деталей

рекомендуется определять способом координатной съемки, т. е. линейными промерами по перпендикулярам к линии, соединяющей две четкие контурные точки, опознанные на снимке.

3.5. ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОЛЕВЫХ РАБОТ

По окончании полевых работ должны быть представлены следующие материалы и документы:

1) отчетная схема фототеодолитной съемки;

2) схема опорной геодезической сети;

3) отчетная схема определения пунктов съемочного обоснования, базисных и корректурных точек;

4) негативы и контактные отпечатки или фотопанорамы с отмеченными на них геодезическими точками, скомпонованные по станциям и уложенные в коробки;

5) журналы фотографирования, геодезических измерений, маркировки и абрисных зарисовок;

6) каталоги рабочих координат и высот пунктов геодезической сети, корректурных и базисных точек;

7) ведомости оценки качества негативов;

8) материалы полевого дешифрирования, полевого обследования и съемки «мертвых» пространств;

9) данные по определению элементов внутреннего ориентирования фотокамер;

10) пояснительная записка об исполненных работах с рекомендациями по проведению камеральных работ;

11) акты контроля и приемки работ.

Для составления отчетных схем используют уточненную основу, на которой составляется рабочий проект съемки.

Отчетную схему фототеодолитной съемки составляют для того, чтобы проверить полноту заснятости участка, обеспеченность стереопар корректурными точками и возможность фотограмметрического определения недостающих корректурных точек.

На отчетной схеме должны быть показаны:

1) границы участка съемки;

2) базисы фотографирования (фотостанции) и их порядковые номера, фактическая длина и виды съемки;

3) пункты опорной сети и корректурные точки (в том числе и определяемые фотограмметрическим путем) с обозначением их номеров;

4) границы участков, обрабатываемых с каждой фотостанции;

5) контуры «мертвых» пространств, заснятых или подлежащих досъемке другими способами (мензульным, тахеометрическим и др.).

Пункты опорной сети, базисные и корректурные точки на-

носят на схему по рабочим координатам, а если их нет, то по данным геодезических угловых измерений.

Границы участков съемки для каждой стереопары наносят при помощи палетки, причем направление оси съемки определяют из данных геодезической привязки базиса. Затем границы участков съемки и контуры «мертвых» пространств уточняют сличением снимков с топографической основой.

На отчетной схеме определения пунктов съемочного обоснования должны быть нанесены все пункты опорной сети (триангуляция, полигонометрия, аналитическая сеть), базисные и корректурные точки, а также все геодезически измеренные и фотограмметрически определяемые направления. Все геодезически определяемые пункты нумеруются так же, как и в полевом журнале, а корректурные точки, определяемые фотограмметрическим путем, порядковыми номерами с добавлением буквы «ф» (например, 15ф). Кроме того, к номерам фотограмметрических точек, определяемых пикетным способом, рекомендуется через черточку добавлять номер базиса, с которого эти точки определяют (например, 14ф — 10). Такая нумерация позволяет непосредственно по схеме установить как метод определения точки, так и фотостанцию, при обработке которой точка определяется.

Негативы фототеодолитной съемки после проверки их качества должны быть разобраны по стереопарам. Негативы, составляющие пару, следует сложить эмульсией один к другому, вложить в конверт и написать на нем номер станции, вид и дату съемки. Затем стереопары следует подобрать по фотостанциям (в порядке номеров станций) и уложить в коробки изпод фотопластинок. На коробке приводят перечень помещенных в ней негативов и дату съемки.

Материалы топографического дешифрирования (контактные или увеличенные отпечатки, ведомости, описания объектов дешифрирования) по окончании работ подбирают в порядке номеров фотостанций и укладывают в отдельную папку.

ГЛАВА 4

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ

4.1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

К вычислительным геодезическим работам относятся: проверка во вторую руку полевых журналов геодезических измерений и фототеодолитной съемки, вычисления координат пунктов опорной сети и съемочного обоснования, дирекционных углов базисов фотографирования, а также поправок в измеренные длины базисов фотографирования за приведение их к уровенной поверхности.

Поправка ΔB за приведение измеренной длины базиса B к уровенной поверхности равна

$$\Delta B = B\frac{Z}{R}, \tag{4.1}$$

где Z — абсолютная отметка фотостанции (с округлением до сотен метров);

R — средний радиус кривизны уровенной поверхности, принимаемый равным $6{,}4 \cdot 10^6$м.

Она вводится в тех случаях, когда абсолютные высотные отметки базисных точек превышают 2000 м.

Приведенная длина базиса B_0 определяется по формуле

$$B_0 = B - \Delta B. \tag{4.2}$$

По окончании вычислительных работ должны быть составлены:

1) каталог координат пунктов опорной сети, съемочного обоснования и корректурных точек. В нем должны быть выписаны координаты X, Y, Z всех пунктов триангуляции, полигонометрии, аналитической сети, корректурных и маркированных базисных точек. Для всех точек в каталоге должны быть приведены отметки центров, а для корректурных и прочих замаркированных точек и отметки верхнего края знаков. Вначале в каталоге выписывают все пункты триангуляции, затем полигонометрии, аналитической сети и, наконец, корректурные (в порядке номеров) и маркированные базисные точки;

2) каталог базисов. В нем выписывают все фотостанции в порядке номеров. Для каждой выписывают координаты X, Y, Z точек фотографирования и дирекционный угол базиса (с левой точки на правую).

4.2. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ

Перед началом камеральных фотограмметрических работ составляют проект их выполнения с целью разработки оптимальной программы обработки снимков. В проекте должны быть указаны способы и последовательность фотограмметрического определения координат корректурных точек, исходные данные для определения каждой точки, а также способ корректуры стереопар и последовательность их обработки.

Обработку стереопар рекомендуется выполнять последовательно по трапециям, начиная от какой-либо границы и постепенно продвигаясь к другой. Вначале следует обрабатывать стереопары, охватывающие наибольшую площадь и обеспеченные в основном геодезически определенными корректурными точками. В последнюю очередь обрабатывают стереопары, предназначенные для съемки отдельных небольших участков («мертвых» пространств).

Все данные о последовательности обработки стереопар, способе корректуры, используемых корректурных точках и номерах трапеций, на которые попадает участок, обрабатываемый с каждой стереопары, заносят в специальную таблицу (прилож. 7, табл. 2).

Пользуясь отчетной схемой фототеодолитной съемки, окончательно выбирают способ фотограмметрического определения координат корректурных точек и намечают необходимые для этого снимки. При решении этих вопросов пикетный способ как менее трудоемкий следует предпочитать способу фотограмметрических засечек. Последовательность определения точек устанавливают с учетом выбранного ранее порядка обработки стереопар. Сведения о последовательности выполнения работ и снимках, используемых для определения каждой точки, вносят в специальные ведомости (прилож. 7, табл. 1 и 2).

4.3. ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ КОРРЕКТУРНЫХ ТОЧЕК

Аналитический способ решения фотограмметрической засечки

Аналитический способ определения координат точек методом прямой фотограмметрической засечки включает следующие процессы: выбор и опознавание определяемых точек, фотограмметрическое определение дирекционных и вертикальных углов с точек съемки на определяемые точки, решение прямой засечки, определение отметок точек.

В качестве корректурной точки, определяемой фотограмметрическим путем, может быть использован четкий контур или

местный предмет (специально поставленная марка, столб, ствол отдельно стоящего дерева, угол изгороди, камень, характерное пятно, четко выделяющееся на общем фоне, и т. д.).

Выбранный объект должен находиться в зоне расположения корректурной точки, намеченной на отчетной схеме фототеодолитной съемки, и вместе с тем четко изображаться и уверенно опознаваться на всех снимках, используемых для определения точек, а также на снимках, для которых данная точка определяется.

Для того чтобы на снимках найти зону, намеченную на схеме, поступают следующим образом.

По схеме измеряют отстояние $Y_ф$ от левой точки базиса до определяемой корректурной точки и затем вычисляют продольный параллакс точки (с точностью до 0,1 мм) по формулам:

для нормального вида съемки

$$p = \frac{B}{Y_ф} f_к, \tag{4.3}$$

для равноотклоненного вида съемки

$$p = \frac{B\,(f_к \cos \varphi + x_2 \sin \varphi)}{Y_ф}. \tag{4.4}$$

Учитывая наиболее целесообразное расположение корректурных точек, следует принимать для точки, расположенной на левом краю стереопары, $x_2 = -70$ мм; для точки в середине $x_2 = 0$ и для точки на правом краю $x_2 = +50$ мм.

Стереопару, для которой определяется корректурная точка, устанавливают на стереокомпаратор. На винте параллаксов устанавливают вычисленное значение p. Штурвалами X и Z стереокомпаратора перемещают измерительную марку в намеченную зону и в этой зоне находят точку, для которой отсчет по винту продольных параллаксов близок к значению, вычисленному по формуле (4.3) или (4.4). Выбранную точку опознают на всех негативах, используемых для ее фотограмметрического определения, обводят кружком со стороны стекла и отмечают наколом на одном из контактных отпечатков. Накол обводят кружком и сопровождают номером точки в соответствии с ее нумерацией на схеме. На обратной стороне контактного отпечатка зарисовывают абрис (в светотенях) и делают описание выбранной точки для того, чтобы в дальнейшем, при обработке стереопары на стереоавтографе, можно было безошибочно отыскать ее на негативе.

Закончив выбор корректурных точек, измеряют на стереокомпараторе их координаты x и z на всех снимках, используемых для определения этих точек. Одновременно измеряют координаты исходных точек (ориентирные или корректурные точки, точки съемочного обоснования и опорной сети).

При решении засечек по схеме, изображенной на рис. 12 (засечка с обоих концов базиса фотографирования), снимки, составляющие стереопару, измеряют стереоскопически, что позволяет повысить точность результатов. В этом случае, кроме координат x_1 и z_1, измеряют также величины продольного p и поперечного q параллаксов всех определяемых точек. Координаты x_2, z_2 определяемых точек на правом снимке стереопары вычисляются через координаты x_1, z_1, p, q по формулам:

$$x_2 = x_1 - p, \tag{4.5}$$

$$z_2 = z_1 - q. \tag{4.6}$$

Методика ориентирования и техника измерения снимков на стереокомпараторе изложены в прилож. 7. Запись измерений и вычисления производят в журнале (прилож. 8, формуляр 2).

Элементы внутреннего ориентирования снимков могут отличаться от соответствующих элементов камеры фототеодолита. Для вычисления этой разницы поступают следующим образом.

Установив негатив в снимкодержатель стереокомпаратора и ориентировав его по оси xx, измеряют расстояние L между центрами горизонтальных координатных меток. Величину L определяют как разность отсчетов, взятых по шкале стереокомпаратора при совмещении измерительной марки с правой и левой координатными метками, т. е. $L = x_2 - x_1$ (рис. 16).

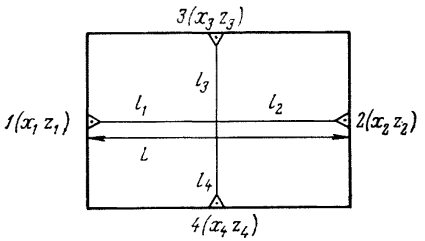


Рис. 16. Определение расстояний между координатными метками снимка

Сравнивая полученное расстояние с величиной L_0, известной из исследований фототеодолита, определяют величину разности $\Delta L = L - L_0$. Если эта разность не превышает 0,03 мм, то элементы внутреннего ориентирования снимков принимают равными соответствующим элементам ориентирования камеры фототеодолита. При большей величине разности ΔL определяют поправки, необходимые для перехода от элементов внутреннего ориентирования камеры к соответствующим элементам ориентирования снимков.

Для снимков, по которым будут определяться координаты корректурных точек методом прямой фотограмметрической засечки, находят поправки ко всем трем элементам внутреннего ориентирования. С этой целью измерительную марку стереоком-

паратора совмещают последовательно с центрами всех четырех координатных меток и берут отсчеты по шкалам X и Z стереокомпаратора.

По измеренным значениям x и z вычисляют отрезки l:

$$l_1 = 0{,}5\,(x_3 + x_4) - x_1,$$
$$l_2 = x_2 - 0{,}5\,(x_3 + x_4),$$
$$l_3 = z_3 - 0{,}5\,(z_1 + z_2);$$
$$l_4 = 0{,}5\,(z_1 + z_2) - z_4,$$

где x_i, z_i — отсчеты при наведении на соответствующие координатные метки (см. рис. 16).

Затем находят разности:

$$\Delta l_1 = l_1 - l_1^0,$$
$$\Delta l_2 = l_2 - l_2^0.$$
$$\Delta l_3 = l_3 - l_3^0,$$
$$\Delta l_4 = l_4 - l_4^0,$$

где l_1^0, l_2^0, l_3^0, l_4^0 — полученные при исследованиях фототеодолита величины соответствующих расстояний для случая плотного прижима фотопластинки к прикладной рамке камеры.

Поправки вычисляются по формулам:

$$\delta f = \frac{f_к}{L_0}\,(\Delta l_1 + \Delta l_2), \tag{4.7}$$

$$\delta x_0 = \frac{2f_к^2}{L_0^2}\,(\Delta l_1 - \Delta l_2), \tag{4.8}$$

$$\delta z_0 = \frac{2f_к^2}{L_{0_1}^2}\,(\Delta l_4 - \Delta l_3), \tag{4.9}$$

где L_0 — расстояние между горизонтальными метками, известное из исследований фототеодолита;

L_{0_1} — то же, между вертикальными метками.

Записи измерений и вычисления, связанные с определением поправок, производят в специальных журналах (прилож. 8).

Если элементы внутреннего ориентирования снимков отличаются от соответствующих элементов камеры фототеодолита, то в измеренные фотокоординаты точек вводят поправки.

Исправленные фотокоординаты точек вычисляют по формулам:

$$x^0 = x - \delta x_0 + \delta x_н, \tag{4.10}$$
$$z^0 = z + \delta z_н, \tag{4.11}$$

где

$$\delta x_н = \frac{xz}{f_к^2}\,\delta x_0, \tag{4.12}$$

$$\delta z_н = \frac{z^2}{f_к^2}\,\delta z_0. \tag{4.13}$$

В формулах (4.10—4.13)

x, z — фотокоординаты точки, полученные при измерении на стереокомпараторе;

δx_0, δz_0 — поправки к координатам главной точки снимка, вычисленные по формулам (4.8) — (4.9).

Вычисление поправок δx_0, δz_0, $\delta z_н$, $\delta x_н$ производят на логарифмической линейке. Записи ведут в журнале (прилож. 8, формуляр 2).

Получив исправленные координаты исходных и определяемых точек, находят горизонтальные углы β между главным лучом снимка и направлениями на каждую точку. Для определения угла β используют формулу

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{x^0}{f}, \tag{4.14}$$

где f — фокусное расстояние снимка, определяемое из выражения $f = f_к + \delta f$, в котором $f_к$ — величина фокусного расстояния камеры, полученная при исследованиях фототеодолита;

δf — поправка, вычисленная по формуле (4.7).

Вычисления производят в журнале (прилож. 8, формуляр 3).

При съемке в масштабе 1:500 определяют координаты центра проекции (передней узловой точки объектива), так как при фотографировании он не совпадает с центром пункта, над которым центрируется фототеодолит. При составлении плана в масштабе 1 : 1000 и мельче центр проекции считают совпадающим с базисной точкой. Координаты центра проекции X_s и Y_s вычисляют по формулам:

$$\left.\begin{aligned} X_S &= X + \Delta X_S \\ Y_S &= Y + \Delta Y_S \end{aligned}\right\}, \tag{4.15}$$

где X, Y — геодезические координаты базисной точки, над которой установлен фототеодолит;

ΔX_S, ΔY_S — приращения координат за счет смещения узловой точки объектива относительно базисной точки.

Приращения вычисляют по формулам:

$$\left.\begin{aligned} \Delta X_S &= d\cos\alpha_0' \\ \Delta Y_S &= d\sin\alpha_0' \end{aligned}\right\}, \tag{4.16}$$

где d — расстояние от оси вращения фототеодолита до передней узловой точки объектива;

α_0' — приближенное значение дирекционного угла главного луча снимка.

Расстояние d для Phottheo 19/1318 составляет 10 см. Значение α_0' определяют по формуле

$$\alpha_0' = \alpha_B - \varphi - 90°, \tag{4.17}$$

где α_B — дирекционный угол базиса (с левой точки на правую).

По опорным точкам определяют значение дирекционного угла главного луча снимка. Для этого вначале находят значения дирекционных углов направлений с узловой точки объектива на исходные точки по формулам

$$\operatorname{tg}\alpha_и = \frac{Y - Y_S}{X - X_S} = \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \tag{4.18}$$

где $\alpha_и$ — определяемый дирекционный угол;

X, Y — геодезические координаты исходной корректурной точки.

Определив значение $\alpha_и$, вычисляют расстояния $S_и$ от узловой точки объектива до тех исходных точек, координаты которых определены геодезически. Эти расстояния необходимы в дальнейшем для вычисления поправочного коэффициента при определении высотных отметок искомых точек.

Расстояние

$$S_и = \frac{\Delta Y}{\sin\alpha_и} = \frac{\Delta X}{\cos\alpha_и}. \tag{4.19}$$

следует проверить по формуле

$$S_и = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}. \tag{4.20}$$

В этом случае по сходимости значений $S_и$ контролируется правильность вычисления дирекционного угла $\alpha_и$.

Дирекционные углы $\alpha_и$ на точки с известными геодезическими координатами и расстояния $S_и$ до них вычисляют в формуляре 3б (прилож. 8). Затем вычисляют дирекционный угол α_0 главного луча снимка по формуле

$$\alpha_0 = \alpha_и - \beta_и, \tag{4.21}$$

где $\beta_и$ — угол между главным лучом снимка и направлением на исходную точку, полученный по формуле (4.14).

Если на снимке несколько исходных точек, то за окончательное значение дирекционного угла главного луча снимка принимают среднее арифметическое $(\alpha_0)_{ср}$ из полученных значений α_0.

Значения α_0, вычисленные по различным исходным точкам, не должны отличаться одно от другого более чем на 45″.

Полученная величина $(\alpha_0)_{ср}$ используется для вычисления дирекционных углов α направлений на определяемые корректурные точки. Эти дирекционные углы вычисляют по формуле

$$\alpha = (\alpha_0)_{ср} + \beta_i, \tag{4.22}$$

где β_i — угол между главным лучом снимка и направлением на определяемую корректурную точку.

Значения $(\alpha_0)_{ср}$ и α вычисляют в формуляре 3 (прилож. 8).

Координаты определяемых корректурных точек вычисляют при решении прямых засечек. В качестве исходных данных используют координаты центров проекций, полученные по формулам (4.15), и дирекционные углы направлений с центра проекции на определяемую точку, найденные по формуле (4.22). Координаты каждой точки определяют не менее чем по трем направлениям (решением двух прямых засечек). При расхождениях, превышающих допуск, работу по определению точки следует повторить, начиная с опознавания точки и измерений на стереокомпараторе.

Для вычисления координат прямой засечкой рекомендуется формуляр 4 (прилож. 8).

Получив координаты X и Y, вычисляют отметки определяемых корректурных точек. Для этого вначале определяют поправочный высотный коэффициент k.

Определение k по точкам с известными геодезическими координатами начинают с вычисления отметок точек по формуле

$$Z_i = Z_0 + i + \frac{S_и \cos\beta}{f} z^0 - \Delta H_R, \tag{4.23}$$

где Z_0 — отметка точки стояния фототеодолита (из каталога базисов, прилож. 9);

i — высота инструмента (из журнала фототеодолитной съемки);

$S_и$ — расстояние от узловой точки объектива до исходной корректурной точки (из графы 10 формуляра 3б, прилож. 8);

β — угол между главной осью снимка и направлением на исходную точку (из графы 5 формуляра 3а, прилож. 8);

z^0 — исправленная координата точки на снимке (из графы 9 формуляра 2в, прилож. 8).

Поправку ΔH_R следует учитывать только в тех случаях, когда ее величина превышает 0,1 принятого сечения рельефа. Величина поправки зависит от расстояния S и определяется по табл. 6.

Затем для каждой точки находят разность

$$\Delta Z = Z - Z_i, \tag{4.24}$$

где Z — известное значение отметки исходной точки.

Таблица 6

S, м	0	200	400	600	800
1000	0,07	0,10	0,13	0,18	0,22
2000	0,27	0,33	0,39	0,48	0,53
3000	0,61	0,70	0,79	0,88	0,98
4000	1,09	1,20	1,32	1,44	1,57
5000	1,70	1,84	1,99	2,14	2,29
6000	2,45	2,62	2,79	2,97	3,15

По каждой из полученных разностей вычисляют значение поправочного высотного коэффициента k

$$k = \frac{\Delta Z}{S_{\text{и}} \cos \beta}. \qquad (4.25)$$

За окончательное значение поправочного высотного коэффициента принимают $k_{\text{ср}}$ — среднее арифметическое из величин k, полученных по всем исходным точкам.

Получив величину $k_{\text{ср}}$, вычисляют отметки определяемых корректурных точек по формуле

$$Z_i = Z_0 + i + S \cos \beta \left(\frac{z^0}{f} + k_{\text{ср}} \right) - \Delta H_R. \qquad (4.26)$$

Отметки вычисляют в специальном журнале (прилож. 8, формуляр 5).

Поскольку отметку каждой корректурной точки определяют не менее чем с трех точек фотографирования, то за окончательное значение принимают среднее арифметическое из полученных отметок.

Полученные отметки и плановые координаты корректурных точек вносят в каталог координат пунктов, определяемых фотограмметрическим путем.

4.4. РЕШЕНИЕ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ЗАСЕЧКИ НА ПРИБОРАХ УНИВЕРСАЛЬНОГО ТИПА

При этом способе решения фотограмметрической засечки плановое положение определяемой точки находят графически, а ее отметку вычисляют.

По сравнению с аналитическим графомеханический способ более производителен вследствие малого объема вычислительных работ. Поэтому рекомендуется применять его для решения засечки во всех случаях, когда позволяет фотограмметрическое качество снимков и загруженность универсальных приборов.

Работы по определению координат точек данным способом включают следующие процессы:

1) подготовку основ для нанесения определяемых точек;
2) выбор точек;
3) определение планового положения точек;
4) вычисление отметок.

Работа начинается с подготовки планшета в принятой разграфке или специальной основы в соответствии с изложенным в 5.1.

Засечку решают на планшете, если исходные ориентирные направления и точки с известными геодезическими координатами попадают на тот же планшет, что и определяемая точка; в противном случае на листе чертежной бумаги делают специальную основу с таким расчетом, чтобы на ней поместились все исходные ориентирные направления и корректурные точки.

Выбор планшета и определение размеров основы для решения засечки производят по отчетной схеме фототеодолитной съемки.

Прямую фотограмметрическую засечку на стереоавтографе решают по одиночным снимкам.

Работа выполняется в следующем порядке. На правый снимкодержатель отъюстированного прибора укладывают и центрируют один из негативов, по которому будут восстанавливаться направления на определяемые точки. На левый снимкодержатель укладывают и центрируют эталонный негатив. На всех индикаторах фокусных расстояний устанавливают значение фокусного расстояния съемочной камеры, определенное при исследованиях фототеодолитного комплекта, на остальных индикаторах стереоавтографа — начальные отсчеты. Мостик отстояний с помощью штурвала Y перемещают в положение $Y=2f_{\text{к}}$ и закрепляют стопорным винтом.

С помощью штурвала X и конвергентного устройства γ совмещают левую и правую измерительные марки с центральными крестами левой и правой кассет, видимых через негативы на просвет. Если негативы плотные и на просвет не видно, то совмещают измерительные марки с изображениями верхней или нижней координатных меток.

После этого измеряют абсциссы координатных меток *1, 2, 3, 4* на левом и правом негативах и берут отсчеты $V^{\text{л,п}}_{x_i}$ (индексы «л» и «п» указывают на принадлежность отсчетов левому или правому снимкам).

По результатам измерений находят величины несовмещений p_1 и p_2 по формулам:

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= V^{\text{л}}_{x_1} - V^{\text{п}}_{x_1} \\ p_2 &= V^{\text{л}}_{x_2} - V^{\text{п}}_{x_2} \end{aligned}\right\}. \qquad (4.27)$$

Полученные p_1 и p_2 используют для вычисления поправок

$$\left.\begin{aligned} \Delta f_{\text{п}} &= k\,(p_1 - p_2) \\ \Delta x &= -\,16k^2\,(p_1 + p_2) \\ k &= \frac{f_{\text{к}}}{2\,(l_{x_1} + l_{x_2})} \end{aligned}\right\}, \tag{4.28}$$

где l_{x_1}, l_{x_2} — расстояния между координатными метками *1—3* и *3—2* по оси *xx* снимка.

Находят исправленное за неприжим фокусное расстояние правого снимка

$$f_{\text{п}} = f_{\text{к}} + \Delta f_{\text{п}} \tag{4.29}$$

и устанавливают его на правых индикаторах фокусных расстояний.

После этого вычисляют отсчет

$$V'_{x_{3,4}} = V_{x_{3,4}} + \Delta x \tag{4.30}$$

и устанавливают его на шкале *X*. Используя сдвиг правого снимка вдоль оси *x*, центрирующим винтом правого снимкодержателя совмещают координатную метку *3* или *4* с правой измерительной маркой. Левую марку штурвалом *X* вновь совмещают с координатными метками *3* или *4*, а несовмещение правой марки с вертикальными метками на правом снимке устраняют с помощью конвергентного устройства.

Контролем правильности устранения влияния неприжима является отсутствие продольных параллаксов на всех координатных метках. Допустимая величина продольного параллакса не должна превышать половины диаметра марки. В противном случае процесс окончательного исправления плоской модели за неприжим повторяют снова, т. е. выполняют новое приближение. Дальнейшая работа выполняется в такой последовательности. Ориентируют и центрируют планшет (пункт 5.2) и подключают координатограф. Правую измерительную марку стереоавтографа штурвалом *X* и ножным диском наводят на одну из опорных точек. При этом марка измерительного микроскопа координатографа должна лежать на линии, проходящей через опорную точку и точку фотографирования, нанесенные на планшете. В противном случае штурвалом *X* прибора совмещают марку измерительного микроскопа с указанной линией, а изменением установки коррекционного приспособления угла конвергенции добиваются совмещения измерительной марки прибора с изображением опорной точки на снимке.

Направление на определяемую точку фиксируют двумя наколами, расположенными вблизи определяемой точки по обе стороны от нее. Эти наколы находят следующим образом.

Вращая штурвал *Y* прибора, перемещают каретку с чертежным устройством координатографа в дальнее положение (за

определяемую точку), штурвалом X и ножным диском монокулярно совмещают правую измерительную марку с изображением определяемой точки на снимке и иглой, вставленной в держатель чертежного устройства, накалывают на основе положение дальней точки. Штурвалом Y перемещают мостик отстояний в ближнее положение (перед определяемой точкой). Вновь совмещают движениями X и Z прибора измерительную марку с изображением определяемой точки, накалывают на основе ближнюю точку. Аналогично фиксируют направления на другие определяемые точки.

Таким же способом определяют и фиксируют на основе направления на каждую из определяемых точек по двум другим снимкам, используемым для засечки.

Если для фотограмметрической засечки используется один из снимков стереопары, то на планшете должна быть нанесена точка, с которой был получен обрабатываемый снимок.

Через дальний и ближний наколы, принадлежащие одному и тому же направлению, прочерчивают остро отточенным карандашом или иглой прямые линии; они должны проходить строго через наколы.

В пересечении трех направлений, относящихся к данной точке, получается треугольник погрешностей. За окончательное положение определяемой точки принимается центр тяжести треугольника, если любой из его углов не менее 30°, и середина короткой стороны, если один из углов треугольника погрешностей малый. Окончательное положение точки в треугольнике погрешностей определяют на глаз.

Координаты X, Y найденных точек следует внести в каталог координат пунктов, определенных фотограмметрическим путем. Плановое положение этих точек следует нанести на отчетную схему фототеодолитной съемки.

Для получения отметок определяемых точек измеряют координаты z опорных и определяемых точек на снимке, используемом для засечки. Измерения производят сразу после определения направлений, не нарушая установки снимка на снимкодержателе и планшета (основы) на столе координатографа.

На счетчике штурвала Y устанавливают отсчет, равный фокусному расстоянию снимка (этот отсчет снимают с индикатора фокусных расстояний правого снимка). После этого включают стопор счетчика Z, маску шкалы высот ставят на отношение 1:1000 и устанавливают на счетчике отсчет Z_0, кратный 100 мм. Освобождают стопор счетчика Z, штурвалом X и ножным диском совмещают правую измерительную марку прибора с изображениями опорных и определяемых точек на снимке и по счетчику высот для каждой точки берут отсчет Z_i.

Разность $Z_i - Z_0$ равна координате z точки. Запись измеренных Z_i значений и вычисление z производят в формуляре 6 (прилож. 8).

Высотные отметки определяемых корректурных точек вычисляют так же, как и в аналитическом методе, по формулам (4.25), (4.26). Вычисления выполняют в формуляре 5 (прилож. 8). При вычислениях необходимо учитывать, что в формуле (4.25) произведение $S\cos\beta$ равно измеренной на приборе координате Y_{Φ} исходной точки с известными геодезическими координатами.

В формуле (4.26) произведение $S\cos\beta$ равно координате Y_{Φ} определяемой точки. Величину Y_{Φ} находят по формуле

$$Y_{\Phi} = Y_{\Phi_n} + \Delta Y,$$

где Y_{Φ_n} — координата точки n, записанная в графе 3 формуляра 6 (прилож. 8);

ΔY — расстояние по перпендикуляру от корректурной точки до линии nn' (измеряется на планшете линейкой с миллиметровыми делениями, отсчеты берут до 0,1 мм).

Высотную отметку каждой точки вычисляют по трем снимкам. За окончательное значение отметки принимают среднее арифметическое из трех определений. Полученные отметки вносят в каталог координат пунктов, определенных фотограмметрическим путем.

4.5. ПИКЕТНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ КОРРЕКТУРНЫХ ТОЧЕК

Пикетный способ определения координат корректурных точек рекомендуется применять при составлении плана на универсальных приборах.

В этом способе корректурные точки определяют как пикеты на модели после ее корректуры на универсальном приборе. Корректурные точки определяют по мере обработки стереопар одновременно с рисовкой рельефа и контуров. Пикетный способ не требует каких-либо специальных фотограмметрических и вычислительных работ и поэтому является наименее трудоемким из способов определения корректурных точек. Во всех случаях, когда имеется возможность выбора, пикетный способ следует предпочесть аналитическому и графомеханическому.

Корректурные точки при пикетном способе определяют в следующем порядке.

По окончании корректуры (см. 5.3) очередной стереомодели, предназначенной для рисовки рельефа и контуров, на основе (планшете), установленной на координатографе, намечают (путем перенесения с отчетной схемы) зоны расположения определяемых корректурных точек. Затем штурвалами X и Y прибора выводят иглу, вставленную в чертежное устройство координатографа, в намеченную зону определяемой точки и находят на стереомодели четкий контур, который и принимают

за определяемую корректурную точку. Выбранная точка должна надежно и уверенно опознаваться и на той стереопаре, для которой она предназначается.

Переопознают точку сразу же после ее выбора на основной стереопаре, для чего вторую стереопару устанавливают заранее на стереокомпараторе. Опознанную точку обводят на негативах стереопары кружком со стороны стекла. На контактном отпечатке точку накалывают острой иглой и оформляют, чтобы ее можно было быстро отыскать при обработке стереопары.

Далее измерительную марку универсального прибора стереоскопически совмещают с выбранной точкой, накалывают иглой чертежного устройства положение точки на планшете (основе) и отсчитывают по счетчику высот отметку точки. Накол обводят кружком диаметром около 2 мм и рядом подписывают номер точки и ее отметку.

Для большей надежности положение точки и ее отметку определяют дважды и за окончательный результат принимают среднее. Аналогично определяют остальные корректурные точки.

ГЛАВА 5

СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА УНИВЕРСАЛЬНЫМ СПОСОБОМ

5.1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Процесс обработки снимков на всех универсальных приборах в общем одинаков и отличается для различных приборов лишь некоторыми несущественными деталями, поэтому ниже дается подробное описание работ применительно к стереоавтографу 1318 (прилож. 5).

Подготовительные работы заключаются в проверке исправности прибора и подготовке основ.

После устранения обнаруженных неисправностей выполняют рабочие проверки и юстировку прибора.

Топографический план составляют на планшетах принятой разграфки. Поскольку участок местности, заснятый на стереопару, часто попадает на несколько планшетов, то для корректуры модели подготавливают специальную основу.

Подготовка планшетов и основ заключается в нанесении на них координатной сетки, пунктов опорной сети и корректурных точек.

Если расстояние от базиса фотографирования до корректурных точек (на планшете) не превышает размера рабочей части стола координатографа, то на планшет (основу) наносят также левую точку базиса. В противном случае вычисляют и наносят на планшет (основу) две установочные точки, фиксирующие направление оптической оси камеры на левом конце базиса (точки *a*, *b*, рис. 17).

Координаты установочных точек вычисляют по формулам

$$X = X_A + Y_\Phi \sin(\alpha_B - \varphi), \tag{5.1}$$

$$Y = Y_A - Y_\Phi \cos(\alpha_B - \varphi), \tag{5.2}$$

где X_A, Y_A — координаты левой точки базиса фотографирования;

Y_Φ — фотограмметрическая координата установочной точки.

Значение Y_Φ определяют следующим образом.

На отчетную схему наносят направление оптической оси камеры и границы основы. Затем выбирают на оси вблизи границ основы две точки (*a* и *b*, см. рис. 17) с учетом наибольшего и наименьшего отстояний, которые можно установить на

используемом универсальном приборе. Отрезки $A—a$, $A—b$ есть координаты $Y_ф$ установочных точек в масштабе отчетной схемы. Длины отрезков измеряют и находят с учетом масштаба схемы, значения координат — в метрах натуры. Для упрощения вычислений полученные значения координат $Y_ф$ округляют до 50 м.

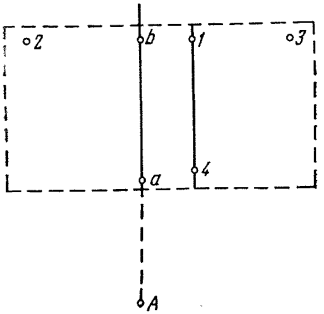


Рис. 17. Установочные точки *a*, *b* на основе

В случае корректуры модели по отсчетным устройствам прибора необходимо по формулам (1.11) и (1.12) перевычислить координаты точек в фотограмметрическую систему координат.

Разбивку сеток, нанесение базисных, корректурных и установочных точек рекомендуется выполнять на координатографе. У каждой установочной точки следует записать номер левого снимка стереопары и соответствующее ей значение координаты $У_ф$.

5.2. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ И УСТАНОВКА ПЛАНШЕТА

Построение модели на стереоавтографе начинают с укладки снимков на снимкодержатели прибора. Снимок с левой точки базиса фотографирования укладывают на левый снимкодержатель, снимок с правой точки базиса — на правый.

Для укладки снимка снимкодержатель снимают с каретки прибора и ставят на световой пульт инструментальной тумбочки, входящей в комплект стереоавтографа. На стекло снимкодержателя укладывают негатив эмульсионным слоем вниз изображением неба кверху. Затем на снимкодержатель с уложенным на нем негативом ставят центрировочный микроскоп. При наблюдении через оптическую систему микроскопа в его поле зрения одновременно видны четыре координатные метки снимка и соответствующие им осевые штрихи на стекле снимкодержателя. Наблюдая положение координатных меток относительно осевых штрихов, центрирующими винтами передвигают снимок в положение, когда штрихи одновременно проходят через центры координатных меток снимка. После этого снимкодержатель устанавливают на прибор.

На отсчетных устройствах прибора устанавливают значения элементов ориентирования. На индикаторах фокусного расстояния левых линеек устанавливают отсчеты, равные фокусному расстоянию левого снимка, на индикаторах правых линеек — отсчеты, равные фокусному расстоянию правого снимка. На

компенсаторах смещения объектива ставят отсчеты, равные величинам смещения объектива фототеодолита от центрального положения на соответствующих снимках. Величину смещения берут из журнала фототеодолитной съемки, а в случае необходимости определяют по снимку как расстояние от координатной метки до изображения высотной марки, создаваемой указателем горизонта. Смещение объектива фототеодолита Photheo 19/1318 фиксируется лишь в положениях, кратных 5 мм, поэтому расстояние от координатной метки до высотной марки достаточно измерять обычной линейкой с округлением до 5 мм.

На конвергентном устройстве устанавливают нулевой отсчет, на индикаторах базисных составляющих — значения b_x, b_y, b_z, вычисленные по формулам:

$$\left.\begin{aligned} b_x &= \frac{1000}{M_м} B\cos\varphi \\ b_y &= \frac{1000}{M_м} B\sin\varphi \\ b_z &= \frac{1000}{M_м} B_z \end{aligned}\right\}, \qquad (5.3)$$

где $M_м$ — знаменатель масштаба модели;

B_z — превышение центра проекции правого снимка над левым в метрах.

Значения составляющей b_y, в зависимости от угла скоса, устанавливают на соответствующих частях шкал индикаторов b_y. Участок шкалы для установки скоса влево помечен стрелкой с индексом L, а для скоса вправо — с индексом R.

Шкала индикатора вертикальной составляющей b_z разделена на два участка — для положительных и отрицательных значений b_z; они помечены стрелками с соответствующими знаками.

Если базис фотографирования не измерен при полевых работах, то для вычисления значений b_x и b_y используют приближенное значение базиса B. После ориентирования и центрирования планшета на координатографе прибора значения b_x и b_y уточняют.

Масштаб модели выбирают в соответствии с расстояниями от левой точки базиса до ближней и дальней границ съемки и в зависимости от масштаба составляемого плана. При выборе масштаба модели на стереоавтографе 1318 рекомендуется пользоваться табл. 7.

Если превышение B_z неизвестно, устанавливают составляющие b_x, b_y и совмещают стереоскопически измерительную марку с контурной точкой на среднем плане модели. При этом поперечный параллакс устраняют вращением винта b_z.

Соотношение масштабов плана и модели для различных диапазонов отстояний показано в табл. 7.

Таблица 7

Масштаб плана	Диапазоны отстояний, м	Масштаб модели	Передаточное отношение
1:500	25—200	1:500	1,0
	50—400	1:1000	2,0
1:1000	50—400	1:1000	1,0
	100—800	1:2000	2,0
1:1250	125—1000	1:2500	2,0
1:2000	50—400	1:1000	0,5
	100—800	1:2000	1,0
	200—1600	1:4000	2,0
1:2500	250—2000	1:5000	2,0
1:4000	400—3200	1:8000	2,0
1:5000	125—1000	1:2500	0,5
	250—2000	1:5000	1,0
	500—4000	1:10 000	2.0

При установке значений элементов ориентирования вначале надо ослабить соответствующий зажимной винт, затем установить нужный отсчет и вновь закрепить зажимной винт. Работать с незакрепленными винтами не рекомендуется, так как возникают люфты в установочных устройствах.

Барабан счетчика высот устанавливают на масштаб, равный масштабу модели, а шкалу счетчика — в начальное положение.

Если известна отметка Z_S объектива фототеодолита при съемке с левой точки базиса, то установку шкалы производят следующим образом.

Вращая штурвал прибора Y, ставят на его счетчике минимально возможный отсчет Y_c, кратный 10 мм; отсчет Y_c записывают в формуляре журнала корректуры модели. На отсчетном устройстве левого компенсатора смещения объектива устанавливают нулевые отсчеты. Движением штурвала X и ножного диска совмещают монокулярно левую измерительную марку с правым осевым штрихом снимкодержателя и зажимают стопорный винт счетчика высот. Освобождают осевой стопор установочного кольца счетчика высот и вращением этого кольца ставят на счетчике отсчет, равный отметке Z_S. Осторожно, чтобы не сбить установленный отсчет, зажимают осевой стопор установочного кольца, освобождают стопор счетчика высот, а на левом компенсаторе смещения объектива вновь ставят отсчет, равный смещению объектива фототеодолита при съемке.

Если неизвестна отметка объектива фототеодолита при съемке с левой точки базиса, то установку шкалы счетчика высот в начальное положение производят следующим образом.

Стереоскопически совмещают измерительную марку прибора с корректурной точкой *4* на ближнем плане модели (см. рис. 11) и зажимают стопорный винт счетчика высот. Освобождают осевой стопор установочного кольца счетчика высот и ставят

отсчет, равный высотной отметке корректурной точки, после чего зажимают осевой стопор установочного кольца и освобождают стопорный винт счетчика высот.

На координатограф прибора укладывают планшет (основу), ориентируют и центрируют его. Если координаты левой точки базиса известны и она нанесена на планшет, то поступают следующим образом.

Тонко заточенным твердым карандашом проводят прямые, соединяющие левую точку базиса с корректурными точками (точки *1, 2, 3* на рис. 18). Затем при ближнем положении мостика отстояний монокулярно наводят левую измерительную марку прибора на изображение наиболее удаленной корректурной точки (точка *3* на рис. 18) и, отключив координатограф, совмещают марку измерительного микроскопа координатографа с левой точкой базиса. Подключают координатограф к прибору; при этом передачу от стереоавтографа к координатографу устанавливают на соотношение, выбранное из табл. 7 для принятых масштабов плана и модели. При подключении координатографа измерительная марка прибора и марка микроскопа координатографа могут сместиться. Поэтому штурвалом *X* стереоавтографа следует уточнить наведение левой измерительной марки прибора на изображение корректурной точки и, если при этом марка измерительного микроскопа не совпадает с точкой базиса на планшете, то это смещение устраняют перемещением планшета или микроскопа. Затем вращением штурвала *Y* перемещают мостик отстояний в дальнее положение и монокулярно совмещают левую измерительную марку с изображением корректурной точки, после чего поворачивают планшет вокруг базисной точки *A* (см. рис. 18) до пересечения марки микроскопа координатографа прямой *A3*. Мостик отстояний стереоавтографа вновь перемещают в ближнее положение и наводят левую измерительную марку на изображение корректурной точки. Если марка установочного микроскопа не лежит на прямой *A3*, то добиваются этого поворотом планшета вокруг корректурной точки *3*.

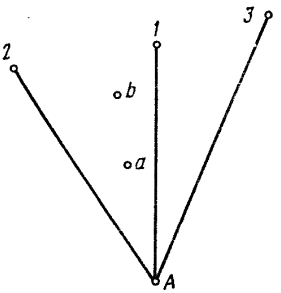


Рис. 18. К ориентированию и центрированию планшета с использованием левой базисной точки

Путем последовательных приближений добиваются, чтобы при наведении левой измерительной марки на корректурную точку в ближнем и дальнем положениях мостика отстояний марка установочного микроскопа находилась на прямой, соединяющей базисную и наиболее удаленную корректурную точки.

Для центрирования планшета отключают координатограф от прибора. Вращением штурвала *Y* прибора устанавливают на

счетчике отсчет 100,00 мм. Штурвалом *X* и ножным диском совмещают левую измерительную марку с одним из вертикальных осевых штрихов снимкодержателя, а марку установочного микроскопа координатографа — с левой точкой *A* базиса, после чего подключают координатограф к прибору и проверяют точность совмещений. Установочный микроскоп координатографа заменяют иглой. Вращая штурвал *Y* прибора, ставят на счетчике последовательно отсчеты 200,00 и 250,00 мм и накалывают на планшете соответствующие этим отсчетам точки *a* и *b*. Заменяют иглу на установочный микроскоп и отключают координатограф от прибора. Вращая штурвал *Y* прибора, устанавливают на его счетчике отсчет 150,00 мм и, совместив марку установочного микроскопа с точкой *b* на планшете, подключают координатограф к прибору. Для контроля правильности центрирования вращением штурвала *Y* прибора ставят на его счетчике отсчет 100,00 мм. При этом марка установочного микроскопа должна совместиться с точкой *a*. Если расхождение между ними превышает 0,2 мм, то центрирование планшета следует повторить.

Для контроля ориентирования и центрирования при дальнем положении мостика отстояний наводят левую измерительную марку на остальные корректурные точки (*1* и *2*, см. рис. 18). Несовмещения марки установочного микроскопа с прямыми *A1* и *A2* не должны превышать 0,2 мм. При больших отклонениях следует проверить правильность нанесения на планшет базисной и корректурных точек.

Если левая точка базиса на планшет не попадает, то ориентируют и центрируют планшет по установочным точкам.

Для этого штурвалом *Y* прибора устанавливают на счетчике отсчет, соответствующий установочной точке на ближнем плане (точка *a*, см. рис. 17). Значение отсчета вычисляют по формуле

$$Y = Y_{\text{ф}} \frac{1000}{M_{\text{м}}}. \qquad (5.4)$$

Штурвалом *X* прибора и ножным диском наводят левую измерительную марку на один из вертикальных осевых штрихов снимкодержателя и включают стопор штурвала *X*. Марку микроскопа координатографа совмещают с установочной точкой *a* на планшете и подключают координатограф к прибору. Затем, вращая штурвал *Y* прибора, устанавливают на счетчике вычисленный по формуле (5.4) отсчет для установочной точки на дальнем плане (точка *b*, см. рис. 17) и, поворачивая планшет вокруг точки *a*, добиваются совмещения марки микроскопа координатографа с точкой *b* на планшете. Вращая штурвал *Y* прибора, вновь устанавливают на его счетчике отсчет, соответствующий точке *a*, и отклонение марки микроскопа координато-

графа от точки a на планшете устраняют поворотом планшета вокруг точки b.

Ориентирование и центрирование планшета заканчивают, когда в результате последовательного выполнения указанных операций марка микроскопа на координатографе совместится с установочными точками a и b на планшете при установке на счетчике Y прибора соответствующих отсчетов.

Если координаты левой точки базиса фотографирования неизвестны, то для ориентирования и центрирования планшета на нем проводят тонко заточенным карандашом прямую линию, соединяющую корректурные точки *1* и *4* (см. рис. 17), после чего выполняют следующие операции:

1) стереоскопически наводят измерительную марку прибора на корректурную точку *4*, совмещают марку микроскопа координатографа с точкой *4* на планшете и подключают координатограф к прибору;

2) стереоскопически совмещают измерительную марку прибора с корректурной точкой *1* и поворачивают планшет вокруг точки *4* до пересечения марки микроскопа координатографа прямой линией *1—4;*

3) стереоскопически наводят измерительную марку прибора на корректурную точку *4;* при несовпадении марки микроскопа координатографа с точкой *4* на планшете совмещают их перемещением микроскопа центрирующими винтами в направлении оси Y и поворотом планшета вокруг точки *1*.

Ориентирование и центрирование планшета считается законченным, когда в результате последовательного выполнения указанных операций марка микроскопа координатографа совпадает с точкой *4* и пересекается с прямой *1—4* при стереоскопическом наведении измерительной марки прибора на корректурные точки *4* и *1*.

Если базис фотографирования не измерен при полевых работах, то после ориентирования и центрирования планшета уточняют установленные на приборе значения базисных составляющих. Для этого штурвалами прибора совмещают марку микроскопа координатографа с корректурной точкой *4* на планшете. Возникшее при этом несовмещение измерительной марки прибора с точкой *4* модели устраняют изменением базисной составляющей b_x и штурвалом X прибора.

При равноотклоненном виде съемки вводят также поправки в отсчеты по шкалам составляющей b_y. При этом используют формулу

$$\delta(b_y) = \delta(b_x)\,\mathrm{tg}\,\varphi, \tag{5.5}$$

где

$$\delta(b_x) = b_x' - b_x'';$$

b_x' — уточненное значение отсчета по шкале b_x, b_x'' — значение отсчета до его уточнения.

Вычисленную поправку $\delta(b_y)$ вводят в отсчеты по шкалам b_y плановой и высотной линеек прибора. Если отсчет по шкале b_x увеличился, то и отсчеты по шкалам b_y должны быть увеличены на вычисленную поправку, и наоборот.

5.3. КОРРЕКТУРА МОДЕЛИ НА СТЕРЕОАВТОГРАФЕ

Корректуру производят после построения модели, ориентирования и центрирования планшета на координатографе, как указано в 5.2.

Если координаты левой точки базиса фотографирования и его длина определены при полевых работах, то корректуру модели выполняют по трем точкам, стандартное расположение которых показано на рис. 11 (точки *1, 2, 3*). Если координаты левой точки базиса фотографирования или его длина неизвестны, корректуру модели производят по четырем точкам (точки *1, 2, 3* и *4*).

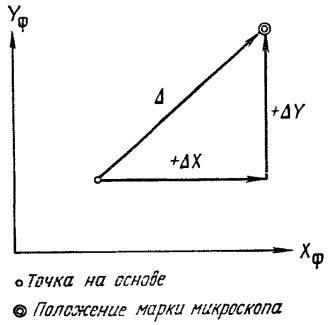


Рис. 19. К определению невязок в плане при корректуре модели

При корректуре вначале устраняют невязки ΔY координат $Y_ф$ корректурных точек, затем невязки ΔX координат $X_ф$ и в последнюю очередь невязки ΔZ отметок. Невязку в плане (отрезок Δ на рис. 19) определяют как расстояние между корректурной точкой на планшете и маркой микроскопа координатографа при стереоскопическом совмещении измерительной марки прибора с корректурной точкой на модели. Невязки ΔY, ΔX координат $Y_ф$, $X_ф$ являются проекциями невязки Δ на оси $Y_ф$, $X_ф$, параллельные соответствующим осям координатографа.

Невязка ΔY считается положительной, если марка микроскопа смещена в направлении от базиса фотографирования; невязка ΔX положительна при смещении марки микроскопа вправо от точки (для наблюдателя на базисе фотографирования). Изложенные правила знаков показаны на рис. 19.

Невязка ΔZ высотной отметки корректурной точки определяется по величине и знаку как алгебраическая разность получаемой и известной отметок точек.

При корректуре модели ведется журнал по образцу, приведенному в прилож. 4.

1. Корректура модели по трем точкам

Корректура в направлении оси $Y_ф$.

Корректуру начинают с устранения невязки на точке *1* (см. рис. 11). Для этого наводят измерительную марку прибора на корректурную точку *1* модели и оценивают величину невязки ΔY на планшете. Затем штурвалами координатографа совмещают марку микроскопа с точкой *1* на планшете. Возникшее при этом несовмещение ΔY измерительной марки прибора с точкой *1* модели устраняют изменением угла конвергенции, если $\Delta Y \geqslant 2$ мм. При $\Delta Y < 2$ мм вместо изменения конвергенции смещают правый негатив в снимкодержателе вдоль его оси *x*, используя для этого продольный центрирующий винт снимкодержателя. Для контроля штурвалами *X*, *Y* прибора вновь совмещают измерительную марку с точкой *1* модели. Если при этом $\Delta Y > 0{,}2$ мм на планшете, то корректуру повторяют.

Не стремясь к точному совмещению, наводят измерительную марку прибора на корректурную точку *2* модели. Штурвалами координатографа совмещают марку микроскопа с корректурной точкой *2* на планшете. После этого, изменяя составляющую b_y плановой линейки, совмещают измерительную марку с точкой *2* модели. Для контроля штурвалом *Y* прибора выполняют повторное совмещение измерительной марки с точкой *2* модели. Корректуру прекращают, если $\Delta Y \leqslant 0{,}2$ мм на планшете.

Устранив невязку ΔY на точке *2*, вновь наводят измерительную марку прибора на точку *1*. Если при этом $\Delta Y > 0{,}2$ мм, то корректуру на точках *1* и *2* повторяют. Значение полученных в последнем приближении невязок записывают карандашом около корректурных точек *1* и *2* на планшете.

Наводят измерительную марку на корректурную точку *3* модели и измеряют невязку ΔY на планшете. Если невязки ΔY на точках *1* и *3* имеют одинаковый знак, а $\Delta Y_3 \leqslant 0{,}5$ мм, то вычисляют

$$\delta Y_{ср} = -\frac{\Delta Y_1 + \Delta Y_2 + \Delta Y_3}{3},$$

смещают на эту величину микроскоп координатографа центрирующими винтами и на этом корректуру заканчивают.

Если невязка $\Delta Y_3 \leqslant 0{,}5$ мм и имеет знак, обратный невязке ΔY_1, то вычисляют величину

$$\Delta Y'_2 = \frac{\Delta Y_3 a + \Delta Y_2 c}{a + c}, \qquad (5.6)$$

где a — расстояние на планшете от точки *2* до направления главного луча правого снимка;

c — то же, до точки *3*;

ΔY_i — невязки на точках *1*, *2*, *3*.

Штурвалами координатографа наводят микроскоп на точку *2* так, чтобы невязка была равна $\Delta Y_2'$, и совмещают марку прибора с точкой *2* модели изменением базисной составляющей b_y. Вновь измеряют невязки на точках *1, 2, 3*, вычисляют $\Delta Y_{ср}$, смещают на эту величину микроскоп координатографа (центрировочными винтами) и на этом корректуру заканчивают.

Если невязка ΔY_3 больше 0,5 мм, то для последующей корректуры вычисляют коэффициент V_Y

$$V_Y = \frac{f_к b_x N}{(a+c)c}, \tag{5.7}$$

где N — передаточное отношение (отношение знаменателя масштаба модели к знаменателю масштаба плана);

b_x — отсчет, установленный на шкале b_x прибора.

Затем по невязке ΔY_3 и коэффициенту V_Y вычисляют поправку δX

$$\delta X = \Delta Y_3 V_Y. \tag{5.8}$$

Вычисление коэффициента V_Y и поправки δX производят в журнале корректуры (прилож. 4).

Вращая штурвал Y прибора, устанавливают на его счетчике отсчет Y_0, вычисленный по формуле

$$Y_0 = f_2 - b_y, \tag{5.9}$$

где f_2 — отсчет, установленный на индикаторах фокусных расстояний правого снимка;

b_y — отсчет, установленный на индикаторах базисной составляющей b_y.

При скосе влево отсчет считается положительным, при скосе вправо — отрицательным.

Штурвалом X прибора и ножным диском монокулярно совмещают измерительную марку прибора с любой четкой контурной точкой на правом снимке и берут отсчет по счетчику X прибора. Алгебраически суммируют этот отсчет с поправкой δX, вычисленной по формуле (5.8), и, поворачивая штурвал X, устанавливают на его счетчике полученную сумму. Возникшее при этом несовмещение измерительной марки с точкой устраняют сдвигом правого снимка вдоль его оси x центрирующим винтом снимкодержателя. Вновь устраняют невязки на точках *1* и *2* и наводят марку на точку *3*. Дальнейшую корректуру выполняют, как изложено выше. После корректуры в направлении оси $Y_ф$ на индикаторе b_y высотной линейки устанавливают отсчет, равный отсчету на индикаторе плановой линейки.

Корректура в направлении $X_ф$

Последовательно совмещают измерительную марку прибора с корректурными точками и определяют невязки ΔX на этих

точках. Если ни одна из невязок не превышает по абсолютному значению 0,2 мм, то корректуру модели в направлении оси $X_ф$ не производят. В противном случае вычисляют среднее арифметическое значение из невязок и отклонение от него каждой невязки.

Вычисления ведут по формулам:

$$\Delta X_{ср} = \frac{1}{3}(\Delta X_1 + \Delta X_2 + \Delta X_3),$$

$$v(\Delta X_1) = \Delta X_1 - \Delta X_{ср},$$

$$v(\Delta X_2) = \Delta X_2 - \Delta X_{ср},$$

$$v(\Delta X_3) = \Delta X_3 - \Delta X_{ср},$$

где $v(\Delta X)$ — отклонение невязки на точке от среднего арифметического $\Delta X_{ср}$.

Если хотя бы одно из отклонений $v(\Delta X)$ превышает по абсолютному значению 0,2 мм, то это указывает на наличие ошибок в положении корректурных точек. В этом случае рекомендуется проверить правильность нанесения точек на планшет и определения их координат.

Если абсолютные значения вычисленных по формулам отклонений $v(\Delta X)$ не превышают 0,2 мм, то измерительную марку прибора наводят на одну из корректурных точек, после чего, вращая штурвал X прибора, смещают микроскоп координатографа таким образом, чтобы невязка ΔX на этой точке была равна вычисленному для нее отклонению $v(\Delta X)$. Центрирующим винтом снимкодержателя сдвигают левый снимок вдоль его оси x до монокулярного совмещения измерительной марки прибора с изображением корректурной точки на этом снимке, а перемещением правого снимка восстанавливают стереоскопическое совмещение измерительной марки прибора с корректурной точкой.

Закончив корректуру модели в направлении оси $X_ф$, последовательно совмещают измерительную марку прибора с корректурными точками и другими точками модели с известными координатами и оценивают плановые невязки Δ. Величины невязок не должны превышать на корректурных точках 0,3 мм, на других точках 0,5 мм. Если на отдельных точках невязки оказываются больше допустимых, то следует попытаться уменьшить их смещением микроскопа центрирующими винтами карандашного устройства. При невозможности получить таким образом допустимые невязки следует проверить правильность нанесения точек и определения их координат.

Величину и направление оставшихся после корректуры плановых невязок показывают на схеме в журнале корректуры модели (прилож. 4).

Корректура в направлении оси Z

Наводят измерительную марку прибора на корректурную точку *1* и отсчитывают на счетчике высот полученное значение отметки. Определяют невязку ΔZ_1 отметки и вычисляют поправку δZ_{S_1} к установке счетчика высот

$$\delta Z_{S_1} = \Delta Z_1 V_Z, \tag{5.10}$$

где

$$V_Z = \frac{Y_c}{Y_1 - Y_c}. \tag{5.11}$$

здесь Y_c — отсчет по счетчику Y прибора при установке шкалы счетчика высот в начальное положение (см. 5.2);

Y_1 — отсчет по счетчику Y прибора при наведении измерительной марки на корректурную точку *1*.

Коэффициент V_Z и поправку δZ_{S_1} вычисляют в формуляре журнала корректуры модели (прилож. 4).

Поправку δZ_{S_1} вводят следующим образом: зажимают стопорный винт счетчика высот, алгебраически суммируют отсчет на счетчике высот и вычисленную поправку, открепляют осевой стопор шкалы счетчика высот и поворотом установочного кольца счетчика ставят на нем отсчет, равный вычисленной сумме; осторожно, чтобы не сбить установленный отсчет, зажимают осевой стопор шкалы счетчика высот, отключают стопор счетчика высот и устанавливают отсчет, равный отметке корректурной точки *1;* винтами компенсаторов смещения объектива наводят измерительную марку прибора на корректурную точку *1*.

Совмещают измерительную марку прибора с корректурными точками *2* и *3* и определяют невязки δZ на этих точках. Если невязки не превышают $^1/_4$ принятого сечения рельефа, то достаточно установить шкалы счетчика высот.

Поправку к установке счетчика вычисляют по формуле

$$\delta Z_c = -\frac{1}{3}(\Delta Z_2 + \Delta Z_3). \tag{5.12}$$

Для введения поправки зажимают стопор счетчика высот, берут отсчет Z' по счетчику, освобождают осевой стопор шкалы и, вращая установочное кольцо, ставят на счетчике отсчет, равный сумме $Z' + \delta Z_c$. Затем зажимают осевой стопор шкалы и отпускают стопорный винт счетчика высот. После этого вновь измеряют отметки корректурных точек *1, 2* и *3* и для всех точек вычисляют невязки ΔZ. При правильной установке счетчика сумма невязки должна быть близка к нулю.

Если невязка ΔZ_2 или ΔZ_3 превышает $^1/_4$ сечения рельефа, то это свидетельствует о значительных ошибках в определении отметок корректурных точек или о наличии значительного угла $\varkappa$ вследствие грубой установки уровней фототеодолита при съемке с левой точки базиса.

Причины недопустимых невязок на корректурных точках *2* и *3* устанавливают следующим образом.

При значительном угле $\varkappa$ невязки появляются на обеих точках, знаки их противоположны, а величины приблизительно пропорциональны расстояниям от точек *2* и *3* до точки *1;* при ошибке в отметке корректурной точки *1* невязки на точках *2* и *3* приблизительно равны; при грубых ошибках в отметках корректурных точек *2* или *3* указанные выше закономерности не обнаруживаются.

Поправку за угол $\varkappa$ вводят следующим образом.

Стереоскопически совмещают измерительную марку прибора с корректурной точкой *2* и, вращая ножной диск, устанавливают на счетчике высот значение отметки точки. Ближайшим к точке центрирующим винтом снимкодержателя смещают левый снимок в направлении оси *zz* до монокулярного совмещения измерительной марки с изображением точки *2*. Указанные операции выполняют также на корректурной точке *3,* затем вновь на точке *2* и т. д. до тех пор, пока отсчеты на счетчике высот не будут равны известным отметкам точек *2* и *3*. Если после этого появляются поперечные параллаксы, последние нужно устранить поворотом правой пластинки центрирующими винтами. Затем штурвалами прибора совмещают марку микроскопа с точкой *3* на планшете и, сдвигая левый снимок вдоль его оси *xx,* монокулярно совмещают измерительную марку с точкой *3*. Сдвигая правый снимок вдоль оси *xx*, стереоскопически совмещают измерительную марку прибора с точкой *3*. После этого следует проверить, не нарушилась ли корректура модели в плане. Если невязки на корректурных точках превышают допуски, то корректуру модели следует повторить. Корректуру модели по оси *Z* следует повторить и в том случае, если ее корректура в плане не нарушилась.

Невязки ΔZ на корректурных точках не должны превышать $^1/_4$ сечения рельефа, а на прочих точках с известными отметками — $^1/_3$ сечения. Полученные невязки записывают на схеме в журнале корректуры модели.

2. Корректура модели по четырем точкам

Корректура в направлении осей Y_Φ, X_Φ

Корректуру начинают с того, что наводят измерительную марку прибора на корректурную точку *1* и определяют значение невязки ΔY_1.

Если неизвестны координаты левой точки базиса фотографирования, то вычисляют поправку

$$\delta Y_{\Phi_{S_1}} = \Delta Y_1 V_{Y_{S_1}}, \tag{5.13}$$

где

$$V_{Y_{S_1}} = \frac{1}{\left(\frac{Y_1}{Y_4}\right)^2 - 1}. \qquad (5.14)$$

Если неизвестна длина базиса фотографирования, то вычисляют поправку к отсчету по шкале составляющей b_x

$$\delta b_x = \Delta Y_1 V_b, \qquad (5.15)$$

где

$$V_b = \frac{b_x}{Y_1\left(\frac{Y_1}{Y_4} - 1\right)N}. \qquad (5.16)$$

В формулах (5.14) и (5.16):

Y_1, Y_4 — отсчеты по счетчику Y прибора при наведении измерительной марки прибора на корректурные точки *1* и *4*;

b_x — отсчет, установленный на шкале b_x прибора.

Поправки $\delta Y_{\Phi_{S_1}}$ и δb_x вычисляют в формулярах журнала корректуры модели.

Для введения поправки $\delta Y_{\Phi_{S_1}}$ смещают микроскоп координатографа центрирующими винтами карандашного устройства на величину вычисленной поправки. Если поправка положительная, то микроскоп смещается по направлению оси Y_Φ от базиса фотографирования и наоборот.

Для введения поправки δb_x суммируют ее алгебраически с отсчетом по шкале b_x и полученную сумму устанавливают на этой шкале.

Дальнейшая корректура модели заключается в устранении невязок ΔY на точках *1, 2, 3* и выполняется, как указано выше.

После устранения невязок ΔY на точках *1, 2, 3* следует совместить измерительную марку прибора с корректурной точкой *4* и измерить невязку ΔY_4. Если $\Delta Y_4 \geqslant 0{,}2$ мм, то невязка устраняется смещением микроскопа координатографа (когда неизвестны координаты левой точки базиса) или изменением отсчета по шкале b_X прибора (когда неизвестна длина базиса). После этого корректуру в направлении оси Y_Φ повторяют.

Корректуру в направлении оси X_Φ выполняют по точкам *1, 2, 3* способами, изложенными выше.

Корректура в направлении оси Z

Корректуру выполняют по четырем точкам в том случае, если неизвестна отметка объектива фототеодолита на левой точке базиса.

Корректура начинается с наведения измерительной марки на корректурную точку *1* и определения невязки ΔZ_1.

Затем по формуле (5.10) вычисляют поправку δZ_{S_1} к установке шкалы счетчика высот. При этом в формуле (5.11) вместо отсчета Y_c используется отсчет Y_4 по счетчику прибора при наведении на корректурную точку *4*. Дальнейшие операции по корректуре модели в направлении оси Z_Φ выполняются в последовательности, описанной выше.

Все вычисления, выполняемые в процессе корректуры модели по осям Y_Φ и Z, а также величины и направления (знаки) остаточных ошибок на корректурных и контрольных точках фиксируют в журнале корректуры модели.

5.4. РИСОВКА РЕЛЬЕФА И КОНТУРОВ

Если при корректуре модели использовался не планшет, а специальная основа, то прежде чем начинать рисовку контуров и рельефа, основу следует заменить планшетом.

Для этого на каждом из планшетов, используемых для обработки стереопары, выбирают не менее чем по три общие с основой точки, расположенные в пределах рабочей площади стереопары на возможно большем расстоянии одна от другой. В качестве этих точек рекомендуются корректурные точки, а также точки пересечения линий координатной сетки.

Вращением штурвалов X и Y прибора марку микроскопа совмещают последовательно с выбранными точками и для каждой из них записывают координаты X и Y по счетчикам прибора и счетчикам координатографа. После этого отключают координатограф от прибора и вместо основы укладывают один из планшетов, который приближенно (на глаз) ориентируют относительно осей координатографа так же, как ориентирована основа.

Марку микроскопа координатографа совмещают с одной из выбранных точек и на счетчиках координатографа устанавливают координаты этой точки. Затем вращением штурвалов координатографа устанавливают на его счетчиках координаты другой точки и поворачивают планшет вокруг первой точки до тех пор, пока вторая точка планшета не совместится с маркой микроскопа. Проверяют установку на первой точке и при необходимости исправляют положение планшета поворотом его вокруг второй точки. Ориентирование заканчивается, когда при установке на счетчиках кординат X и Y первой и второй точек марка микроскопа совпадет с соответствующими точками планшета.

Точность установки контролируют по третьей точке, после чего координатограф вновь присоединяют к прибору. Для этого марку микроскопа совмещают с одной из установочных точек, на счетчиках стереоавтографа вращением штурвалов X и Y

устанавливают координаты X и Y этой точки и подключают координатограф. Для проверки правильности и надежности сцепления делают несколько оборотов штурвалами и вновь устанавливают те же отсчеты X и Y. Несовмещение марки микроскопа с точкой планшета устраняют смещением микроскопа центрировочными винтами, затем проверяют по другим установочным точкам (путем установки соответствующих отсчетов X, Y на счетчиках прибора и оценки точности совмещения марки микроскопа с точками планшета).

Кроме того, измерительную марку прибора последовательно совмещают со всеми корректурными точками, попадающими на данный планшет, и на них оценивают отклонения марки микроскопа от положения точек на планшете. Эти отклонения не должны превышать 0,3 мм.

По окончании установки планшета проверяют сходимость контуров и рельефа на границах со смежными стереопарами. С этой целью в держатель карандашного устройства вместо микроскопа вставляют карандаш. Затем измерительную марку совмещают стереоскопически с несколькими характерными точками контуров и рельефа. Каждую точку наносят на планшет и по счетчику высот отсчитывают ее отметку. Сходимость считается удовлетворительной, если расхождения в плане и по высоте не превышают допустимых значений, указанных в объяснительной записке к проекту съемки.

После проверки сходимости контуров и рельефа на границах со смежными стереопарами приступают к рисовке контуров.

Техника рисовки контуров заключается в следующем.

Совместив измерительную марку с какой-либо точкой контура, подлежащего изображению, включают (при помощи ножной педали) магнит держателя, в результате чего карандаш опускается и острие его касается планшета. Затем при помощи штурвалов X, Y и ножного диска перемещают марку по выбранному контуру модели, внимательно следя за тем, чтобы марка все время была стереоскопически совмещена с соответствующей точкой контура.

Рисовку контуров правильной геометрической формы (здания, промышленные сооружения, мосты, линии связи, электролинии и т. д.) рекомендуется для ускорения работы и повышения точности выполнять точечным способом. С этой целью измерительную марку последовательно совмещают с характерными точками контура, положение которых отмечают на планшете, а затем по полученным точкам вычерчивают весь контур. Части контуров (зданий, сооружений и др.), не видимые на модели, а также все контуры, не изобразившиеся на снимках, наносят на планшет по данным полевых промеров, выполненных в процессе дешифрирования.

Чтобы избежать пропусков отдельных деталей ситуации и обеспечить изображаемые контуры необходимыми пояснитель-

ными надписями, в процессе рисовки контуров следует систематически пользоваться отдешифрированными в поле снимками и ведомостями дешифрирования, прилагаемыми к данному снимку.

Закончив рисовку ситуации, приступают к рисовке рельефа, причем вначале наносят элементы рельефа, не изображающиеся горизонталями (промоины, обрывы, скалы и т. д.), затем определяют и наносят на план отметки всех характерных точек рельефа (вершин, котловин и др.). Закончив определение характерных точек, отключают ножной штурвал и приступают к рисовке горизонталей.

Для проведения горизонтали на счетчике высот устанавливают отсчет, соответствующий отметке горизонтали, и закрепляют счетчик стопорным винтом, затем стереоскопически совмещают марку с моделью. После этого включают чертежное устройство и перемещают марку штурвалами X и Y, следя за тем, чтобы она непрерывно касалась поверхности модели.

Рисовку горизонталей следует начинать с одной из границ рабочей площади (дальней или ближней), причем для уменьшения ошибок за счет «люфтов» прибора (особенно это относится к приборам, длительное время находящимся в эксплуатации), марку при рисовке всех горизонталей целесообразно перемещать всегда в одном направлении, например только слева направо. Только в одном направлении следует вращать также шкалы счетчика высот при установке на нем отметок горизонталей.

При достаточно ровном и крутом склоне для ускорения работы можно выполнять стереоскопическую рисовку не всех горизонталей подряд, а только каждой второй, третьей или пятой (в зависимости от крутизны склона). Остальные горизонтали проводят интерполированием.

На участках, покрытых кустарником или редким лесом, а также в других местах, где проводить горизонтали способом непрерывного ведения марки на поверхности модели затруднительно, рекомендуется рисовать рельеф по пикетам. Набор пикетов производят следующим образом:

1) выбирают характерные точки рельефа на нужном участке аналогично тому, как это делается при мензульной съемке;

2) измерительную марку совмещают последовательно с выбранными точками, причем положение каждой точки отмечают на планшете наколом иглы, вставленной в держатель вместо карандаша, а рядом надписывают отметку;

3) набрав группу пикетов, характеризующих небольшой участок, рисуют по ним рельеф; для правильного изображения деталей рельефа при рисовке по пикетам следует периодически рассматривать стереомодель местности;

4) набирают новую группу пикетов и зарисовывают следующую часть и т. д.

Если стереопару обрабатывают в течение нескольких дней, то ежедневно перед началом работ следует проверить корректуру модели по всем корректурным точкам и при необходимости уточнить ее. Такую же проверку необходимо сделать каждый раз после завершения обработки стереопары.

5.5. ОБРАБОТКА СТЕРЕОПАР НА СТЕРЕОМЕТРОГРАФЕ

Подготовительные работы, а также рисовка рельефа и контуров при составлении плана на стереометрографе не отличаются от аналогичных работ по составлению плана на стереоавтографе. Построение же модели и ее корректура имеют некоторые особенности, связанные с конструкцией прибора.

Построение модели начинают с установки снимков в снимкодержатели, которые для этого снимают с камер прибора и ставят на световой стол. На стекла снимкодержателей укладывают негативы эмульсионным слоем вниз. Снимок, сделанный с левой точки базиса фотографирования, устанавливают в левый снимкодержатель, с правой — в правый. Снимки должны быть уложены так, как это показано на рис. 20, переключатель *30* (прилож. 3, рис. 3.3) должен быть включен в положение «Nega».

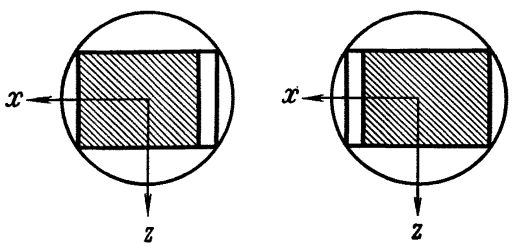


Рис. 20. Установка снимков

Если снимок нельзя центрировать по рискам на стекле снимкодержателя, то предварительно на снимке определяют и накалывают положение главной точки. Для этого снимок укладывают на каретку стереокомпаратора эмульсионным слоем вверх, ориентируют по координатным меткам и находят отсчеты V_{x_0}, V_{z_0} соответствующие началу координат. Отсчет V_{z_0} вычисляют по формуле

$$V_{z_0} = V_z \pm \Delta Z_{об}, \tag{5.17}$$

где V_z — отсчет по счетчику Z при наведении марки на левую или правую координатную метку снимка;

$\Delta Z_{об}$ — величина смещения объектива при съемке.

Отсчет V_{x_0} соответствует отсчету V_x по верхней или нижней координатной метке. На шкалах счетчиков X и Z устанавливают отсчеты V_{x_0}, и V_{z_0} и на эмульсии снимка делают тонкой

иглой накол под маркой прибора. По этому наколу снимки тщательно центрируют в снимкодержателях стереометрографа при помощи лупы с увеличением 2—3×.

Если не удается закрепить снимок прижимными устройствами снимкодержателя, то его прикрепляют к стеклам пластилином.

На шкалах счетчиков фокусных расстояний $C_к$ устанавливают отсчеты $V_{C_к}$ вычисляемые для каждого снимка отдельно,

$$V_{C_к} = f'_к + \text{МО}_{C_к}, \tag{5.18}$$

где $f'_к$ — фокусное расстояние снимка;

$\text{МО}_{C_к}$ — значение начального отсчета счетчика $C_к$.

На шкалах счетчиков $\varphi_л$, $\varphi_п$, $\omega_л$, $\omega_п$, $\varkappa_л$, $\varkappa_п$ y устанавливают значения их начальных отсчетов и закрепляют стопорные винты. В процессе работы не следует откреплять стопорный винт $\varphi_л$, а также выключать счетчик Y.

На шкалах счетчиков b_X, b_Y, b_Z устанавливают значения базисных составляющих в масштабе модели, вычисленные по формулам (5.3).

При работе на стереометрографе необходимо иметь в виду, что функции базисных составляющих b_y и b_z взаимно меняются и поэтому превышение одного конца базиса фотографирования над другим устанавливают на счетчике прибора b_Y, а значение базисной составляющей b_y при съемке с равноотклоненными осями устанавливают на счетчике b_Z. Отсчеты V_{b_x}, V_{b_y} V_{b_z} определяют по формулам:

$$\left.\begin{aligned} V_{b_x} &= b_x + \text{МО}_{b_x} \\ V_{b_y} &= b_y + \text{МО}_{b_y} \\ V_{b_z} &= b_z + \text{МО}_{b_z} \end{aligned}\right\}. \tag{5.19}$$

При съемке с отклонением осей влево в формуле (5.19) величина b_y имеет знак плюс, при отклонении вправо — минус.

При нормальном виде съемки на шкале счетчиков b_z устанавливают начальный отсчет.

При выборе масштаба модели следует иметь в виду, что диапазон отстояний $Y_ф$ наземной стереофотограмметрической съемки соответствует в стереометрографе перемещению каретки Z от 130 мм до 310 мм, т. е. составляет 180 мм. В стереометрографе D этот диапазон составляет 220 мм — от 120 мм до 350 мм.

Максимальное отстояние $Y_{ф_{max}}$ можно увеличить, установив на счетчиках фокусных расстояний значение $C'_к$ меньше, чем фокусное расстояние $C_к$ камеры, которой выполнена съемка. Этот способ рекомендуется применять только при нормальном

виде съемки. В этом случае модель по направлению Y_Φ сжимается пропорционально коэффициенту преобразования $K = \frac{C_k'}{C_к}$, а ее масштаб равен

$$M_{Y_\Phi} = \frac{M_м}{K}, \qquad (5.20)$$

где $M_м$ — знаменатель масштаба модели по оси X_Φ.

Выравнивание масштабов по осям X_Φ и Y_Φ выполняют подбором в редукторе координатографа соответствующих шестерен.

При выборе масштаба модели рекомендуется использовать табл. 8, в которой приведены значения $Y_{\Phi_{max}}$ и $Y_{\Phi_{min}}$ в зависимости от масштаба модели, прибора и коэффициента преобразования K. Значения базиса фотографирования B_{max} приведены только для случая съемки с равноотклоненными осями, так как при обработке снимков этого вида съемки возможность установки базисной составляющей b_y на счетчике прибора ограничена ввиду его конструктивных особенностей (перемещение базисной составляющей не превышает ± 15 мм).

Использование B_{max}, приведенных в табл. 8, обеспечивает установку необходимого значения b_y при $\varphi \leqslant 31°30'$.

Таблица 8

Знаменатель масштаба модели	$K = 1$				B_{max}, м	$K = 0,5$			
	стереометрограф		стереометрограф D			стереометрограф		стереометрограф D	
	$Y_{\Phi_{min}}$, м	$Y_{\Phi_{max}}$, м	$Y_{\Phi_{min}}$, м	$Y_{\Phi_{max}}$, м		$Y_{\Phi_{min}}$, м	$Y_{\Phi_{max}}$, м	$Y_{\Phi_{min}}$, м	$Y_{\Phi_{max}}$, м
1000	120	310	130	350	28	260	620	260	700
2000	260	620	260	700	56	520	1240	520	1400
2500	325	775	325	875	70	650	1550	650	1750
3000	390	930	390	1050	84	780	1860	780	2100
4000	520	1240	520	1400	112	1040	2480	1040	2800
5000	650	1550	650	1750	140	1300	3100	1300	3500
6000	780	1860	780	2100	168	1560	3720	1560	4200
8000	1040	2480	1040	2800	220	2080	4960	2080	5600

Значения B_{max} для нормального вида съемки не приводятся, так как на стереометрографе практически можно установить любое значение базиса фотографирования, которое может встретиться при съемке местности.

Примеры. 1. Необходимо обработать снимки нормального вида съемки при $Y_{\Phi_{min}} = 500$ м и $Y_{\Phi_{max}} = 1200$ м.

По табл. 8 находим, что при $K=1$ масштаб модели следует выбрать 1:4000.

2. Необходимо обработать снимки равноотклоненного вида съемки при $Y_{\Phi_{min}}=700$ м, $Y_{\Phi_{max}}=1000$ м, $B=140$ м, $\varphi=31°30'$.

По таблице находим, что масштаб модели следует выбрать 1:5000 при $K=1$.

После установки базисных составляющих проверяют ориентировку снимков по $\varkappa$. Для этого монокулярно наблюдают левый снимок и совмещают измерительную марку штурвалом X и ножным приводом Z с верхней координатной меткой. Перемещают марку к нижней метке и величину несовмещения марки с меткой устраняют наполовину ручным приводом $\varkappa$, наполовину движением штурвала X, перемещают марку к верхней метке и вновь устраняют несовмещение марки с меткой и т. д. Эти действия выполняют несколько раз, добиваясь того, чтобы при перемещении марки ножным приводом Z она поочередно совмещалась с верхней и нижней координатными метками снимка.

Аналогично исправляют установку $\varkappa$ правого снимка.

Если превышение одного конца базиса над другим неизвестно, то монокулярно совмещают штурвалом X и ножным приводом Z правую марку с центром правого снимка. Левую марку совмещают с центром левого снимка штурвалом X и ручным приводом b_y.

По таблице подбирают шестерни и устанавливают их в редуктор координатографа в соответствии с выбранным масштабом модели и заданным масштабом плана, подключают координатограф к стереометрографу переключателем *4* (прилож. 3, рис. 3.1), устанавливают на координатографе основу и приступают к корректуре модели.

При подключении координатографа необходимо переключить движения X и Y на микрометренные и поменять местами в розетках стереометрографа кабели питания Y и Z координатографа.

Корректуру модели в направлении оси Y_Φ выполняют так же, как и на стереоавтографе.

Исправления модели по корректурным точкам выполняют следующими устройствами прибора:

— погрешность Δb_x — базисной составляющей b_x;

— погрешность Δb_y — базисной составляющей b_z;

— ошибку конвергенции γ — изменением установки φ правого снимка.

Корректуру модели по оси H выполняют в следующем порядке. Маску счетчика высот *35* (прилож. 3, рис. 3.3) устанавливают на выбранный масштаб модели (если масштаб на барабане подписан красными цифрами, то переключатель *36* устанавливают на красную точку, если зеленым — на зеленую, если желтым — на желтую).

Штурвалом X и ножным приводом Z совмещают на левом

снимке марку с горизонтальным штрихом центрального креста снимкодержателя. Закрепляют стопорный винт *1* (прилож. 3, рис. 3.2) и на счетчике высот устанавливают отсчет, равный высотной отметке объектива фототеодолита при съемке с левой точки базиса фотографирования. Открепляют стопорный винт и проверяют установку отсчета. После этого на счетчике высот ножным приводом Z устанавливают отсчет Z_1, равный высотной отметке точки *1*, и стереоскопически наблюдают эту точку. Несовмещение по высоте марки с точкой *1* устраняют монокулярно изменением установки счетчика ω левого снимка. Возникший при этом вертикальный параллакс устраняют движением ω правого снимка. Вновь стереоскопически совмещают марку с точкой *1* штурвалами X и ножным приводом Z, проверяют правильность установки высотной отметки точки *1* и при необходимости повторяют указанные действия. Затем измеряют высотные отметки Z_2 и Z_3 на точках *2* и *3* (см. рис. 11) и по формуле

$$\Delta Z = Z - Z_{\text{г}}$$

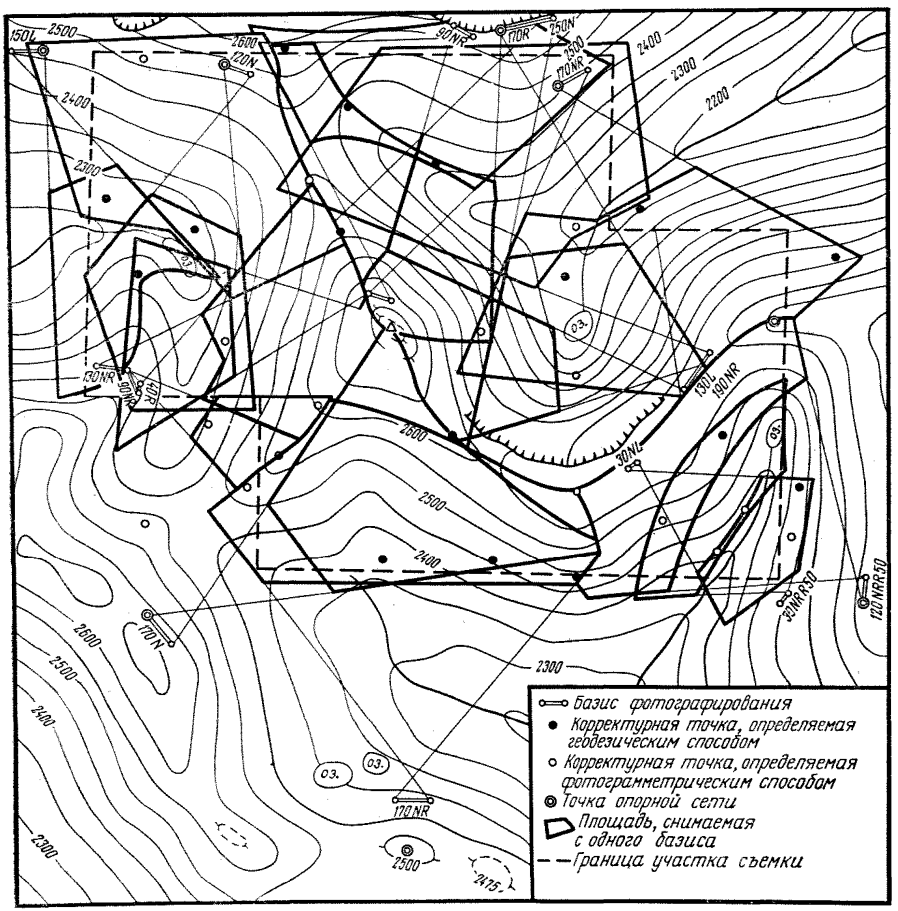
находят отклонения ΔZ_2 и ΔZ_3.

Незначительные вертикальные параллаксы, которые могут появиться в процессе измерения, устраняют ручным приводом $\omega_{\text{п}}$.

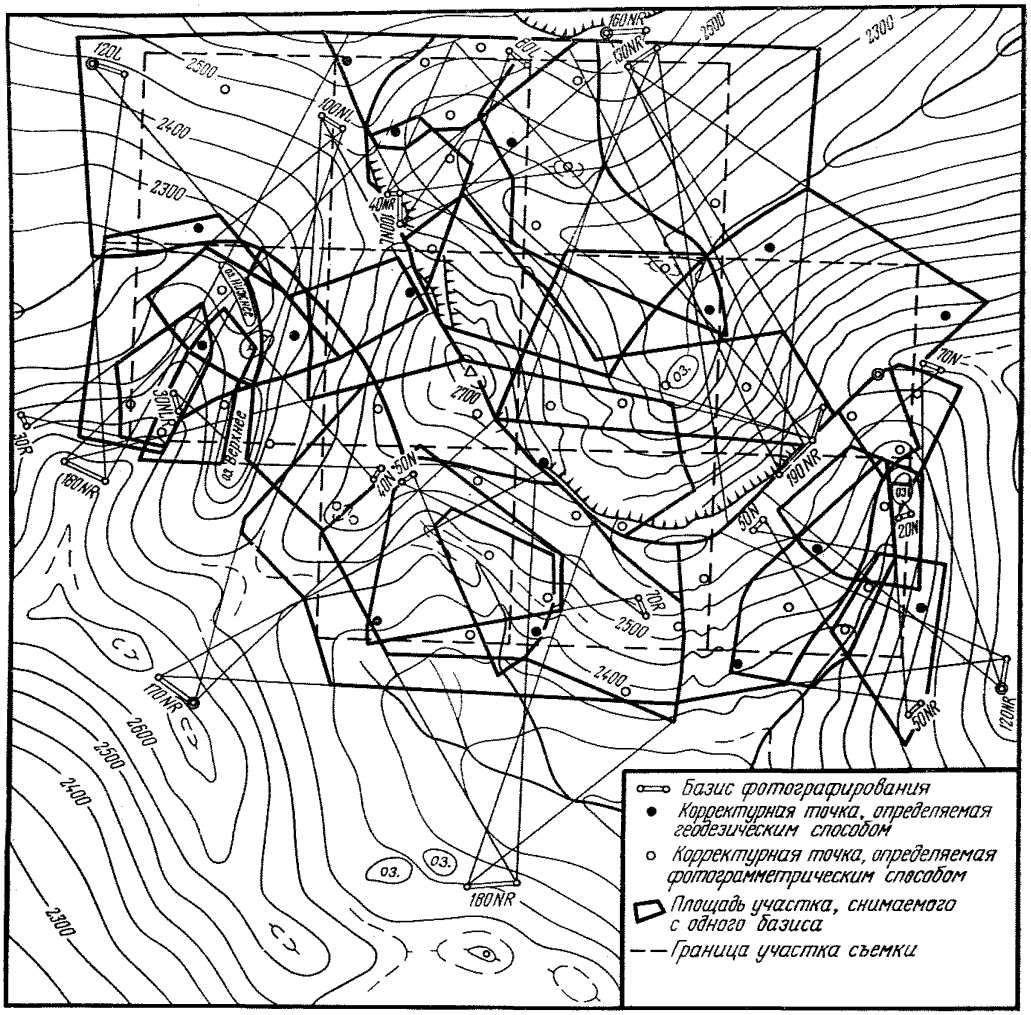
Если после корректуры в плане по точкам *1* и *2* невязка ΔY на точке *3* окажется более допустимой, то такую стереопару обрабатывают раздельно: вначале устраняют невязки ΔY на точках *1* и *2* и обрабатывают левую половину стереопары (до правой оси съемки), затем устраняют (составляющей b_y) невязку на точках *1* и *3* и обрабатывают правую половину.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

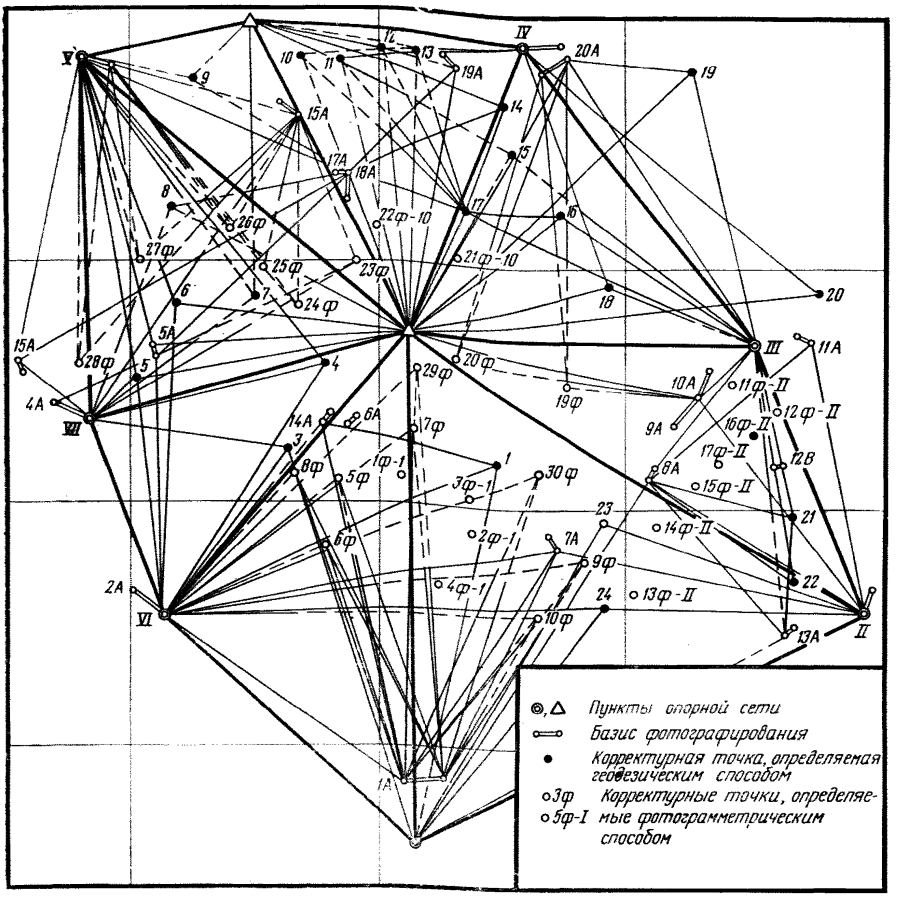
ОБРАЗЦЫ СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ



Проект расположения базисов и корректурных точек



Отчетная схема фототеодолитной съемки



Отчетная схема определения пунктов съемочного обоснования

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ФОТОТЕОДОЛИТНЫЙ КОМПЛЕКТ Photheo 19/1318 (КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ)

Фототеодолит предназначен для наземной стереофотограмметрической съемки с целью составления топографических карт и планов.

На рис. 2.1 изображен фототеодолитный комплект, в который входят следующие инструменты и принадлежности: фототеодолит Photheo 19/1318, теодолит-тахеометр Theo-020, базисная рейка Bala длиной 2 м, три трегера (подставки), три визирных марки, три шнуровых отвеса, 24 деревянные кассеты, три раздвижных штатива, полевое юстировочное устройство, юстировочный накладной уровень.

Фототеодолит, теодолит-тахеометр, кассеты, трегеры, марки, отвесы и юстировочное приспособление размещаются в семи деревянных укладочных ящиках, снабженных заплечными ремнями и ременными ручками; штативы и базисная рейка укладываются в брезентовые чехлы, снабженные ремнями.

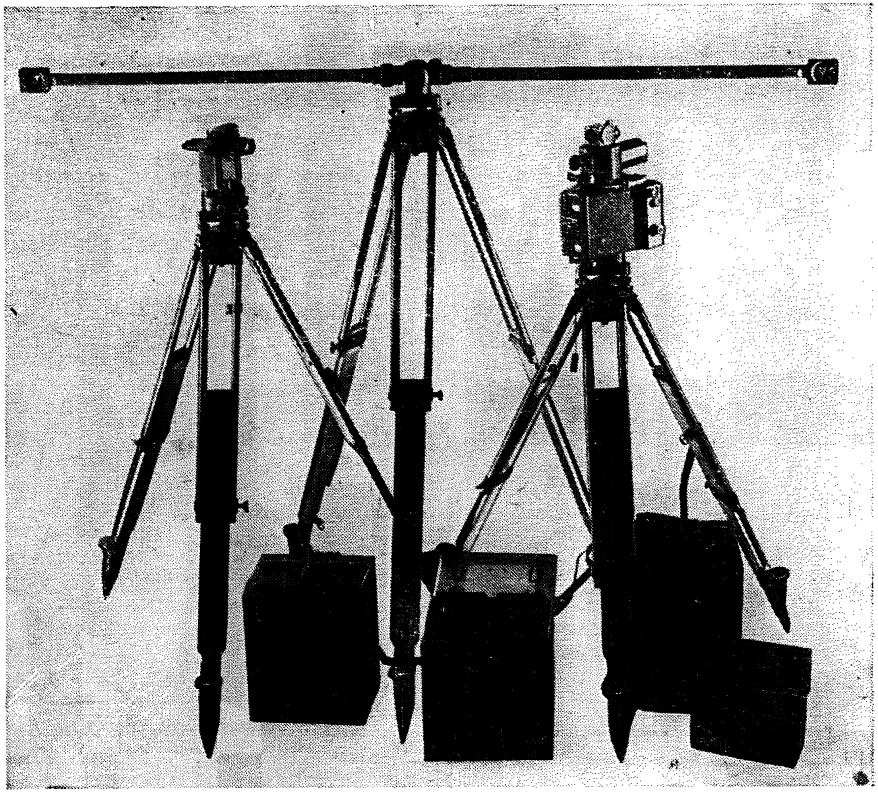


Рис. 2.1. Фототеодолитный комплект Photheo 19/1318

Фототеодолит (рис. 2.2 и 2.3 *) представляет собой изготовленную из легкого сплава фотокамеру с укрепленным на ней ориентирным устройством. На передней части камеры находится объектив *7*, а в фокальной плоскости — металлическая прикладная рамка *14*, к которой в момент фотографирования прижимается фотографическая пластинка.

На прикладной рамке прикреплены четыре координатные метки *15*. Линии, соединяющие центры отверстий противоположных меток, определяют положение координатных осей снимка. Внизу слева на прикладной рамке укреплена пластинка с вырезанным на ней значением фокусного расстояния камеры, которое фиксируется на фотопластинке при ее экспонировании.

На нижней стенке камеры жестко укреплена вертикальная ось вращения фототеодолита с втулкой и микрометренно-зажимным устройством *5*. При установке фототеодолита в рабочее положение втулка вставляется в трегер и закрепляется в нем винтом.

Объектив камеры — ортопротар с фокусным расстоянием 195 мм и постоянным относительным отверстием 1 : 25 снабжен светофильтром ЖС-18. Полезные углы изображения по горизонтали — 52^g (47°), по вертикали (при центральном положении объектива) — 38^g (34°). Объектив можно перемещать в направляющих *6* на 30 мм вверх и 45 мм вниз от центрального положе-

* На рис. 2.2, 2.3 и 2.6 нумерация позиций единая.

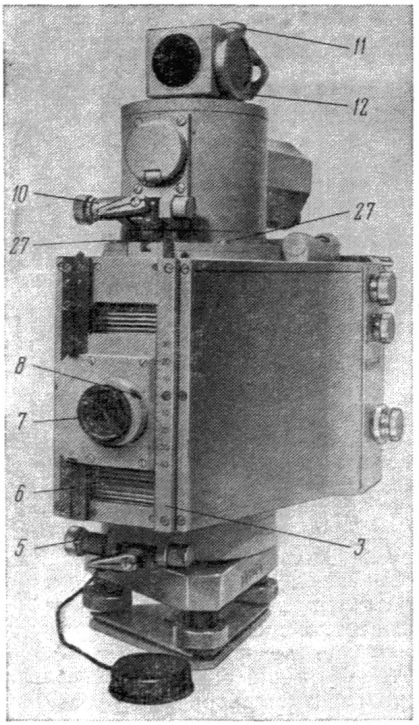


Рис. 2.2. Фототеодолит Photheo 19/1318.
Вид со стороны объектива

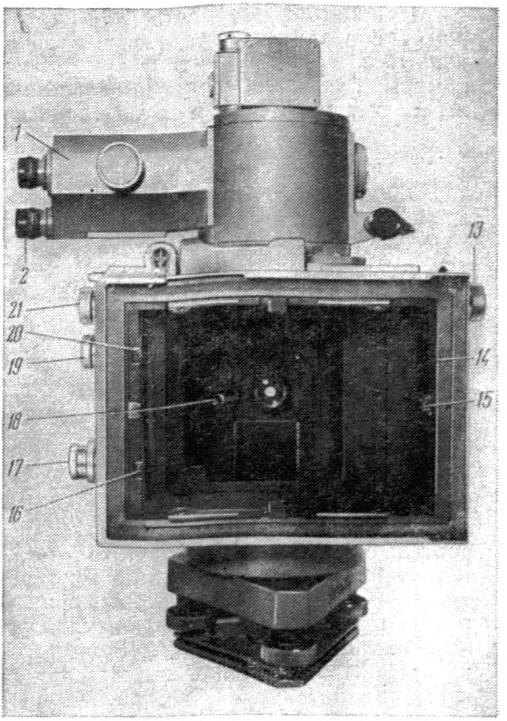


Рис. 2.3. Фототеодолит Photheo 19/1318.
Вид со стороны прикладной рамки

ния, что позволяет выполнять съемку точек, расположенных в пределе угла подъема 28^g (25°) и угла понижения 32^g (29°). Величина перемещения отсчитывается по шкале *3*, укрепленной на левой направляющей. Точное смещение объектива на каждые 5 мм осуществляется с помощью специальных фиксаторов. Положение объектива фиксируется на краю снимка в виде высотной марки — черточки, проектируемой на снимок указателем горизонта объектива *18*. Указатель горизонта представляет собой коллиматор с выходным отверстием в виде узкой щели, укрепленный на салазках объектива с внутренней стороны камеры. Свет в коллиматор попадает через отверстие *8* в оправе объектива. Объектив закрывается специальным колпачком.

В фокальной плоскости камеры укреплены регистратор номеров станций *16* и указатель вида съемки *20*. Номер станции и индекс вида съемки устанавливаются барабанчиками регистратора *17* и указателя вида съемки *19* и фиксируются на фотопластинке при фотографировании. Два кольца регистратора позволяют установить номера станции от 0 до 99.

Указатель вида съемки имеет шесть положений:

A — нормальный	
AL — отклоненный влево	Съемка с левой точки базиса
AR — отклоненный вправо	
B — нормальный	
BL — отклоненный влево	Съемка с правой точки базиса
BR — отклоненный вправо	

Прижимное устройство представляет собой металлическую подвижную рамку с пазами для установки и закрепления кассеты. Пружины, смонтированные в корпусе камеры, прижимают рамку с кассетой к заднему торцу камеры, благодаря чему фотопластинка, вставленная в кассету, плотно прилегает к прикладной рамке. Отодвигание прижимной рамки от камеры про-

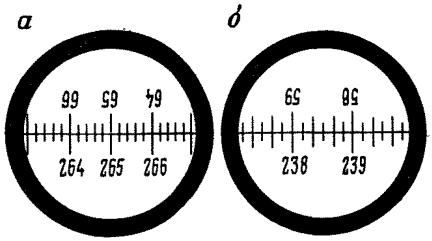


Рис. 2.4. Поле зрения микроскопа ориентирного устройства при установке его на *AL*:
а — градовые деления; *б* — градусные деления

изводится барабанчиками *13* и *21*. Вместо кассеты можно установить матовое стекло.

Ориентирное устройство предназначено для установки оси съемки в заданное положение относительно базиса фотографирования. Оно состоит из зрительной трубы *1* двадцатикратного увеличения, отсчетного микроскопа *2* и стеклянного лимба с делениями через 20′ (или через 10′), смонтированных в общем корпусе. Для закрепления зрительной трубы в определенном положении относительно лимба и точной установки отсчета имеется микрометренно-зажимное устройство *10*. Зрительная труба может поворачиваться только в горизонтальной плоскости. Наклон визирного луча осуществляется вращением барабанчика *11*, поворачивающего вокруг горизонтальной оси призму, установленную перед объективом трубы. Угол наклона визирного луча может быть отсчитан по барабанчику *11* и вертикальному кругу *12*.

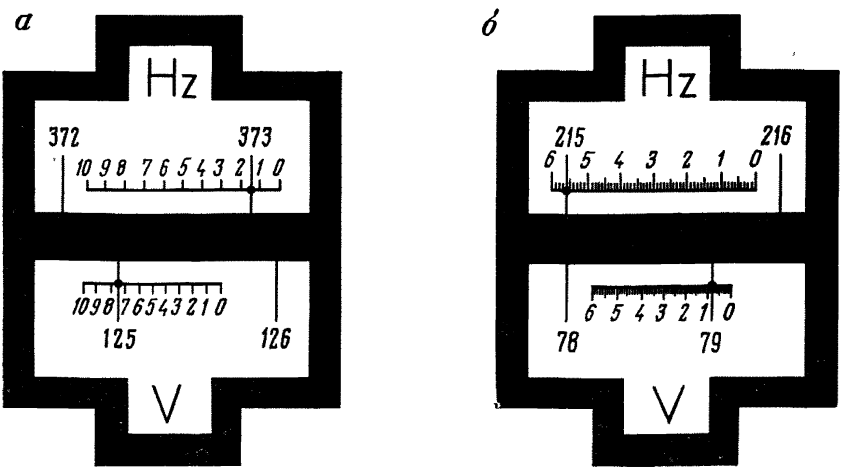


Рис. 2.5. Поле зрения отсчетного микроскопа теодолита Theo-020:
а — градовые деления
отсчеты: по горизонтальному кругу 373,133 g;
по вертикальному » 125,755 g,
б — градусные деления
отсчеты: по горизонтальному кругу 215°55,4′
по вертикальному » 79°08,5′

Лимб снабжен призматической системой, передающей изображение его противоположных делений в отсчетный микроскоп 2. В поле зрения микроскопа наблюдают совмещение изображения противоположных штрихов лимба (рис. 2.4).

Для удобства установки трубы ориентирного устройства в положение, соответствующее съемке с нормальными осями и со стандартным углом отклонения ($35^g=31,5°$), на головке ориентирного устройства имеется индекс, а на его неподвижном основании — штрихи с маркировкой *A, AL, AR, B, BL, BR*. Совмещением индекса с соответствующим штрихом приближенно устанавливают зрительную трубу в заданное положение, после чего осуществляют точную установку. Установка требуемого отсчета производится совмещением штрихов, отличающихся друг от друга на 200^g (или 180°). На корпусе камеры имеется две пары визирных целиков, с помощью которых можно определять границы кадра по горизонтали.

Для установки оси вращения в вертикальное положение фототеодолит снабжен двумя цилиндрическими уровнями с ценой деления 100^{cc} (30″).

Теодолит-тахеометр Theo-020 — оптический повторительный теодолит. Средняя квадратическая погрешность измерения угла одним круговым приемом составляет около 5″. Зрительная труба теодолита с внутренней фокусировкой имеет двадцатипятикратное увеличение. Вертикальный и горизонтальный круги теодолита стеклянные, разделенные на 400 градовых или 360 градусных частей. В качестве отсчетного устройства применен шкаловый микроскоп, окуляр которого расположен рядом с окуляром зрительной трубы. В поле зрения микроскопа одновременно видны участки горизонтального (H_z) и вертикального (V) кругов и две отсчетных шкалы, каждая из которых имеет 100 и 60 делений с ценой, равной соответственно 1^c или 1′ (рис. 2.5). Десятки сантиминут (или минут) оцифрованы.

Для установки в рабочее положение теодолит снабжен круглым уровнем для грубой установки и цилиндрическим уровнем с ценой деления 30″. Место нуля вертикального круга устанавливается автоматически при помощи компенсатора.

Базисная рейка Bala предназначена для измерения длин базисов. Рейка разборная, изготовлена из двух частей, выполненных в виде трубок с рамками на концах. Обе трубки можно быстро и надежно соединить. Внутри трубок помещены стержни, на концах которых установлены в металлических обоймах стеклянные пластинки с нанесенными на них визирными марками. В собранной рейке стержни плотно соприкасаются своими концами. Расстояние между концевыми марками собранной рейки — 2 м±0,05 мм.

В середине рейки имеется ромбическая марка и цилиндрическая втулка для установки рейки в трегер. Рейка снабжена круглым уровнем для приведения ее в горизонтальное положение и коллиматором, с по-

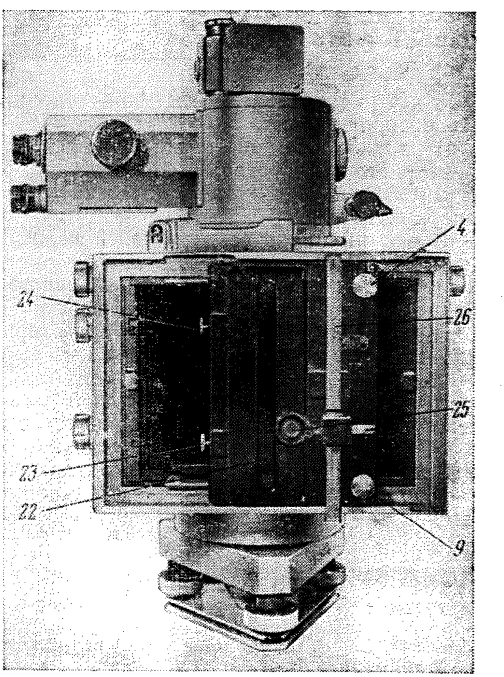


Рис. 2.6. Юстировочное устройство

мощью которого она устанавливается перпендикулярно к измеряемому базису.

Визирная марка предназначена для точного визирования. Марка имеет втулку для установки ее в трегер и снабжена круглым уровнем.

Юстировочное устройство (рис. 2.6) предназначено для юстировки горизонтального круга ориентирного устройства относительно главного луча камеры. Основанием его является металлическая пластина, которая винтами *1* и *5* привинчивается к прикладной рамке фототеодолита. На основании установлена металлическая рамка с плоской стеклянной пластинкой *22*, на концах которой нанесены два штриха и симметрично относительно них по всей длине пластинки выгравированы две прямые линии, служащие биссектором при производстве поверки. Пластинку с биссектором можно перемещать по основанию с помощью установочных винтов *23* и *24*.

Биссектор и штрихи рассматривают с помощью лупы *25*, перемещающейся по направляющей *26*.

Поверки и исследования фототеодолитного комплекта

Поверку начинают с осмотра инструментов и принадлежностей комплекта с целью выяснения механической целости и исправности деталей и узлов каждого прибора, исправности оптических систем (отсчетных устройств и визирных труб), а также плавности и легкости вращения подвижных узлов и деталей. Камеры и кассеты, кроме того, проверяют на светонепроницаемость. Исправления должен выполнять специалист по геодезическим инструментам.

После осмотра производят поверки и исследования фототеодолита, а также рабочие поверки теодолита, базисной рейки и визирных марок (визирные марки поверяются только на правильность установки круглого уровня).

Поверки фототеодолита

Геометрические элементы фототеодолита должны находиться в следующих соотношениях:

а) вертикальная ось вращения инструмента совпадает с осью вращения ориентирного устройства;

б) главный луч камеры пересекается с вертикальной осью вращения и перпендикулярен ей;

в) оси цилиндрических уровней перпендикулярны вертикальной оси вращения;

г) ось вращения призмы ориентирного устройства перпендикулярна визирной оси зрительной трубы и вертикальной оси вращения инструмента;

д) при установке на лимбе ориентирного устройства нулевого отсчета визирная ось трубы и главный луч камеры лежат в одной вертикальной плоскости;

е) координатные оси прикладной рамки перпендикулярны друг другу, причем точка пересечения их совпадает с главной точкой и ось *xx* перпендикулярна вертикальной оси вращения.

Выполнение условий «а» и «б» гарантируется заводом. Условие «е» также обеспечивается заводом, но его обычно проверяют попутно с исследованиями фототеодолита.

Установка уровней

Установку продольного и поперечного уровней фототеодолита выполняют с помощью юстировочного накладного уровня с ценой деления 100^{cc} (30″), прилагаемого к фототеодолитному комплекту. Вначале находят нулевое положение пузырька накладного уровня, для чего:

— поворачивают прибор так, чтобы одна из установочных площадок оказалась параллельной двум винтам трегера, и закрепляют его в этом положении (во время выполнения юстировки прибор остается неподвижным);

— последовательно устанавливают накладной уровень на обе установочные площадки, выводят подъемными винтами пузырек уровня примерно на середину;

— устанавливают накладной уровень на площадку, параллельную двум подъемным винтам, и с помощью этих винтов выводят пузырек уровня строго на середину;

— перекладывают уровень на площадке на 180°. Если пузырек уровня при этом не сойдет с середины, то нулевое положение пузырька совпадает с серединой уровня. При сходе пузырька с середины уровня нулевое положение его находится на середине схода.

Затем устанавливают уровни фототеодолита, для чего тщательно горизонтируют фототеодолит при помощи накладного уровня и юстировочными винтами продольного и поперечного уровней фототеодолита выводят пузырьки их на середину. При исправлении положения каждого уровня фототеодолита накладной уровень должен стоять на площадке, параллельной исправляемому уровню, и пузырек его при этом должен находиться в нулевом положении.

Поверку и установку уровней фототеодолита можно выполнить и без накладного уровня способом, применяемым при поверках геодезических инструментов.

Поверка параллельности плоскости прикладной рамки и вертикальной оси вращения фототеодолита

Закрепляют зажимной винт микрометренно-зажимного устройства, пузырьки уровней выводят на середину и к прикладной рамке прикладывают рамочный или уголковый уровень. Условие считается выполненным, если пузырек уровня при этом отклоняется от среднего положения не более чем на 1′.

Поверка правильности положения оси вращения призмы ориентирного устройства

После тщательной установки уровней визируют зрительной трубой (при горизонтальном положении визирной оси) на нить отвеса, подвешенного в 6—8 метрах от инструмента.

Изменяя наклон визирного луча вращением барабанчика *11* (см. рис. 2.2) в пределах ±15°, наблюдают за перемещением креста нитей относительно шнура отвеса. При правильном положении оси вращения призмы крест нитей не должен отклоняться от шнура отвеса.

Отклонения, показанные на рис. 2.7,*а* свидетельствуют о негоризонтальности оси вращения призмы. На рис. 2.7,*б* показаны отклонения, возникающие при неперпендикулярности оси призмы и визирной оси трубы. На рисунках нить отвеса показана сплошной линией, а след движения креста сетки нитей пунктиром.



Рис. 2.7

Поверка правильности положения лимба ориентирного устройства

Сняв с фотокамеры рамку с матовым стеклом, закрепляют на прикладной рамке юстировочное устройство, как это показано на рис. 2.6. Перемещением рамки установочными винтами *23* и *24* добиваются, чтобы концевые штрихи стеклянной пластинки точно прошли через центры координатных меток прикладной рамки фотокамеры. Для большей точности совмещения штрихи и метки рассматривают через лупу юстировочного устройства.

Затем фототеодолит тщательно горизонтируют, устанавливают по горизонтальному кругу отсчет, равный 0,00^g (0°00), и, поворачивая его вокруг вертикальной оси, визируют зрительной трубой на четко видимый отдаленный предмет. Не изменяя положения фототеодолита, наблюдают тот же предмет через оптическую систему (лупа—биссектор стеклянной пластинки — объектив камеры), пользуясь этой системой как зрительной трубой. Если лимб установлен правильно, то наблюдаемый предмет будет находиться в биссекторе.

При несоблюдении этого условия поворачивают прибор вокруг вертикальной оси до тех пор, пока наблюдаемый предмет не войдет в биссектор пластинки. Затем ослабляют винты *27* (см. рис. 2.2) и поворачивают ориентирное устройство до тех пор, пока вертикальная нить трубы не будет наведена на тот же предмет, после чего снова закрепляют винты *27*.

Проверка кассет и фотокамеры на светонепроницаемость

Все кассеты комплекта заряжают пластинками и на некоторое время оставляют на ярком свете. Затем пластинки проявляют и фиксируют. Отсутствие засветки пластинок указывает на то, что кассеты светонепроницаемы.

Чтобы проверить фотокамеру на светонепроницаемость, в нее закладывают кассету с фотопластинкой, открывают шторку и при закрытом объективе на несколько минут выставляют на яркий свет, после чего пластину проявляют. При исправной камере проявленная пластинка окажется незасвеченной.

Исследования фототеодолита

К исследованиям фототеодолита относятся:

— определение расстояний между координатными метками и контроль правильности установки меток;

— выявление плотности прилегания фотопластинок к прикладной рамке камеры;

— определение элементов внутреннего ориентирования камеры.

Определение правильности установки координатных меток, и измерение расстояний между ними

Метки должны быть установлены так, чтобы соединяющие их линии (координатные оси *xx* и *zz*) были взаимно перпендикулярны. Кроме того, при установке фототеодолита по уровням ось *xx* должна быть горизонтальной.

Для проверки горизонтальности оси *xx* устанавливают фототеодолит и на расстоянии 50—60 м от него ставят вертикально две нивелирные рейки. Рейки должны быть расположены так, чтобы их изображения на снимке оказались вблизи горизонтальных координатных меток.

При помощи нивелира по рейкам находят отсчеты, соответствующие горизонту объектива камеры, и отмечают их марками в виде треугольников, обращенных своей вершиной к нужному отсчету.

Вставляют в камеру фототеодолита заряженную кассету, вынимают из нее шторку, отпускают прижимную рамку и тщательно горизонтируют инструмент. Сфотографировав рейки, получают негатив, который устанавливают на стереокомпаратор *, ориентируют по оси xx и измеряют координаты z марок. Если координаты обеих марок равны, т. е. $z_1=z_2$, то ось xx горизонтальна.

Так как при этом марки расположены на одном горизонте с объективом камеры, то координаты z марок равны координате главной точки снимка, т. е. $z_1=z_2=z_0$.

Если $z_1-z_2\geqslant 0{,}02$ мм, то координатную метку, расположенную у марки с большим z, следует передвинуть в соответствующую сторону на величину разности z_1-z_2.

Чтобы проверить взаимную перпендикулярность координатных осей и измерить расстояние между координатными метками, необходимо получить негатив с плотным прилеганием к прикладной рамке. С этой целью исследуемую фотокамеру устанавливают объективом вниз и перед объективом помещают лист белой бумаги. На плоскость прикладной рамки в темноте укладывают фотопластинку эмульсией вниз и прижимают ее по всей плоскости.

Камеру закрывают сверху плотной светонепроницаемой тканью, снимают крышку с объектива и яркой лампой освещают бумагу. Получив описанным способом серию из 4—6 негативов, их поочередно устанавливают на стереокомпаратор, ориентируют по меткам оси xx и измеряют координаты всех четырех координатных меток. О перпендикулярности осей судят по разности координат x между верхней и нижней метками. Если $x_3-x_4\leqslant 0{,}02$ мм, условие перпендикулярности считается соблюденным, в противном случае перпендикулярность восстанавливают смещением одной из меток вдоль оси xx на величину разности x_3-x_4. После этого для каждой пластинки вычисляют расстояние между метками *1* и *2*, за эталон принимают пластинку с наименьшим значением L.

Исследование плотности прилегания фотопластинок к прикладной рамке

Неплотное прилегание («неприжим») фотопластинки к прикладной рамке приводит к ошибкам определения координат и должно быть по возможности устранено. Основные причины «неприжима» — неисправность кассеты и ослабление пружин прижимного устройства камеры **.

Неисправность кассеты чаще всего выражается в погнутости (внутрь кассеты) угольников и подвижных лапок, а также в ослаблении пружин. Для проверки пружин в кассету вкладывают фотопластинку и, утапливая и опуская ее, устанавливают, достаточно ли плотно пластинка прилегает к угольникам и лапкам.

Затем при температуре, отличающейся не более чем на 5° от той, при которой получены эталонные снимки (см. предыдущий пункт), делают серию из 24 снимков. На снимках измеряют расстояние L между координатными метками *1* и *2* и сравнивают их с эталонным значением L_0. Если разности $L-L_0$ не превышают 0,1 мм, то прижимное устройство действует удовлетворительно.

---

* Описание стереокомпаратора дано в прилож. 6. При отсутствии стереокомпаратора измерение координат можно выполнить на стереоавтографе. Для этого снимок устанавливают на левую каретку. На индикаторах $f_к$ левой плановой и левой высотной линеек и на счетчике Y устанавливают фокусное расстояние камеры, на счетчике высот Z — масштаб 1 : 1000. Координаты точек на снимке измеряют с помощью счетчиков X и Z.

** Здесь не рассматривается влияние изогнутых фотографических пластинок (считается, что они предварительно отбракованы).

Определение элементов внутреннего ориентирования фотокамеры

В силу разного рода причин элементы внутреннего ориентирования камеры могут изменяться, что требует их контрольного определения.

Излагаемый способ позволяет определять элементы внутреннего ориентирования по снимкам и заключается в следующем.

Установив фототеодолит, рассматривают изображение местности на матовом стекле и ориентируют фототеодолит таким образом, чтобы в поле зрения было видно не менее трех четких местных предметов (например, тригонометрические пункты, дымовые трубы, столбы и т. д.). Два из них (*a* и *c*, рис. 2.8) должны быть расположены вблизи краев снимка, а третий (*b*)

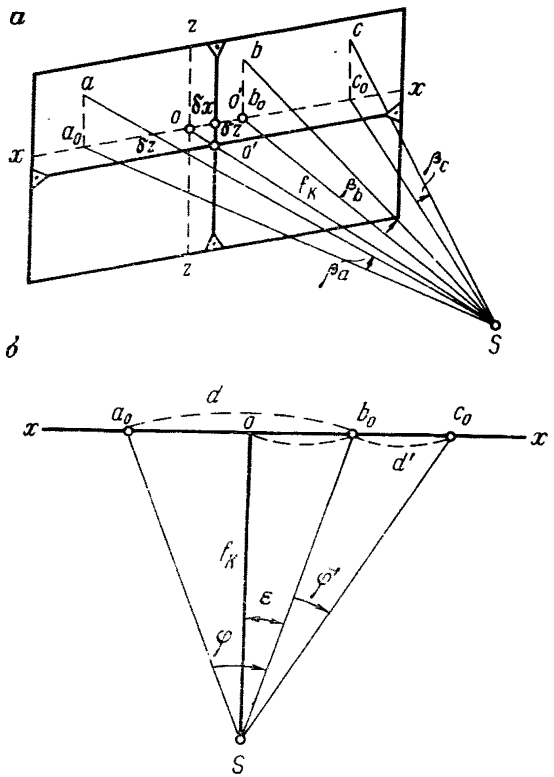


Рис. 2.8. Схема определения элементов внутреннего ориентирования камеры

возможно ближе к середине. Расстояния до выбранных предметов должны быть 2—4 км. Затем экспонируют серию снимков (не менее 6), при этом постоянство направления съемочной оси фиксируется при помощи ориентирного устройства, наведенного на какой-либо местный предмет. Измеряют высоту инструмента и отмечают на земле положение объектива. Над этой точкой устанавливают теодолит так, чтобы высота была равна высоте установки фототеодолита (с ошибкой не более 3 мм), и измеряют горизонтальные φ, φ' и вертикальные β_a, β_b, β_c углы на выбранные предметы. Углы должны быть измерены с погрешностью не более $\pm 5''$.

Полученные негативы исследуют на «неприжим».

Негативы для этого устанавливают на стереокомпаратор и измеряют значения x и z для всех четырех координатных меток. По измеренным x и z вычисляют отрезки l (см. рис. 16):

$$l_1 = 0{,}5\,(x_3 + x_4) - x_1,$$
$$l_2 = x_2 - 0{,}5\,(x_3 + x_4),$$
$$l_3 = z_3 - 0{,}5\,(z_1 + z_2),$$
$$l_4 = 0{,}5\,(z_1 + z_2) - z_4$$

и находят разности:

$$\Delta l_1 = l_1 - l_1^0, \qquad \Delta l_3 = l_3 - l_3^0,$$
$$\Delta l_2 = l_2 - l_2^0, \qquad \Delta l_4 = l_4 - l_4^0,$$

где $l_1^0, l_2^0, l_3^0, l_4^0$ — величины соответствующих расстояний для случая «идеального» прилегания пластинки к прикладной рамке, полученные при исследовании фототеодолита.

Негативы, для которых абсолютные значения разностей Δl_1, Δl_2, Δl_3, Δl_4 превышают 0,03 мм, должны быть забракованы. На отобранных негативах измеряют координаты x и z точек a, b, c, после чего вычисляют значения f, x_0, z_0 по формулам:

$$\left.\begin{aligned} f &= 0{,}5\,(f_1 + f_2) \\ x_0 &= x_b - \Delta_{\text{ср}} \\ z_0 &= \frac{1}{3}\,(z_a^0 + z_b^0 + z_c^0), \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

где

$$\left.\begin{aligned} f_1 &= (d - \Delta_{\text{ср}})\operatorname{ctg}(\varphi - \varepsilon) \\ f_2 &= (d' + \Delta_{\text{ср}})\operatorname{ctg}(\varphi' + \varepsilon) \\ \Delta &= d\,(\operatorname{ctg}\varphi \operatorname{ctg}\varepsilon + 1)\sin^2\varepsilon = d'\,(\operatorname{ctg}\varphi' \operatorname{ctg}\varepsilon - 1)\sin^2\varepsilon \\ z_a^0 &= z_a - z_a', \quad z_b^0 = z_b - z_b', \quad z_c^0 = z_c - z_c' \end{aligned}\right\}. \qquad (2)$$

В свою очередь, для вычисления по формулам (2) используются равенства:

$$\left.\begin{aligned} & d = x_b - x_a,\ d' = x_c - x_b \\ & \varepsilon = \operatorname{arctg}\frac{d'\operatorname{ctg}\varphi' - d\operatorname{ctg}\varphi}{d + d'} \\ & z_a' = f\operatorname{tg}\beta_a\,[\cos(\varphi - \varepsilon)]^{-1}, \quad z_b' = f\operatorname{tg}\beta_b\,[\cos\varepsilon]^{-1}, \\ & z_c' = f\operatorname{tg}\beta_c\,[\cos(\varphi' + \varepsilon)]^{-1} \end{aligned}\right\}. \qquad (3)$$

При $\varepsilon < 3°$ отрезок Δ вычисляется по формуле

$$\Delta = \varepsilon d \operatorname{ctg}\varphi + \varepsilon^2 d = \varepsilon d' \operatorname{ctg}\varphi' - \varepsilon^2 d'.$$

За окончательный результат принимают среднее арифметическое из всех значений элементов ориентирования, полученных по каждому снимку.

Для камер с $f = 195$ мм средние квадратические погрешности определения элементов внутреннего ориентирования должны удовлетворять следующим величинам:

$$m_f \leqslant 0{,}04 \text{ мм}; \quad m_{x_0} \leqslant 0{,}08 \text{ мм}; \quad m_{z_0} \leqslant 0{,}02 \text{ мм}.$$

Для контроля и большей точности определения элементов внутреннего ориентирования следует выбирать на негативах не менее двух независимых систем из трех точек. Каждый негатив измеряют дважды. Повторные измерения выполняются независимо другим наблюдателем.

Пример вычисления элементов внутреннего ориентирования.

1. Результаты измерений горизонтальных и вертикальных углов и координат точек на снимке

Направления	Горизонтальные углы	Вертикальные углы	Координаты точек, измеренные на снимке	
	Система I		x	z
Точка a — основание громоотвода прожекторной вышки	0°00′00″	+0°58′59″	−69,59	+3,48
Точка b — верх высоковольтной опоры	19°10′59″	+0°46′39″	−0,74	+2,58
Точка c — верх одиночной опоры на отвале	38°20′26″	+2°10′02″	+67,82	+7,80
	Система II			
Точка a — верх A-образной опоры	0°00′00″	+0°47′14″	−68,11	+2,76
Точка b — верх А-образной опоры	19°32′38″	+0°53′24″	+1,82	+2,96
Точка c — верх крайней опоры линии электропередачи	38°29′27″	+2°35′36″	+69,86	+9,37

2. Вычисление x_0

		Система I	Система II
1	$x_в$	−0,74	+1,82
2	$d = x_в - x_а$	68,85	69,93
3	$d' = x_с - x_в$	68,56	68,04
4	$d + d'$	137,41	137,97
5	φ	19°10′59″	19°32′38″
6	$\operatorname{ctg}\varphi$	2,87434	2,81706
7	φ'	19°09′27″	18°56′49″
8	$\operatorname{ctg}\varphi'$	2,87848	2,91297
9	$d'\operatorname{ctg}\varphi'$	197,34859	198,19848
10	$d\operatorname{ctg}\varphi$	197,89831	196,99701
11	$d'\operatorname{ctg}\varphi' - d\operatorname{ctg}\varphi$	−0,54972	+1,20147
12=11:3	$\operatorname{tg}\varepsilon$	−0,004001	+0,008708
13	ε	−0°13′45″	+0°,29′56″
14	$\varepsilon : \rho$	−0,004001	+0,008708
15	$\varepsilon d'\operatorname{ctg}\varphi'$	0,78959	+1,72591
16	ε^2	0,000016	0,000076
17	$\varepsilon^2 d'$	−0,00110	+0,00517
18=15−17	Δ	−0,79	+1,72
19	$\varepsilon d\operatorname{ctg}\varphi$	−0,79179	+1,71545
20	$\varepsilon^2 d$	+0,00110	+0,00531
21=19+20	Δ	−0,79	+1,72
22	$\Delta_{ср}$	−0,79	+1,72
23	$x_0 - x_в - \Delta_{ср}$	+0,05	+0,10

3. Вычисление f

		Система I	Система II
1	$d-\Delta_{ср}$	69,64	68,21
2	$\varphi-\varepsilon$	19°24′44″	19°02′42″
3	$\operatorname{ctg}(\varphi-\varepsilon)$	2,83772	2,89682
4=1·3	f	197,62	197,59
5	$d'+\Delta_{ср}$	67,77	69,76
6	$\varphi'+\varepsilon$	18°55′42″	19°26′45″
7	$\operatorname{ctg}(\varphi'+\varepsilon)$	2,91606	2,83242
8	f	197,62	197,59
9	$f_{ср}$	197,62	197,59

4. Вычисление z_0

		Система I	Система II
1	β_a	+0°,58′59″	+0°47′14″
2	β_b	+0°46′39″	+0°53′24″
3	β_c	+2°10′02″	+2°35′36″
4	$\operatorname{tg}\beta_a$	0,01716	0,01374
5	$\operatorname{tg}\beta_b$	0,01357	0,01554
6	$\operatorname{tg}\beta_c$	0,03784	0,04529
7	$f\operatorname{tg}\beta_a$	3,39096	2,71489
8	$f\operatorname{tg}\beta_b$	2,68190	3,06956
9	$f\operatorname{tg}\beta_c$	7,47853	8,94944
10	$\cos(\varphi-\varepsilon)$	0,94315	0,94526
11	$\cos\varepsilon$	0,99999	0,99996
12	$\cos(\varphi'+\varepsilon)$	0,94592	0,94296
13=7:10	z'_a	+3,60	+2,87
14=8:11	z'_b	+2,68	+3,07
15=9:12	z'_c	+7,91	9,49
16	$z_0 = z_a - z'_a$	−0,12	−0,11
17	$z_0 = z_b - z'_b$	−0,10	−0,11
18	$z_0 = z_c - z'_c$	−0,11	−0,12
19	$z_{ср}$	−0,11	−0,11

Средние квадратические погрешности элементов ориентирования определяются по уклонениям от арифметической средины

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}},$$

где v — отклонение одного определения от среднего арифметического;
n — число определений.

СТЕРЕОМЕТРОГРАФ (КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ)

Стереометрограф (рис. 3.1) * является высокоточным современным фотограмметрическим прибором, предназначенным в основном для составления карт и планов по аэроснимкам. С некоторыми ограничениями его можно использовать для обработки снимков наземной стереофотограмметрической съемки.

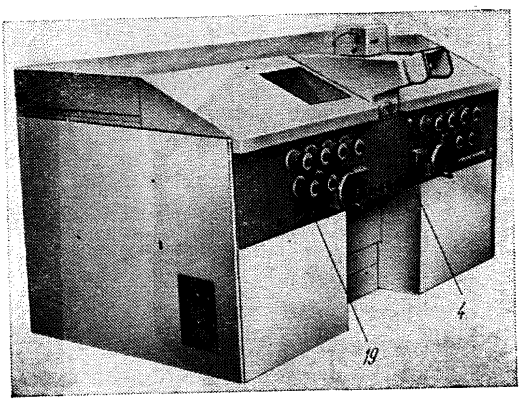


Рис. 3.1. Стереометрограф. Общий вид

В приборе использован принцип пространственного восстановления связки лучей, подобной той, которая имела место при съемке. Пространственное положение точки местности определяется механической засечкой, осуществляемой двумя прецизионными рычагами (ленкерами), реализующими проектирующие лучи «точка снимка—точка модели».

Линейные перемещения всех кареток прибора, а также передача движений X, Y на координатограф осуществляются при помощи сельсинов. Применение сельсинов позволяет подключить к стереометрографу электромеханический прибор — координиметр, при помощи которого можно регистрировать координаты на бланках и перфоленте (в международном телеграфном коде № 2), а также перевычислять координаты из одной системы в другую, определять площадь полигона по координатам его вершин, определить поправки в элементы внутреннего и внешнего ориентирования снимков.

На передней панели стереометрографа (рис. 3.2) расположены:

— штурвалы *17* и *6* для передвижения основной каретки прибора в направлении координатных осей X и Y (штурвалы *17* и *6* могут быть закреплены винтами *16* и *7*);

— счетчики *15* и *8* для отсчитывания значений координат X и Y;

— ручные приводы *22, 25* и *27* для установки базисных составляющих;

— приводы *24, 1, 18, 5, 23* и *2* угловых поворотов камер $\varphi_л$, $\varphi_п$, $\omega_л$, $\omega_п$, $\varkappa_л$, $\varkappa_п$;

— приводы *20* и *3* фокусных расстояний $Ck_л$ и $Ck_п$ проектирующих камер;

— переключатели *14, 9, 26* для изменения направления вращения счетчиков X, Y, Z;

— рукоятки *13, 10, 12, 11* для регулирования яркости изображения снимков и измерительных марок отдельно для каждой камеры;

— переключатель *21* замены привода Z на Y;

— закрепительный винт *29* штурвала Z прибора;

— переключатель *4* для подключения координатографа;

— переключатель *19* для подключения координиметра.

---

* Нумерация позиций для рис. 3.1—3.3 единая.

На окулярной головке (рис. 3.3) размещены:
— счетчик высот *28*;
— переключатель *30* для наблюдения негативов или диапозитивов;
— рукоятки *31, 32* и *33* для оптического поворота изображения снимков;

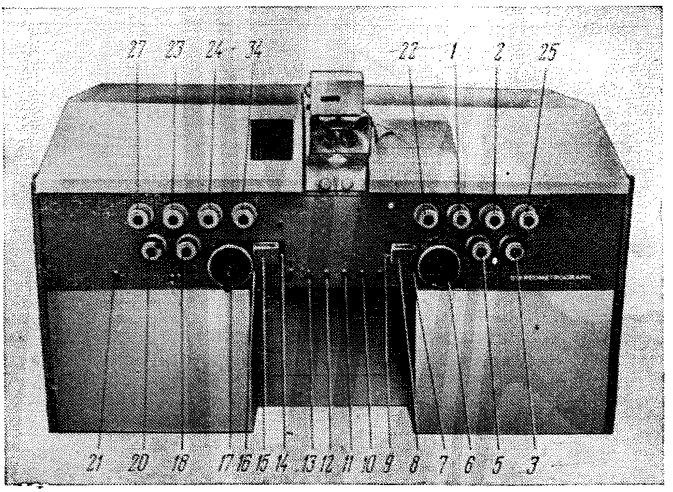


Рис. 3.2. Стереометрограф. Передняя панель

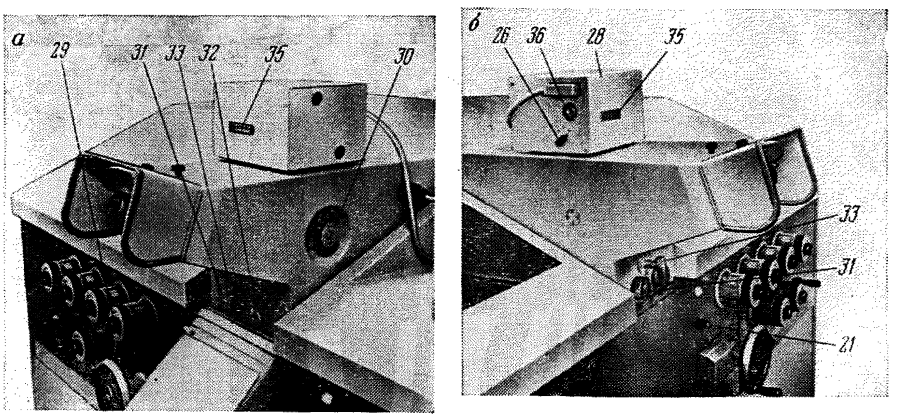


Рис. 3.3. Окулярная головка

— маска счетчика высот *35* и диск *36* для поворота маски;
— переключатель масштаба *34*.

Основные данные прибора

1. Фокусные расстояния проектирующих камер 98 мм — 215 мм (в стереометрографе Д-85 мм — 215 мм).

2. Установка базисных составляющих.

b_x — от 0 до 280 мм (в стереометрографе Д от 0 до 240 мм);
b_y — от — 10 до +10 мм;
b_z — от —15 до +15 мм.

3. Показания счетчиков X, Y, Z.

X — от 0 до 1000 мм (в стереометрографе Д от 0 до 500 мм);
$У$ — от 0 до 1000 мм;
Z — от 130 до 310 мм (в стереометрографе Д от 130 до 350 мм).

4. На счетчике высот Z возможна установка следующих масштабов:

1:1000,	1:2000,	1:4000,	1:8000,
1:1750,	1:3500,	1:7000,	1:1500,
1:3000,	1:6000,	1:1250,	1:2500, 1:5000

5. Величины линейных перемещений чертежного устройства координатографа 800×800 мм или 900×1200 мм.

6. Диаметр измерительной марки в стереометрографе 0,04 мм, увеличение наблюдательной системы 7,5×, предельный формат снимков для обработки 23×23 см.

Основные поверки стереометрографа выполняют специалисты фирмы при установке или ремонте прибора.

Рабочие поверки стереометрографа выполняют периодически. Заключаются они в определении начальных отсчетов шкал счетчиков. Эти поверки выполняют в строгом порядке и в соответствии с инструкцией.

Начальными отсчетами называют такие, при установке которых:

— ленкеры параллельны оси Y прибора;

— расстояния между центрами среднего и нижнего карданов левой и правой камер равны;

— оси xx проектирующих камер параллельны оси X прибора;

— фокусные расстояния проектирующих камер взаимно равны, координаты X, Y центров проектирования равны нулю.

Перед началом поверок:

— переключатель *21* (см. рис. 3.2) включают в положение Y (при этом переключении следует всегда соблюдать правило: переключение выполняют при вертикальном положении ленкеров ($b_x=0$) и при значении $z=200$ мм по абсолютному счетчику; обратное переключение с Y на Z выполняют с соблюдением тех же условий);

— для согласования движения измерительной марки относительно модели с вращением счетчиков X, Y, Z переключатели *14*, *9*, *26* должны быть поставлены в такое положение, как показано на рис. 3.2 и 3.3

— поворотом масок счетчиков *15*, *8* на 180° устанавливают шкалы обратного отсчета.

Поверки стереометрографа выполняют по контрольным сеткам, входящим в комплект прибора. Для повышения точности измерений следует использовать насадочные микроскопы.

Юстировка хода $У_ф$

В камеры прибора устанавливают кассеты с контрольными сетками. Счетчики $С_к$ устанавливают на отсчеты 200 мм. Штурвалом Y устанавливают вертикальную каретку в крайнее нижнее положение Z_1 (по звуковому сигналу). Измерительную марку устанавливают на центр сетки (положение *1*, рис. 3.4) штурвалом X и ножным приводом Z. Перемещают вертикальную каретку в крайнее верхнее положение Z_2 (по звуковому сигналу) и наблюдают смещение марки (положение *2*, рис. 3.4). Перемещают марку штурвалом X

и ножным приводом Z в обратном направлении на $^3/_4$ (в стереометрографе Д на $^2/_3$) ее видимого смещения из положения *2* в положение *3* (см. рис. 3.4) и с помощью ручных приводов φ и ω устанавливают марку на центр сетки.

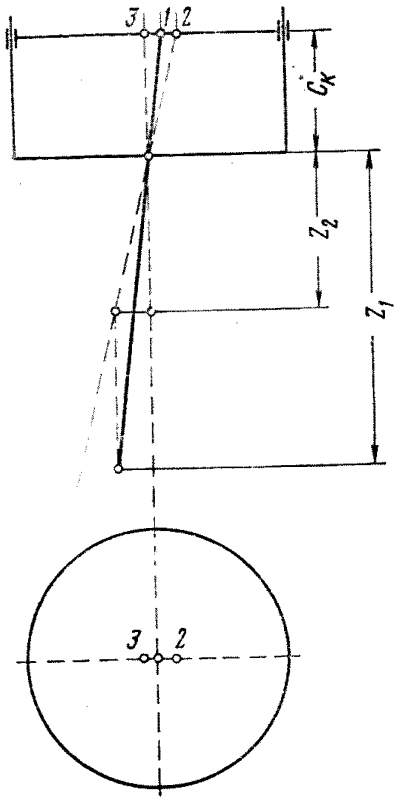


Рис. 3.4. К юстировке хода $У_ф$

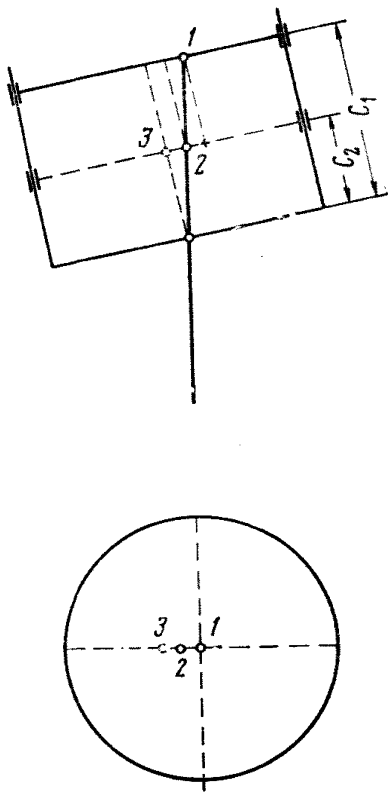


Рис. 3.5. К юстировке хода $C_к$

Поверку считают выполненной, если перемещение вертикальной каретки из одного крайнего положения в другое не вызывает схода марки с центра сетки. Поверку выполняют раздельно для правой и левой камер.

Определение начальных отсчетов счетчиков φ и ω

Вертикальную каретку устанавливают в среднее положение, левую марку совмещают с центром левой сетки (положение *1*, рис. 3.5). Ручным приводом $C_к$ перемещают камеры из положения $C_к=200$ мм до положения $C_к=100$ мм. Возникшее отклонение марки от центра креста в направлении осей X и Z увеличивают в тех же направлениях (из положения *2* в положение *3*, рис. 3.5) на такую же величину приводами φ и ω. Далее юстировочными винтами *1* и *2* (рис. 3.6) совмещают марку с центром сетки (винт *1* перемещает марку в направлении Z, винт *2* — в направлении X). Поверку считают выполненной, если перемещение камеры из верхнего положения в нижнее не вызывает смещения марки с центра сетки. Для каждой камеры поверку выполняют отдельно После окончания этой поверки отсчеты по счетчикам $φ_л$, $φ_п$, $ω_л$, $ω_п$ будут соответствовать начальным значениям их шкал.

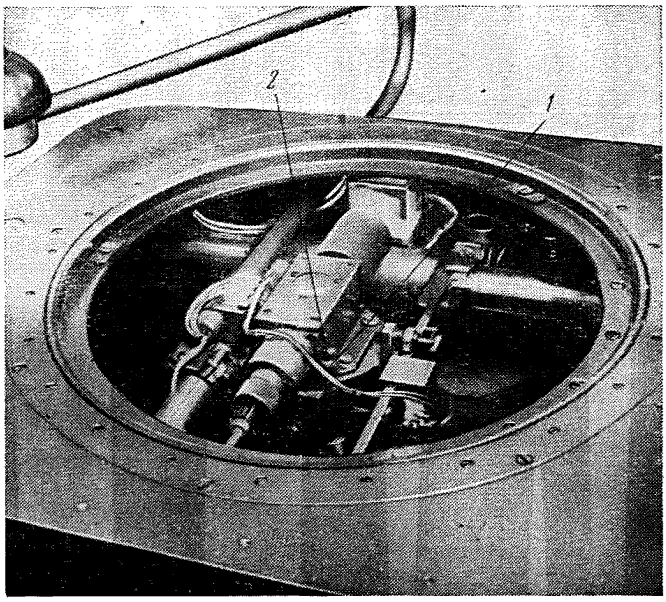


Рис. 3.6. Юстировочные винты для установки измерительных марок

Определение начальных отсчетов шкал счетчиков b_X и b_Y

Счетчик b_X устанавливают на отсчет нуль, а b_Y на отсчет 30,00 мм. Марку совмещают с центром левой сетки штурвалом X и ножным приводом Z. Ручным приводом b_X и ножным приводом Z добиваются совмещения марки с центром правой сетки. Отсчет по счетчику b_X есть начальный отсчет шкалы. Несовмещение марки с центром на левой сетке в направлении Z устраняют ручным приводом b_Y. Отсчет по счетчику b_Y есть начальный отсчет шкалы b_Y.

Определение начальных отсчетов счетчиков $\varkappa$

На счетчике $\varkappa_л$ устанавливают отсчет 100^g, штурвалом X и ножным приводом Z совмещают левую марку с центром левой сетки. Перемещают штурвалом X марку в крайнее положение. Величину схода марки с горизонтального штриха сетки устраняют ручным приводом $\varkappa_л$. Поверку выполняют несколько раз, добиваясь перемещения марки по горизонтальному штриху сетки при движении камеры по направлению X. Отсчет по счетчику $\varkappa_л$ соответствует начальному отсчету шкалы. Аналогично выполняют поверку для правой камеры.

Определение начального отсчета счетчика $У$, начальных отсчетов счетчиков b_Z, $C_{\varkappa_л}$ и $C_{\varkappa_п}$

Выполняется одной поверкой. На счетчиках $C_{k_л}$, $C_{k_п}$ устанавливают отсчет 200 мм.

Счетчик b_Z устанавливают на отсчет 30,00 мм, а измерительные марки на соответствующие центры сеток. Штурвалом Y вертикальную каретку устанавливают в крайнее нижнее положение (по звуковому сигналу) и берут отсчет Y_1 (рис. 3.7). Поочередно наводят марку на правый и левый штрихи сетки ($x_1=+60$ мм, $x_2=-60$ мм) и по счетчику X берут отсчеты X_1 и X_2.

Затем на счетчике Y устанавливают отсчет $Y_2=Y_1-170$ мм и снова наводят марку на правый и левый штрихи сетки. По счетчику X берут отсчеты X_3 и X_4 и вычисляют разности:

$$\Delta X_1 = X_1 - X_2,$$
$$\Delta X_2 = X_3 - X_4,$$
$$\Delta X = \Delta X_1 - \Delta X_2.$$

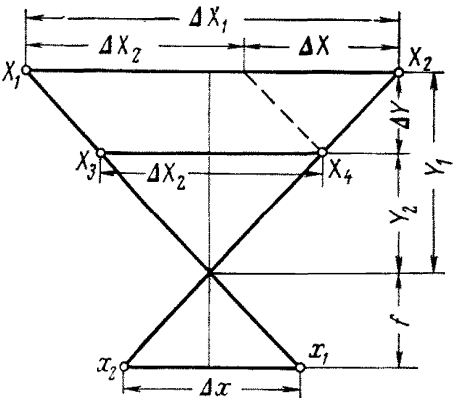


Рис. 3.7. К определению начальных отсчетов

Как следует из рис. 3.7, по формулам

$$C_к = \frac{\Delta x\, \Delta Y}{\Delta X}, \qquad (1)$$

$$Y_1 = \frac{\Delta X_1\, \Delta Y}{\Delta X}, \qquad (2)$$

где $\Delta x=120$ мм и $\Delta Y=170$ мм, для каждой камеры вычисляют величины $C_к$.

Штурвал Y закрепляют стопорным винтом 7 (см. рис. 3.2), на счетчике Y устанавливают вычисленный по формуле (2) отсчет Y_1, затем определяют разность величин

$$Y_{1л} - Y_{1п} = d.$$

Полученное значение прибавляют к отсчету по счетчику b_z и эту величину устанавливают на счетчике b_z.

Начальные отсчеты шкал фокусных расстояний определяют по формуле

$$МО_{C_к} = 200 - C_к,$$

где $C_к$ — фокусное расстояние камер, вычисленное по формуле (1).

На счетчиках $C_{k_л}$ и $C_{k_п}$ устанавливают отсчеты

$$C_{k_л} = 200 + МО_{C_{k_л}}$$
$$C_{k_п} = 200 + МО_{C_{k_п}}.$$

Поверку повторяют, при этом берут $Y_1=300$ мм, $Y_2=130$ мм. Аналогично описанному повторяют все измерения и определения $Y_{1л}$, $Y_{1п}$, d.

Поверка считается выполненной, если вычисленные по формулам $Y_л$ и $Y_п$, $C_{k_л}$ и $C_{k_п}$ равны между собой и совпадают с отсчетами по счетчикам Y, $C_{k_л}$ и $C_{k_п}$. При этом отсчет по счетчику b_z является начальным. После окончания рабочих поверок выполняют контрольные измерения по сеткам. Для этого на шкале b_x и счетчиках фокусных расстояний устанавливают отсчеты:

$$V_{b_x} = +45 \text{ мм} + МО_B,$$
$$C_{k_л} = +200 \text{ мм} + МО_{C_{k_л}},$$
$$C_{k_п} = +200 \text{ мм} + МО_{C_{k_п}}.$$

На остальных шкалах должны быть установлены значения начальных отсчетов.

На счетчике Y устанавливают отсчет 300 мм. Перемещая марку по направлению X вдоль сеточной модели, стереоскопически визируют на штрихи ($x_1=-60$ мм, $x_2=0$, $x_3=30$ мм, $x_4=+90$ мм) сетки и берут отсчеты по счетчику Y. Отсчеты должны быть равны 300 мм$\pm$0,05 мм.

На счетчике Y устанавливают отсчет, равный 150 мм, и стереоскопически совмещают марку с крестами сетки. Отсчеты должны быть равны 150 мм$\pm$ $\pm$0,05 мм. Если эти условия не выполнены, поверки повторяют.

ЖУРНАЛ КОРРЕКТУРЫ МОДЕЛИ НА СТЕРЕОАВТОГРАФЕ

Участок работ
Организация
Исполнитель

Станция № 18, стереопара 18 *AL*—18*BL*

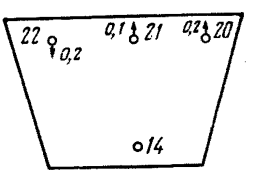
Исходные данные

Масштаб плана	1:1000
Горизонтальная длина базиса	110,80
Угол скоса	+35°
Отметка центра проекции левого снимка	—
Превышение концов базиса	6,08 м

Установочные данные

Фокусные расстояния снимков:		Базисные составляющие:	
левого f_1	195,19	b_x	47,24
правого f_2	195,24	b_y	28,94
		b_z	3,04
Смещение объективов:		Отсчет Y_c по счетчику Y при установке счетчика высот	—
левого Δz_1	+15		
правого Δz_2	+15		
Масштаб модели	1:2000	Передаточное отношение N	2,0

Схема расположения корректурных точек



Вычисление поправки $\delta Y_{\Phi_{S_1}}$

Порядок действий	Действия	Приближения				Примечания
3	Y_1	380,0				
1	Y_4	271,0				
4	$[(^3/_1)]^2 - 1$	0,97				
5	$V_{Y_S} = 1/(4)$	1,03				
2	Δ_{Y_1}	—1,7				
6	$\delta Y_{\Phi_{S_1}} = (2)\,(5)$	—1,8				

Вычисление поправки δb_x

Порядок действий	Действия	Приближения				Примечания
3	Y_1					
1	Y_4					
4	$[(3)/(4) - 1]N$					
5	(3) (4)					
6	$V_b = b_x/$ (5)					
2	ΔY_1					
7	$\delta_{b_X} =$ (2) (6)					

Вычисление поправки δX

Порядок действий	Действия	Приближения				Примечания
2	a	300				
3	c	169				
4	(2) + (3)	469				
5	$f/(4)$	0,416				
6	$b_X/(3)$	0,280				
7	$V_Y =$ (5) (6) N	0,233				
1	ΔY_3	0,8				
8	$\delta X =$ (1) (7)	0,19				

Вычисление поправки δZ_{S_1}

Порядок действий	Действия	Приближения				Примечания
3	Y_1	380,8				
1	$Y_c\,(Y_4)$	271,0				
4	(3) — (1)	109,7				
5	$V_н = (1)/(4)$	2,47				
2	ΔZ_1	—0,8				
6	$\delta Z_{S_1} =$ (2) (5)	—1,97				

СТЕРЕОАВТОГРАФ 1318

Принцип устройства

Стереоавтограф — высокоточный фотограмметрический прибор универсального типа, предназначенный для составления топографических планов и карт по фототеодолитным снимкам при нормальном и равноотклоненном видах съемок. Прибор реализует механический принцип пространственной прямой фотограмметрической засечки, решение ее осуществляется двумя одновременно действующими механизмами: механизмом определения планового положения точек и механизмом определения высотных отметок.

Рассмотрим вначале схему определения планового положения точек.

Пусть (рис. 5.1) S_1 и S_2' — центры проекций левого P_1 и правого P_2 снимков стереопары. Расстояние S_1S_2 равно базису фотографирования в выбранном масштабе построения засечек $1 : m$, т. е.

$$S_1S_2' = b = \frac{1}{m} B;$$

P_1, P_2 — положение снимков в момент фотографирования;

S_1o_1, $S_2'o_2$ — главные лучи снимков P_1 и P_2;

a_1, a_2 — изображения точки местности на снимках;

S_1a_1, $S_2'a_2$ — соответственные проектирующие лучи точки A местности;

S_1Y_Φ, S_1X_Φ — оси фотограмметрической системы координат, причем ось Y_Φ совпадает с главным лучом S_1o_1 снимка P_1.

Очевидно, что точка A пересечения проектирующих лучей S_1a_1 и $S_2'a_2$ определяет плановое положение точки A_0 местности в системе $S_1X_\Phi Y_\Phi$, причем координаты ее $X_{\Phi A}$ и $Y_{\Phi A}$ будут получены в масштабе построения.

Представим теперь, что точки S_1 и S_2' являются центрами вращения линеек L и R', связанных друг с другом скользящим шарнирным соединением C_1 (рис. 5.2). Очевидно, перемещая шарнир C_1, можно поставить линейки L и R' в такое положение, когда оси их пройдут соответственно через точки a_1 и a_2 и, следовательно, совпадут с проектирующими лучами S_1a_1 и $S_2'a_2$. Тогда ось шарнира C_1 определит положение точки A. Аналогично можно получить положение любой другой точки.

Ввиду конструктивных трудностей осуществления такой схемы в стереоавтографе она выполнена в несколько ином виде: ось S_2' вращения линейки R' установлена в положении S_2 на постоянном расстоянии d от точки S_1 на оси X_Φ, а скользящий шарнир линейки R' помещен в точку C_2, так, что $C_1C_2 \# C_2C_2'$ и поэтому новое положение линейки R параллельно R'.

Из рис. 5.2 видно, что если теперь, не изменяя длины и ориентировки отрезка C_1C_2 переместить шарниры C_1 и C_2 в такое положение C_1^A и C_2^A, при котором оси линеек L и R пройдут через точки a_1 и a_2 снимков P_1 и P_2, то ось шарнира C_1, как и в описанной выше схеме, определит плановое положение искомой точки A. Из рис. 5.2 следует также, что при такой схеме решения засечки базисом b является отрезок C_2C_0, причем точка C_0 расположена так, что $C_1C_0 \# S_1S_2$.

В приборе описанная схема осуществлена следующим образом (рис. 5.3). На станине прибора закреплены оси S_1 и S_2 вращения линеек L и R, а так-

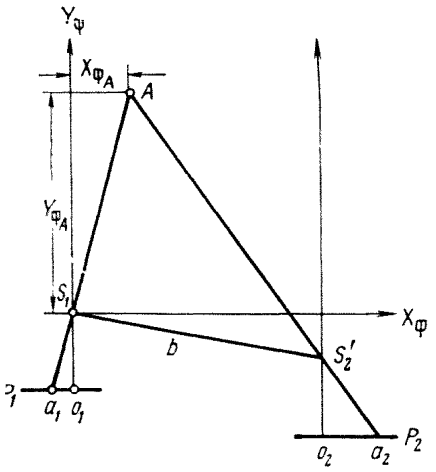


Рис. 5.1. Схема определения планового положения точек

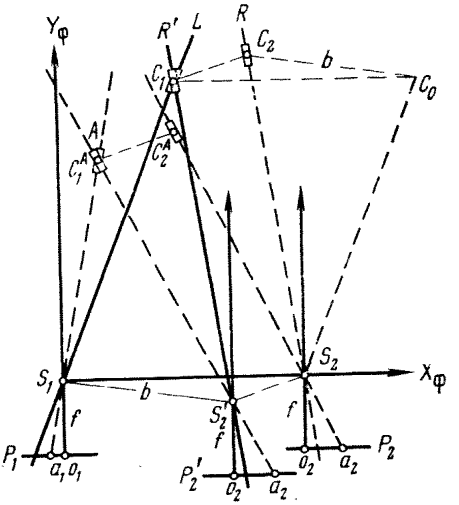


Рис. 5.2. Решение прямой фотограмметрической засечки на стереоавтографе

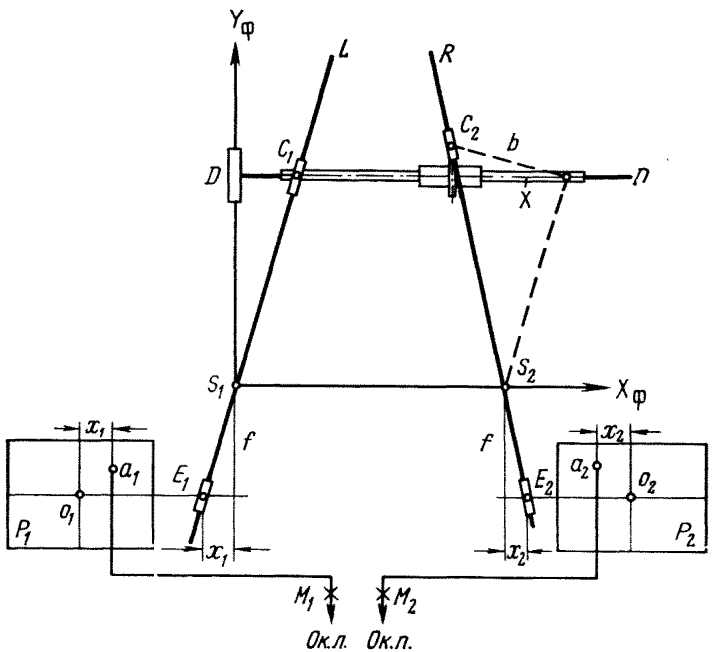


Рис. 5.3. Схема механизма для решения прямой фотограмметрической засечки на стереоавтографе

же прямолинейная направляющая, представляющая собой ось Y_Φ. По направляющей Y_Φ движется мостик отстояний DD. По направляющим мостика, параллельным оси X_Φ, движется каретка X, на которой укреплены скользящие шарнирные устройства C_1 и C_2, соединенные с линейками L и R.

Шарнир C_2 может перемещаться относительно C_1 и в нужном положении закрепляться на каретке. Перемещением шарнира C_2 устанавливается необходимая величина базиса b.

Короткие плечи линеек L и R с помощью скользящих шарнирных устройств E_1 и E_2 соединены со снимками P_1 и P_2 так, что расстояние от центров вращения этих шарниров до осей S_1 и S_2 по направлению оси могут быть установлены равными фокусному расстоянию f снимков. При повороте линеек снимки перемещаются в направлении оси X_Φ.

Снимки рассматриваются через бинокулярную наблюдательную систему, снабженную измерительными марками M_1 и M_2. В начальном положении линеек (когда они параллельны оси Y_Φ) изображения главных точек o_1 и o_2 снимков совпадают с измерительными марками M_1 и M_2. Очевидно, если перемещением мостика отстояний и каретки X поставить линейки в такое положение, когда марки M_1 и M_2 совпадут с изображениями соответствующих точек a_1 и a_2 снимков, то перемещение шарниров E_1 и E_2 относительно начального положения будет равно координатам x_1 и x_2 этих точек на снимках (см. рис. 52). Следовательно, направления осей линеек L и R будут соответствовать направлениям проектирующих лучей S_1a_1 и S_2a_2 (см. рис. 5.3) точек a_1 и a_2, а ось вращения шарнира C_1 определит плановое положение искомой точки A.

Определение высотных отметок на стереоавтографе производится с помощью устройства, схематически изображенного на рис. 5.4.

Угольник $L_н S_1 L'_н$, состоящий из двух линеек, жестко соединенных под прямым углом, может поворачиваться вокруг оси S_1. Длинная линейка угольника $L_н$ соединена скользящим шарниром C с кареткой Z, перемещающейся по мостику отстояний, а короткая $L'_н$ — аналогичным устройством C' с подвижной частью наблюдательной системы, перемещающейся по направляю-

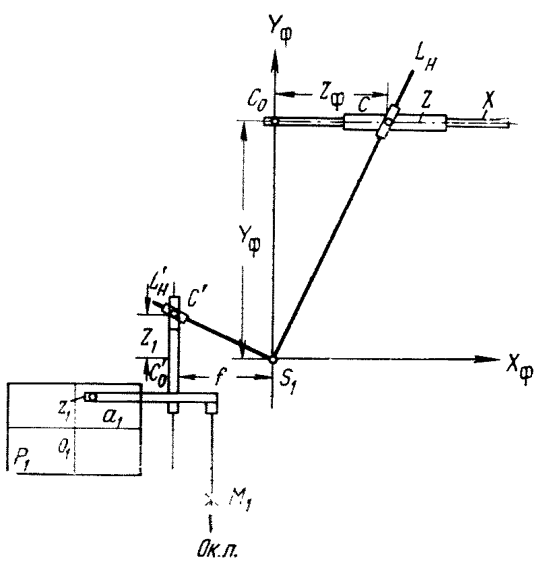


Рис. 5.4. Схема механизма для определения высотных отметок

щим, параллельным оси Y_Φ. Ось вращения шарнира C' устанавливается на расстоянии f от точки S_1 по направлению, перпендикулярному оси Y_Φ.

В начальном положении, когда $L_н$ параллельна оси Y_Φ, марка M наблюдательной системы совпадает с осью xx снимка P_1.

Если, перемещая каретку Z, повернуть угольник в положение, когда марка M_1 совпадает с изображением точки a_1 (см. рис. 5.3), то перемещение оси шарнира C' относительно начального положения будет равно координате z_1 точки a_1 на снимке. Поскольку в результате определения планового положения точки A каретка X находится на расстоянии Y_Φ от точки S_1, то из подобия треугольников CC_0S_1 и $C'C_0'S_1$ следует:

$$Z_\Phi = Y_\Phi \frac{z_1}{f}.$$

Таким образом, описанные устройства автоматически решают задачу определения планового и высотного положений точки при нормальном и равноотклоненном случаях съемки.

Краткое описание прибора

Общий вид стереоавтографа показан на рис. 5.5.

Прибор (рис. 5.6, 5.7 и 5.9) * состоит из следующих основных узлов: станины *3* с ногами, мостика отстояний *5* с каретками *X 11* и *Z 7*, мостика линеек *29*, кареток снимков *1* и *21*, наблюдательной системы, передаточных устройств для перемещения мостика отстояний и кареток X и Z, измери-

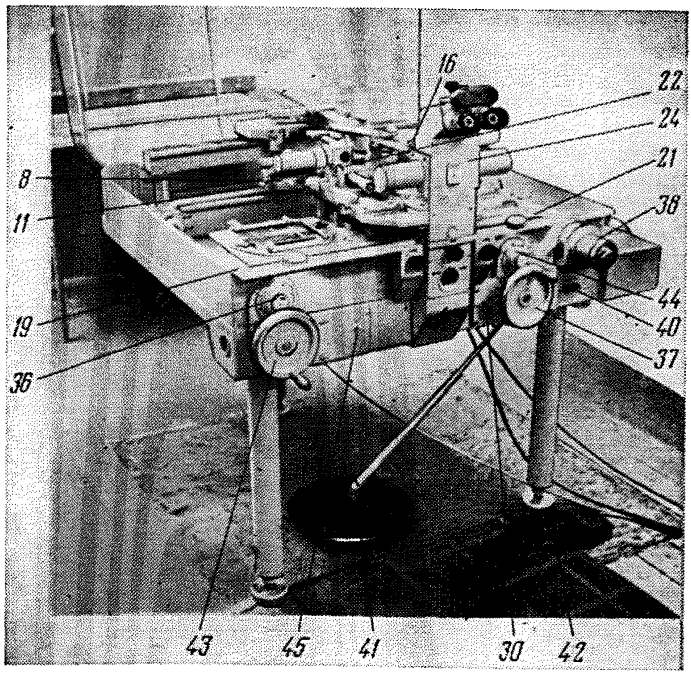


Рис. 5.5 Общий вид стереоавтографа 1318 EL

* Нумерация позиций на рис. 5.5—5.7 и 5.9 единая.

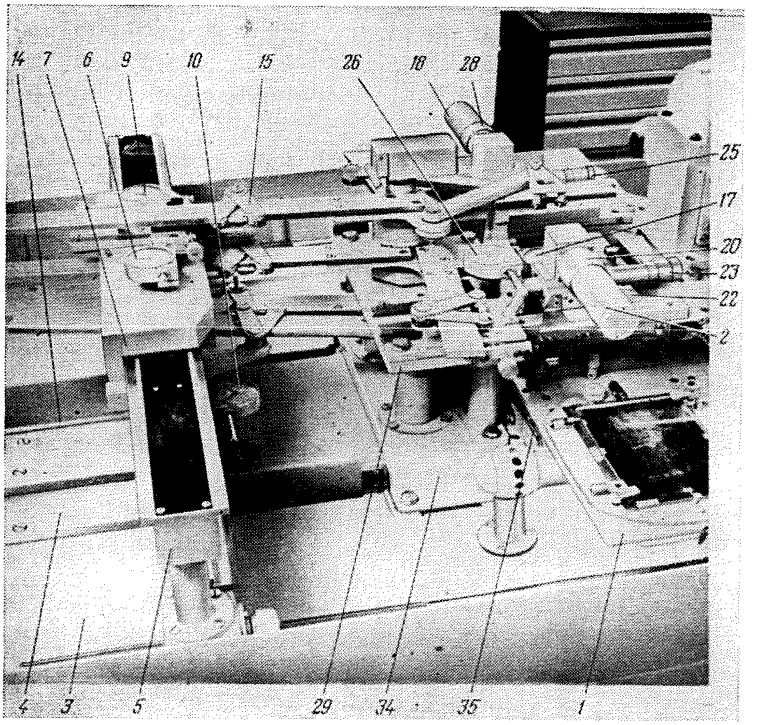


Рис. 5.6. Стереоавтограф 1318 EL. Вид сверху

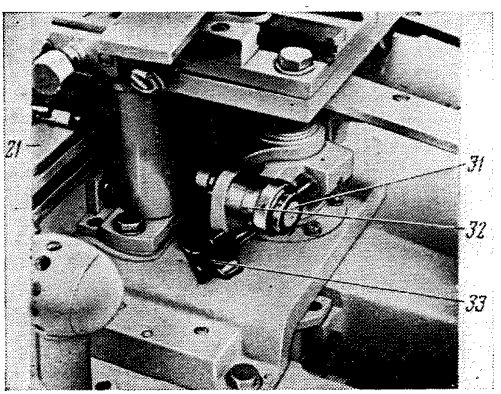


Рис. 5.7. Устройство для установки угла конвергенции

тельных устройств (счетчиков координат *X*, *Y* и *Z*), осветительных приспособлений, системы предупредительной сигнализации, блокирующих устройств.

Для передачи движения мостика отстояний и кареток *X* и *Z* на координатограф на приборе смонтированы три сельсина-датчика.

Станина представляет собой массивную металлическую плиту и является основой для монтажа всех узлов стереоавтографа.

В центральной части станины укреплены направляющие *4* и *14*, по которым перемещается на шарикоподшипниках мостик отстояний. Эти направляющие осуществляют собой ось *Y* прибора.

Перпендикулярно этим направляющим установлена цилиндрическая направляющая *19* кареток снимкодержателей. К станине привинчена опорная плита *34* мостика линеек, на которой укреплены оси поворота правой и левой плановых линеек, поддерживающая линейка *35* кареток снимков и две стойки. На стойках одним концом укреплена пластина мостика с осью вращения высотных линеек, другой конец пластины крепится к выступу станины.

Две плановые (*L*, *R*) и две высотные (*L'* и *R'*) линейки могут поворачиваться на осях. Каждая линейка имеет два плеча: длинное и короткое, но все линейки устроены различно. Левая плановая линейка *L* представляет собой единое целое, причем короткое ее плечо является продолжением длинного. Правая плановая линейка *R* состоит из двух частей; короткое плечо ее может поворачиваться относительно длинного, что дает возможность устанавливать необходимый угол конвергенции. Поворот осуществляется вращением микрометренного винта *31* (см. рис. 5.7). Закрепление короткого плеча линейки в нужном положении выполняется стопорным винтом *33*. Величина поворота отсчитывается по шкале и барабану *32* микрометренного винта.

Левая высотная линейка *L'* состоит из двух плеч, жестко соединенных друг с другом под прямым углом. Наконец, правая высотная линейка *R'* состоит из двух частей, соединенных друг с другом ромбовидным четырехугольником; таким образом, при повороте длинного плеча линейки на некоторый угол ее короткое плечо поворачивается на тот же угол в обратном направлении *.

Короткие плечи высотных линеек соединены шарнирными сочленениями *15* («ножницами») соответственно с левым и правым суппортами наблюдательной системы, перемещающимися на пластине мостика линеек в специальных направляющих. Поэтому при повороте высотных линеек оба суппорта перемещаются в направлении оси *zz* снимка, параллельной оси *Y* прибора. Короткие плечи плановых линеек соединены «ножницами» (подвижными шарнирами) с каретками правого и левого снимков. Таким образом, измерительная марка наблюдательной системы может быть совмещена почти с любой точкой стереопары. Расстояния от осей вращения плановых и высотных линеек до осей вращения соответствующих ведущих роликов «ножниц» устанавливаются равными фокусным расстояниям обрабатываемых снимков. Установка производится с помощью микрометренных винтов с отсчетными устройствами *16*, *17* и *26* ** индикаторного типа. Фиксация установок производится стопорными винтами.

Длинные плечи плановых линеек соединены «ножницами» с кареткой *X*, а длинные плечи высотных линеек — с кареткой *Z* прибора. Обе каретки перемещаются независимо одна от другой по двум парам направляющих, расположенных на мостике отстояний. Эти направляющие перпендикулярны направляющим станины и осуществляют оси *X* и *Z* прибора. Ведущий ролик «ножниц» левой плановой линейки укреплен на каретке *X* неподвижно. Ведущий ролик «ножниц» правой плановой линейки укреплен на двух суппортах, перемещающихся по каретке *X* в направлениях осей *X* и *Y*. Перемещением суппортов устанавливаются базисные составляющие b_x, b_Y. Перемещения производятся микрометренными винтами *8* и *13* (не виден), величины перемещений могут быть отсчитаны на индикаторах *10* (b_x) и *12* (b_Y) (не виден). Положение суппортов фиксируется стопорными винтами.

---

* Длинное плечо левой высотной линейки на рис. 5.6 не видно.

** Индикатор левой плановой линейки на рис. 5.6 не виден.

Ведущий ролик левой высотной линейки укреплен неподвижно на каретке *Z*. Ролик правой высотной линейки укреплен на суппортах b_Y и b_Z, перемещающихся по каретке в направлениях *Y* и *Z* с помощью микрометренных винтов. Величины перемещений, соответствующие базисным составляющим b_z и b_y, отсчитывают на индикаторах *6* и *9*. В нужном положении суппорты закрепляют стопорными винтами. Каретки снимков *1* и *21* представляют собой металлические рамки, снабженные шариковыми подшипниками для передвижения по цилиндрической направляющей *19* и поддерживающей линейке *35*. Снимки освещаются двумя электролампами, снабженными рефлекторами. Под окнами кареток расположены матовые стекла для создания равномерного освещения снимков.

Снимкодержатель, предназначенный для установки снимков, представляет собой металлическую рамку с укрепленным на ней опорным стеклом. Для центрирования снимков на стекле имеются штрихи. Центрировка снимков производится с помощью установочных винтов; закрепляются снимки зажимами.

Для стереоскопического рассматривания снимков служит наблюдательная система. Она состоит из двух симметричных ветвей: одна для рассматривания левого снимка, другая — правого. Каждая ветвь имеет подвижную и неподвижную части. Подвижные части *2* и *18* системы смонтированы на суппортах, перемещающихся по направляющим мостика линеек. Они воспринимают изображение снимков и направляют его в неподвижные части в виде параллельных лучей.

Неподвижные части системы смонтированы в бинокулярной головке *24*, укрепленной на станине прибора. Они преобразуют параллельные лучи в сходящиеся и образуют изображения рассматриваемых снимков в фокальных плоскостях окуляров.

В фокальные плоскости окуляров введены также изображения светящихся марок, при бинокулярном рассматривании сливающихся в одну марку, посредством которой производится измерение модели. Яркость свечения марки регулируется реостатом *47* (см. рис. 5.9).

Резкость изображения марки достигается вращением окуляров. Резкость изображения снимков (т. е. устранение видимого параллакса марки относительно изображения снимков) достигается вращением колец с насечкой *20* и *28* на трубках подвижных частей наблюдательной системы.

Для установки на приборе величины смещения объектива фототеодолита подвижные части наблюдательной системы можно перемещать от руки и с помощью микрометренных винтов *23* и *25*. Перемещение от руки может быть произведено только после освобождения защелок *22* и *27* (не видна). Величину смещения можно отсчитать с точностью до 0,01 мм.

Совмещение измерительной марки с точками модели производится ручными штурвалами *37*, *43* и ножным диском *41*. Посредством системы передач, смонтированной в станине, штурвал *37* перемещает мостик отстояния в направлении оси *Y*, штурвал *43* перемещает каретку *X* и ножной диск *41* — каретку *Z*.

Передачи *X*, *Y* и *Z* имеют стопорные винты, расположенные около счетчиков. Ручные штурвалы снабжены переключателями скорости; при работе с отключенным координатографом используется большая скорость, после подключения координатографа — малая. Переключение осуществляется посредством вытягивания или утапливания штурвалов.

Величины перемещений мостика отстояний и кареток *X* и *Z* (т. е. координаты X_Φ, Y_Φ и *H* определяемых точек) могут быть отсчитаны по счетчикам координат *36*, *44* и счетчику высот *38*. Счетчики освещаются электролампами.

Счетчики *X* и *Y* показывают значение координат в миллиметрах в масштабе модели. Для установки нулевых отсчетов шкалы счетчиков можно поворачивать при помощи колец с накаткой, закрепив предварительно стопорный винт соответствующей передачи.

Счетчик высот, позволяющий отсчитывать отметки точек непосредственно в метрах натуры, имеет несколько рабочих положений, отвечающих различным масштабам модели. Установка его на нужный масштаб осуществля-

ется поворотом маски и переводом в соответствующее положение переключателя *39* (не виден). Масштабы надписаны на барабане счетчика около прорезей цифрами разного цвета. На стержне переключателя нанесены два кольца. При пользовании счетчиком переключатель устанавливается в такое положение, чтобы цвет кольца соответствовал цвету оцифровки масштаба. Установка начального отсчета на счетчике высот производится при закрепленном стопоре передачи Z поворотом головки счетчика после открепления осевого стопора.

Для удобства работ ножной диск может быть отключен от передачи Z поворотом переключателя *40*, расположенного под счетчиком высот. Перемещение каретки Z в этом случае осуществляется вращением головки счетчика высот.

Координатограф представляет собой металлический стол с ногами, снабженными подъемными винтами для установки направляющих координатографа в горизонтальное положение. На столе укреплена деревянная рама со стеклянной пластинкой для укладки планшета и зажимами для его закрепления. На раме стола укреплена направляющая Y, по которой перемещается мостик чертежного устройства. По направляющим мостика, перпендикулярным направляющей Y, перемещается чертежное устройство. Опускание и поднимание карандаша чертежного устройства при вычерчивании плана производится электромагнитом, смонтированным в чертежном устройстве и включаемым ножной педалью *42*.

Мостик и чертежное устройство перемещаются посредством ходовых винтов, связанных с прибором сельсинами.

Для разбивки координатной сетки и нанесения на планшет точек координатограф снабжен двумя счетчиками, устроенными аналогично высотному счетчику стереоавтографа.

С целью предотвращения деформации и поломки частей прибора он оборудован системой предупредительной сигнализации. При подходе подвижных частей прибора к предельному положению эта система предупреждает исполнителя звуковым сигналом. Кроме того, чтобы полностью исключить возможность поломки прибора, штурвалы X и Y и ножной диск Z снабжены блокирующими устройствами. В предельном положении эти устройства автоматически стопорят передачи X, Y, Z, останавливая тем самым подвижные части даже при продолжении вращения штурвалов.

Прибор может быть подключен к сети переменного тока напряжением в 100, 127 и 220 В. Включение освещения, системы сигнализации и блокирующей системы производится тумблером электропитания. Прибор снабжен контрольной лампой *46*, которая загорается при включении тумблера *45*. Работать на приборе можно только при горящей контрольной лампе.

Основные данные прибора

1. Элементы внутреннего ориентирования:

фокусное расстояние от 157 до 198 мм
(цена деления индикатора 0,02 мм),
смещение горизонта (объектива) от +30 до —45 мм
(цена деления барабана 0,01 мм):

2. Элементы внешнего ориентирования:

конвергенция от $+5^g$ до -2^g
(цена деления барабана 1^c)
базисная составляющая b_x от 0 до 60 мм,
» » b_Y от +30 до —30 мм,
» » b_z от +10 до —10 мм
(цена деления индикаторов 0,02 мм);

3. Пространственные координаты (величины линейных перемещений):

координата X (при $f = 160$ мм) от —220 до +220 мм,
(цена деления счетчика 0,1 мм),
координата Y от +50 до +400 мм
(цена деления счетчика 0,1 мм),
координата Z при ($f = 160$ мм) от —235 до +235 мм.

Эксплуатация стереоавтографа и уход за ним

Долговечность и точность работы прибора в значительной степени зависят от условий его эксплуатации. Ниже приводятся некоторые требования к установке прибора, а также правила ухода за ним.

Наименьшие размеры помещения для установки прибора — 3,5×4 м (сюда не входит площадь, необходимая для размещения рабочих столов и шкафов для хранения документов).

Помещение следует выбирать в здании, расположенном за пределами сейсмического воздействия взрывов в карьере и свободном от вибраций и сотрясений, вызываемых механическими установками. В противном случае под ноги прибора подкладывают пластины из вакуумной или мелкопористой резины.

Стереоавтограф желательно установить на первом этаже на фундаменте. Если специальный фундамент не устраивается, то прибор устанавливают на швеллеры, не связанные с полом и опирающиеся на междуэтажное перекрытие. Координатограф устанавливают непосредственно на пол.

Стереоавтограф в помещении желательно расположить так, чтобы оператор сидел спиной к окну. Окна помещения должны иметь солнцезащитные шторы.

Не рекомендуется прибор устанавливать в непосредственной близости от радиаторов отопления. Пол в помещении, где установлен стереоавтограф, желательно покрыть линолеумом, стены покрасить масляной, а потолок клеевой или водоэмульсионной краской. В помещении ежедневно следует производить влажную уборку.

Прибор необходимо содержать в чистоте. С этой целью наружные части прибора еженедельно очищают от пыли при помощи волосяной щетки.

Ходовые винты, направляющие и ведущие ролики линеек и кареток следует чистить и смазывать не менее одного раза в месяц.

Для очистки от грязи ходового винта его обильно смачивают маслом, на резьбу накладывают приспособление для очистки и при помощи соответствующего штурвала два-три раза перемещают это приспособление по всей длине винта.

Направляющие и ролики чистят полотняной или фланелевой тряпочкой, слегка смоченной очищенным (авиационным) бензином. После чистки направляющие и ролики следует слегка смазать нейтральным обезвоженным маслом.

Применение при чистке и смазке прибора волокнистых материалов (ваты, нитяной ветоши и т. п.) недопустимо. Шариковые подшипники ведущих роликов и опорные подшипники промывают и набивают вазелином один раз в несколько лет эксплуатации прибора. Эта работа должна выполняться опытным механиком, так как требует частичной разборки прибора.

Контактные кольца сельсинов необходимо периодически смазывать специальной контактной смазкой. Использование для смазки другого масла или вазелина недопустимо.

Поверхности линз, зеркал и призм наблюдательной системы очищают мягкими, чистыми волосяными кисточками. Если с оптической поверхности необходимо удалить грязь, следует пользоваться только чистой замшей, лишь в крайнем случае смоченной спиртом-ректификатом (применение гидролизного спирта недопустимо). После очистки оптики кисточки и замшу следует обезжирить спиртом.

Абразивный диск машинки для заточки карандашей при интенсивной работе следует чистить еженедельно. Для этого диск извлекают из машинки и промывают бензином при помощи щетки с жестким ворсом.

При работе на приборе необходимо придерживаться следующих правил.

1. Обработку снимков можно вести только при горящей контрольной лампе.

2. Время от времени следует проверять исправность предупредительной сигнализации, для чего необходимо вручную последовательно утопить кнопки всех концевых выключателей.

3. После большого перерыва в работе, но не реже одного раза в месяц следует проверять исправность работы блокирующих устройств передач X, Y, Z. Для этого при вращении штурвала (X, Y или Z) нажимают рукой на соответствующий концевой выключатель; при исправном состоянии устройства должен зазвучать зуммер и сработать блокировка. Работать на приборе при неисправной блокировке не рекомендуется, так как это может привести к серьезным поломкам.

4. Пылезащитный колпак следует поднимать только во время установки снимков, корректуры модели, при юстировке и чистке прибора. Во время работы достаточно снимать стекла пылезащитного колпака. Координатограф в перерывах между работой следует закрывать пылезащитной накидкой.

Юстировка стереоавтографа

Перед юстировкой станину прибора необходимо привести в горизонтальное положение. Это выполняется путем последовательной установки накладного уровня на цилиндрическую направляющую кареток снимкодержателей и направляющую каретки отстояний; пузырек уровня выводится на середину при помощи подъемных винтов на ногах прибора.

На каретки прибора устанавливают контрольные сетки. На отсчетных устройствах базисных составляющих, конвергенции и смещения объективов устанавливают нулевые, а на индикаторах фокусных расстояний — наибольшие и равные друг другу отсчеты.

Конвергенция правой плановой линейки

В исходном положении ($\gamma=0$) направляющие ребра предметного и картинного плечей правой плановой линейки должны лежать на одной прямой. Поверка этого условия выполняется в следующем порядке:

— счетчик координат Y устанавливают в такое положение, при котором отсчеты по нему будут примерно соответствовать действительной величине расстояния Y. Для этого вращением штурвала Y совмещают штрих, нанесенный на каретке отстояний, с краем мостика линеек и устанавливают на счетчике отсчет 200,00 мм;

— вращая штурвал Y, ставят на его счетчике отсчет 400,00;

— правую измерительную марку совмещают с правым вертикальным штрихом сетки ($x=80$ мм) и по счетчику X берут отсчет X_1;

— правую измерительную марку устанавливают на центральный крест сетки и берут отсчет X_0;

— правую измерительную марку совмещают с левым вертикальным штрихом сетки ($x=-80$ мм) и берут отсчет X_2;

— вычисляют разности $X_1-X_0=X_R$ и $X_0-X_2=X_L$ и величину конвергенции по формуле:

$$\gamma = \rho \frac{X_R - X_L}{2X_R^2} Y.$$

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

$$\gamma = (X_R - X_L)\, 48^c = (X_R - X_L)\, 26'.$$

Разность X_R—X_L вычисляется в миллиметрах.

Например, если X_R—X_L=0,04 мм, то $\gamma \approx 2^c \approx 1'$.

Вычислив γ, исправляют положение нульпункта отсчетного барабана конвергентного устройства. Для этого отпускают винт *30* (см. рис. 5.7) и, поворачивая шкалу *32* отсчетного барабана, ставят на ней отсчет, равный вычисленному значению γ, после чего винт *30* снова завинчивают и, ослабив зажимной винт *33*, устанавливают барабан в положение γ=0.

Если величина X_R—X_L не превосходит 0,10 мм, то поступают следующим образом. При дальнем положении каретки отстояний (Y=400 мм) штурвалом X совмещают правую марку с правым вертикальным штрихом сетки (x=80 мм), снимают отсчет X', вычисляют поправку δX=—3,5 (X_R—X_L) и ставят на счетчике X отсчет, равный X'—δX. Затем винтом конвергенции (см. рис. 5.7) устраняют сход марки со штриха юстировочной сетки, открепляют, устанавливают на нуль и вновь закрепляют шкалу микрометренного винта. В этом положении конвергенция правой линейки будет равна нулю.

Измерительные марки

Чтобы выяснить, требуется ли юстировка положения измерительных марок, устанавливают каретку отстояний в крайнее дальнее положение и совмещают измерительную марку с центром контрольной сетки. Затем каретку приближают до отстояния 100 мм и вновь наблюдают марку. Если марка отошла от центра сетки более чем на четверть диаметра, необходимо произвести юстировку.

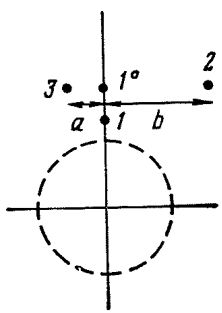


Рис. 5.8. К юстировке измерительных марок

Устранение смещения левой марки по горизонтали производят в следующем порядке:

— устанавливают мостик отстояний в дальнее положение (отсчет Y_1=400 мм);

— измерительную марку штурвалами X и Z совмещают с центральным (нулевым) вертикальным штрихом контрольной сетки (точка *1*, рис. 5, 8) вблизи центрального перекрестия и закрепляют стопор штурвала X;

— штурвалом Y каретку отстояний переводят в ближнее положение (отсчет Y_2=100 мм). При этом марка сместится с нулевого штриха и займет положение *2*;

— штурвалом X (после открепления стопорного винта) перемещают марку в направлении, противоположном видимому смещению, в положение *3* так, чтобы ее смещение относительно нулевого штриха сетки было равно $a=\frac{1}{3}b$, где b — видимое смещение марки в положении *2*. Величина «а» оценивается на глаз, в долях смещения b.

Затем юстировочным винтом, доступ к которому возможен через отверстие, закрытое защитным винтом *50* (рис. 5.9), измерительную марку вновь совмещают с нулевым вертикальным штрихом сетки (положение *1°* на рис. 5.8). 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 в описанном выше порядке.

Таким же путем выполняется юстировка марки по вертикали. При этом марку совмещают с нулевым горизонтальным штрихом, а исправление выполняют юстировочным винтом, расположенным под защитным винтом *51* (см. рис. 5.9).

Закончив исправление, марку совмещают с центральным крестом сетки и перемещают каретку отстояний штурвалом Y по всему диапазону переме-

щения (от Y_1 до Y_2). При правильно выполненной юстировке марка не должна смещаться с центрального креста сетки.

Аналогично юстируется правая марка. Исправления выполняются винтами, доступ к которым открывается после вывинчивания винтов *48* и *49*.

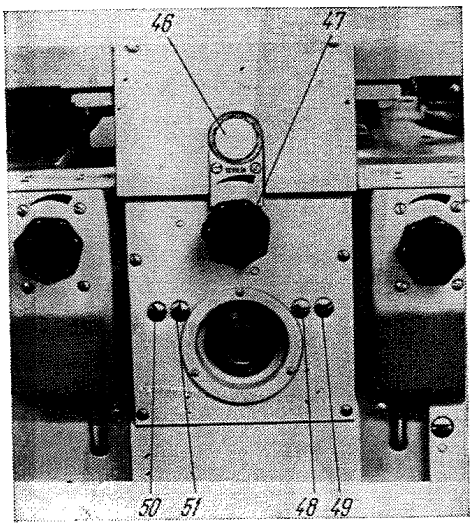
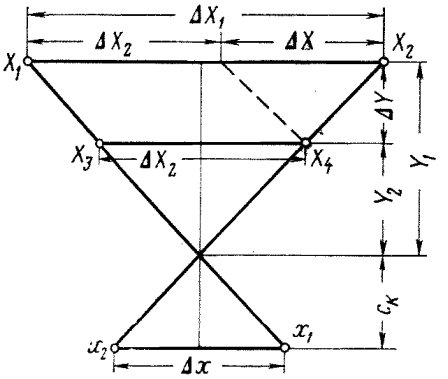


Рис. 5.9. Расположение защитных винтов, закрывающих доступ к винтам для юстировки марок

Рис. 5.10. К определению фокусного расстояния



Индикаторы фокусных расстояний

Индикаторы установки фокусных расстояний для всех четырех линеек юстируются одним и тем же способом. Для индикаторов плановых линеек из рис. 5.10 следует:

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

Аналогично для индикаторов высотных линеек

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

Для повышения точности определений Δx, Δz разности отстояний ΔY должны выбираться по возможности большими.

Юстировка индикаторов плановых линеек производится в следующем порядке:

— устанавливают каретку отстояний в дальнее положение (отсчет $Y_1 = 400$ мм);

— устанавливают марку на правый штрих сетки (x_1) и берут отсчет X_1 по счетчику X;

— устанавливают марку на левый штрих сетки (x_2) и берут отсчет X_2;

— перемещают каретку отстояний в ближнее положение (отсчет $Y = 100$ 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 $\Delta Y = Y_1 - Y_2$, $\Delta x = \Delta x_1 - x_2$,

$$\Delta X_1 = X_1 - X_2, \quad \Delta X_2 = X_3 - X_4, \quad \Delta X = \Delta X_1 - \Delta X_2;$$

— вычисляют фокусное расстояние f по формуле (1);

— устанавливают индикатор на вычисленное значение.

Индикатор показан на рис. 5.11. Установка его на вычисленное значение f осуществляется исправительными винтами *1* и *2*. Для этого ослабляют (вращением влево) винт *1* и, вращая винт *2*, устанавливают на индикаторе вычисленное значение f, после чего вновь закрепляют винт *1*.

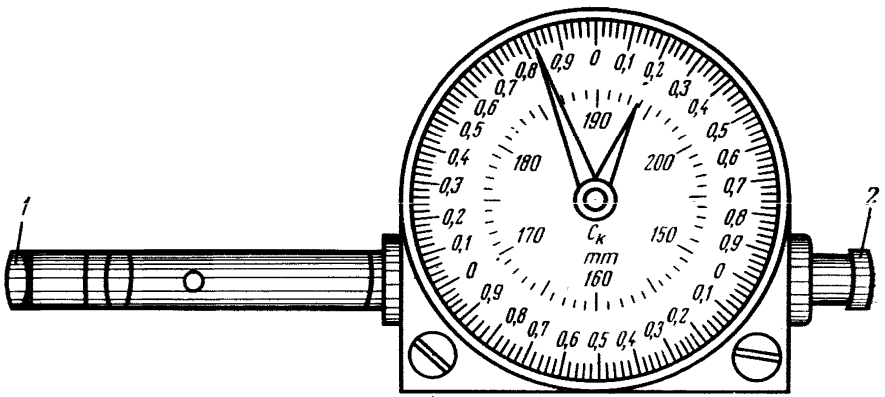


Рис. 5.11. Устройство индикатора для установки фокусного расстояния.

При юстировке индикаторов высотных линеек марку совмещают с крайним верхним z_1 и крайним нижним z_2 штрихами сетки, а отсчеты Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 берут по счетчику высот при установке на масштаб 1 : 1000 (цена деления отсчета 0,1 мм).

Пример юстировки индикаторов

На индикаторах f установлены: отсчет 198 мм,
отсчеты:
в дальнем положении каретки Y

$y_1 = 400{,}00$ мм
$x_1 = +80{,}00$ мм
$x_2 = -80{,}00$ мм

$X_1 = 661{,}60$ мм
$X_2 = 338{,}24$ мм

$\Delta X_1 = 323{,}36$ мм

в ближнем положении каретки Y

$Y_2 = 100{,}00$ мм
$x_1 = +80{,}00$ мм
$x_2 = -80{,}00$ мм

$X_3 = 540{,}72$ мм
$X_4 = 459{,}94$ мм

$\Delta X_2 = 80{,}78$ мм

$\Delta Y = 300{,}00$ мм
$\Delta X = 242{,}58$ мм
$\Delta x = 160{,}00$ мм
$f = 197{,}87$ мм

По завершении юстировки на всех индикаторах устанавливают одинаковое значение f, равное 198,00 мм.

Индикаторы базисных составляющих b_x и b_z

Отсчеты по индикаторам базисных составляющих b_X и b_Z должны быть равны нулю после того, как плановые и высотные линейки установлены попарно параллельно друг другу.

Порядок юстировки рекомендуется следующий:

— каретку отстояний устанавливают в ближнее положение;

— наводят левую измерительную марку на центральный крест юстировочной сетки;

— винтами b_X и b_Z совмещают правую марку с центром юстировочной сетки;

— устанавливают индикаторы b_X и b_Z на нулевые отсчеты (установка выполняется так же, как и на индикаторах фокусных расстояний);

— проверяют юстировку, для чего каретку отстояний перемещают на весь диапазон; при этом измерительные марки не должны смещаться с центральных крестов юстировочных сеток.

Индикаторы базисной составляющей b_y

При установках базисных составляющих $b_x=0$, $b_z=0$, $b_y=0$ линейки должны быть параллельны друг другу, а расстояния по оси Y от осей S_1, S_2 вращения линеек (см. рис. 5.2) до точек касания линеек с роликами каретки X и Z должны быть равны друг другу и совпадать с показаниями счетчика Y. Согласно рис. 5.10 в дальнем положении имеем:

для плановых линеек

$$Y_1 = \frac{\Delta X_1}{\Delta x} f = \Delta X_1 \frac{\Delta Y}{\Delta X}, \qquad (3)$$

для высотных линеек

$$Y_1 = \frac{\Delta Z_1}{\Delta Z} f = \Delta Z_1 \frac{\Delta Y}{\Delta Z}. \qquad (4)$$

При правильно выполненной юстировке вычисленные по формулам (3) и (4) расстояния Y_1 для всех четырех линеек должны быть равны и совпадать с отсчетом по счетчику Y. Юстировку выполняют следующим образом:

— используя данные, полученные при юстировке индикаторов фокусных расстояний (см. 4.3) по формулам (3) и (4) вычисляют Y_1 для всех четырех линеек;

— определяют разности величин Y_1 правой и левой линеек (плановых и высотных):

$$Y_{1_п} - Y_{1_л} = d;$$

— положительные значения d устанавливают (при помощи установочных винтов на соответствующих индикаторах b_Y) вращением стрелок индикаторов по ходу часовой стрелки, отрицательные — против хода часовой стрелки. Затем юстировочными винтами ставят на индикаторах b_Y нулевые отсчеты (аналогично описанному ранее);

— не изменяя установки каретки отстояний, закрепляют штурвал Y и устанавливают на счетчике величину Y_1 из определения по левой плановой линейке.

Уточнение юстировки прибора по сеточной модели и общая проверка

После выполнения описанных юстировок на базисной составляющей b_X устанавливают отсчет, равный 40,00 мм, а на счетчике каретки отстояний — 113,44 мм, наводят измерительную марку на центр правой сетки и рассматривают сеточную модель стереоскопически, при этом марка должна совме-

щаться (с точностью до 0,1 мм) с плоскостью сеточной модели. В противном случае установочным винтом b_X совмещают марку с вертикальной линией сеточной модели, проходящей через центральный крест правой сетки.

Штурвалом Y устанавливают отсчет 396,00 мм и, если имеет место несовмещение марки с плоскостью сеточной модели, устраняют его винтом конвергенции. После этого индикатор b_X исправительными винтами вновь устанавливают на отсчет 40,00.

Затем переводят каретки в крайнее правое положение и несовмещение измерительной марки с вертикальной линией устраняют изменением базисной составляющей b_Y, шкалу которой затем ставят на нулевой отсчет.

После уточнения юстировки по сеточной модели базисную составляющую b_X вновь устанавливают на нулевой отсчет и выполняют общую поверку прибора, для чего левую измерительную марку последовательно совмещают с точками сетки, имеющими координаты:

$x_1 = +80$ мм, $x_2 = -80$ мм,
$z_1 = +60$ мм, $z_2 = +60$ мм,
$x_3 = -80$ мм, $x_4 = +80$ мм,
$z_3 = -60$ мм, $z_4 = -60$ мм.

При этом одновременно наблюдают совмещение правой марки с аналогичными точками; при тщательно выполненной юстировке расхождения не должны превосходить половины марки*. Указанный контроль необходимо выполнить как в дальнем, так и ближнем положении мостика отстояний.

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

СТЕРЕОКОМПАРАТОР 1818

При обработке снимков наземной стереофотограмметрической съемки стереокомпаратор служит для измерения координат x, z, горизонтальных и вертикальных параллаксов точек.

Стереокомпаратор 1818 (рис. 6.1) состоит из станины, главной каретки, каретки левого снимка и параллактической каретки, наблюдательной системы и осветительного устройства.

На направляющих станины *5* установлена главная каретка *4*. Каретку посредством маховичка *14* можно перемещать вдоль оси X прибора. Величина перемещения (координата x) отсчитывается по счетчику *15*. Цена наименьшего деления счетчика — 0,02 мм. На главной каретке установлена каретка левого снимка *23* и параллактическая каретка *1*. С помощью винта *21* каретку левого снимка можно передвигать вдоль оси X (диапазон перемещения 56 мм) для установки нулевого отсчета на счетчике продольных параллаксов. Перемещение параллактической каретки производится посредством маховичка *6*; величины продольных параллаксов отсчитываются по счетчику *27*, имеющему цену деления 0,005 мм.

Наблюдательная система представляет собой бинокулярный микроскоп, который состоит из подвижной и неподвижной частей. Подвижная часть смонтирована внутри станины на специальной каретке, которая при помощи маховичка *8* или *12* перемещается вдоль оси Z. Величину перемещения (координату z) отсчитывают по счетчику *9*, имеющему цену деления шкалы 0,02 мм. Кроме того, посредством кольца с накаткой *7* можно перемещать правый объектив подвижной части относительно левого. Величина этого перемещения (вертикальный параллакс) отсчитывается по счетчику *26*, имеющему цену деления 0,01 мм.

Неподвижная часть наблюдательной системы представляет собой головку *28*. Наблюдательная система имеет восьмикратное увеличение.

Фокусировку на резкость измерительных марок и снимков выполняют раздельно. Для фокусировки измерительных марок служат диоптрийные коль-

* Вертикальные параллаксы иногда могут превзойти указанную величину. На точность измерений эти расхождения не влияют.

ца левого и правого окуляров. Снимки фокусируют вращением гильз с накаткой, расположенных на подвижной части наблюдательной системы. Доступ к ним возможен через квадратные отверстия в передней стенке станины.

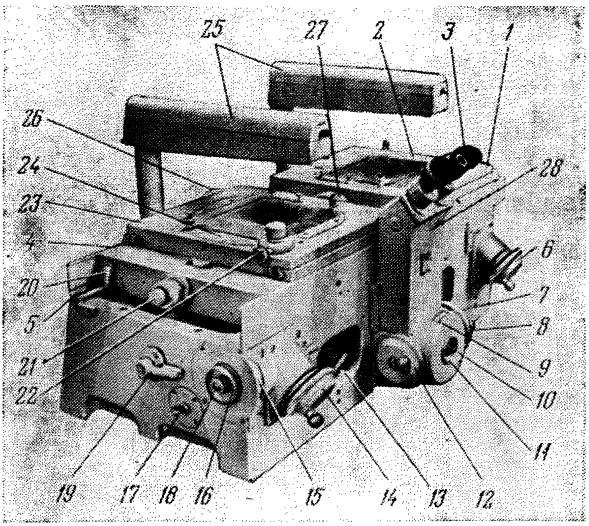


Рис. 6.1. Стереокомпаратор

Установку удобных нулевых отсчетов на счетчиках *15* и *9* производят вращением колец с накаткой *16* и *11* после ослабления стопорных винтов *18* и *10*.

На каретке левого снимка и параллактической каретке закреплены снимкодержатели левого *24* и правого *2* снимков, которые можно поворачивать в своей плоскости с помощью винтов *3* и *22*.

Снимки освещают сверху двумя софитными лампами *25*. Для удобства установки снимков служат лампы *13* нижней подсветки. Прибор включают общим тумблером *17*, а переключение с нижнего света на верхний и наоборот производится переключателем, расположенным на правой боковой стенке прибора.

Для измерения снимков предназначены марки. Кроме того, для измерения можно использовать четыре креста, симметрично расположенных относительно центра поля зрения (рис. 6.2).

Чтобы предотвратить возможные повреждения направляющих станины и подшипников основной каретки при транспортировке прибора, каретка *4* (см. рис. 6.1) может быть приподнята с помощью рычагов *19* и закреплена в этом положении рычагами *20* и двумя винтами, расположенными на задней стенке основной каретки.

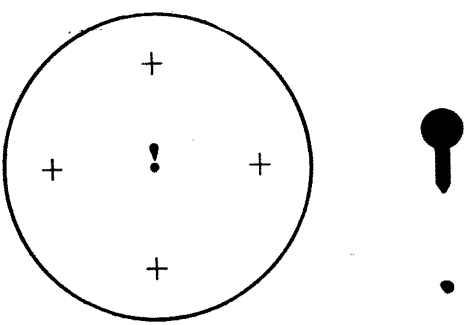


Рис. 6.2. Измерительные марки микроскопа стереокомпаратора

Поверки стереокомпаратора

Стереокомпаратор должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Движения главной каретки и подвижной части бинокулярного микроскопа должны быть прямолинейны и взаимно перпендикулярны.

2. Движение параллактической каретки должно быть параллельным движению основной каретки.

3. Движение правого объектива должно быть параллельным направлению движения подвижной части бинокулярного микроскопа.

4. Движение левой каретки при перемещении ее винтом *21* (см. рис. 6.1) должно быть параллельным движению главной каретки.

Для проверки выполнения этих условий в снимкодержатели укладывают контрольные сетки и ориентируют их.

Ориентирование контрольных сеток производится в следующем порядке. Их укладывают в снимкодержатели так, чтобы линии сетки были примерно параллельны осям *X* и *Z* прибора, закрепляют зажимами и раздельно ориентируют левую и правую сетки. Действуя маховичками *14* и *8* (см. рис. 6.1), измерительную марку левого микроскопа совмещают с левым концом горизонтальной линии, проходящей примерно через центр вращения снимкодержателя. Маховичком *14* перемещают главную каретку в левое положение; измерительная марка при этом сойдет с линии сетки. Половину видимой величины схода убирают разворотом снимкодержателя винтом *22*, а остаток — маховичком *8* или *12*. После этого главную каретку перемещают вправо и вновь устраняют сход измерительной марки, наблюдаемой на левом конце линии сетки. Эти операции повторяют до полного устранения схода. Аналогично ориентируют другую сетку.

Для проверки первого условия после ориентирования сетки наблюдают поведение марки при движении вдоль вертикальной линии сетки. Сход круглой марки с вертикальной линии при перемещении по всей длине не должен превышать $^1/_4$ диаметра марки.

Для проверки второго условия устанавливают счетчик горизонтальных параллаксов *27* на одно из крайних делений. Маховичком *8* или *14* совмещают измерительную марку правого микроскопа с горизонтальной линией сетки и перемещают параллактическую каретку *1* на весь диапазон, наблюдая за поведением марки относительно линии сетки.

Для проверки третьего условия измерительную марку правого объектива, наблюдая за ее поведением, перемещают кольцом *7* на весь диапазон вдоль вертикальной линии правой сетки.

Для проверки четвертого условия левую каретку *23* перемещают на весь диапазон винтом *21* и следят при этом за поведением измерительной марки относительно горизонтальной линии сетки.

Второе, третье и четвертое условия считаются выполненными, если при перемещении каретки марка не сходит с линии сетки более чем на $^1/_4$ диаметра марки.

Если хотя бы одно из условий не выполняется, то необходима юстировка прибора.

Измерение снимков

Для стереоскопического измерения снимков их укладывают на снимкодержатели: левый снимок стереопары на левую каретку, правый — на правую. Негативы укладывают эмульсионным слоем вниз, диапозитивы — эмульсионным слоем вверх. Для укладки снимков фототеодолитной съемки на снимкодержателях имеются специальные уголки, в которые упираются соответствующие углы стеклянной пластинки.

Закрепив снимки, их ориентируют так, чтобы ось снимка *xx* была па-

раллельна оси X стереокомпаратора. Ориентирование выполняют в той же последовательности, как и при ориентировании контрольных сеток.

По окончании ориентирования снимков на отсчетных приспособлениях стереокомпаратора устанавливают начальные отсчеты. Для установки начального отсчета на счетчике координат z левую измерительную марку маховичками *14* и *8* совмещают с центром правой координатной метки снимка и устанавливают на счетчике отсчет $V_z = 100{,}00$ мм.

Начальный отсчет по счетчику горизонтальных параллаксов устанавливают следующим образом. Устанавливают счетчик горизонтальных параллаксов *27* на начальный отсчет (обычно $p_н = 0{,}00$), маховичками *14* и *8* совмещают правую измерительную марку с верхней меткой правого снимка и винтом *21* совмещают левую каретку до стереоскопического совмещения марки с координатной меткой. После этого маховичком *6* производят контрольное стереоскопическое совмещение марки с координатной меткой. Полученный отсчет не должен отличаться от начального более, чем на 0,01 мм.

Для установки начального отсчета по счетчику координат x левую измерительную марку маховичками *14* и *8* совмещают с центром верхней координатной метки, после чего на счетчике устанавливают отсчет $V_x = 100$ мм.

Для определения начального отсчета на счетчике вертикальных параллаксов *26* маховичками *14, 8* и *6* измерительные марки левого и правого микроскопов устанавливают рядом с правыми координатными метками снимков и при стереоскопическом рассматривании устраняют несовмещение марок по вертикали. Отсчет по винту вертикальных параллаксов будет искомым начальным отсчетом.

После установки начальных отсчетов измеряют координаты x, z, горизонтальные p и, если необходимо, вертикальные q параллаксы определяемых точек. С помощью маховичков *14* и *8* измерительную марку левого микроскопа совмещают с выбранной для измерения точкой. Затем вращением маховичка *6* и кольца *7* при одновременном наблюдении обоих снимков контуры левого снимка примерно совмещают с контурами правого до получения пространственного восприятия (стереоэффекта). В этот момент измерительная марка будет наблюдаться «висящей в воздухе» между наблюдателем и пространственной моделью местности или раздвоенной. Последнее означает, что измерительная марка находится «под поверхностью» стереомодели. Вращением маховичка горизонтальных параллаксов *6* добиваются, чтобы оба изображения марки наблюдались на возможно меньшем расстоянии одно от другого, и вертикальное несовмещение марок устраняют кольцом вертикальных параллаксов *7*. Наконец, небольшим поворотом маховичка *6* измерительную марку «отрывают» от поверхности модели так, чтобы она казалась «висящей в воздухе», в непосредственной близости от измеряемой точки, после чего несколькими движениями винта в прямом и обратном направлениях определяют положение соприкосновения марки с измеряемой точкой модели. При этом заключительное движение винта должно быть таким, чтобы марка перемещалась от глаза наблюдателя к модели.

По окончании этих действий берут отсчет по счетчику горизонтальных параллаксов. Затем повторно совмещают марку с моделью в измеряемой точке и вновь берут отсчет. Если разность обоих отсчетов не превышает 0,01 мм, то принимают среднее арифметическое из них; при большой разности измерение повторяют. Затем берут отсчеты x_i' и z_i'. Аналогично выполняют измерения на всех остальных точках. Фотокоординаты и параллаксы определяемых точек вычисляют по формулам:

$$x_i = x_i' - V_x,$$

$$z_i = z_i' - V_z,$$

$$p_i = p_i' - p_н,$$

$$q_i = q_i' - q_н.$$

где x_i', z_i', p_i', q_i' — отсчеты по шкалам стереокомпаратора при совмещении марки с определяемой точкой;

V_x, V_z, $p_н$, $q_н$ — начальные отсчеты.

При обработке снимков, полученных со смещением объектива, величина смещения алгебраически прибавляется к z_i.

При вычислении q следует иметь в виду, что если с увеличением отсчетов по счетчику вертикальных параллаксов марка перемещается в направлении $-z$, то отсчеты q_i' и $q_н$ считаются отрицательными, если же в направлении $+z$, то положительными.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

ПЛАН ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ РАБОТ

1. Определение корректурных точек способом прямой фотограмметрической засечки

№ в порядке выполнения	№ определяемой точки	Стереопары, для которых определяют точки	Снимки, по которым намечено определять точки	Геодезические точки и ориентирные направления на снимках
1	3ф 4ф	1*A*—1*B*, 1*AR*—1*BR* 2*AR*—1*BR*, 2*AL*—2*BL*	1*AR* 1*BR* 3*BL*	5, ОН1, ОН2 5, ОН3, ОН4
2 и т. д.	6ф	2*AL*—2*BL*, 2*A*—2*B*	2*AL* 2*BL* 3*B*	5, ОН6, ОН7 5, ОН6, ОН8 7, ОН10, ОН11

2. Обработка стереопар и определение корректурных точек пикетным способом

№ в порядке выполнения	№ обрабатываемой стереопары	№№ корректурных точек	Способ корректуры (по точкам)	№№ планшетов, на которых расположен участок, снятый на стереопару	Сгущение способом пикетных точек	
					определяемые корректурные точки	стереопары, для которых определены корректурные точки
1	1*A*—1*B*	1, 2, 3ф	По трем	1, 2	10ф, 11ф, 12ф, 14ф	15*A*—15*B*
2	1*A*—1*B*	3ф, 4ф, 5	По трем	2	15ф	16*A*—16*B*
3	15*A*—15*B*	18ф, 11ф 12ф, 13ф	По четырем	1, 2	13ф —	15*A*—15*B* —
и т. д.						

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК МЕТОДОМ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ ЗАСЕЧКИ

Формуляр 1-й

Вычисление исправленных значений f

$L_0 = 161{,}89$ мм, $f_к = 194{,}60$ мм, $k_з = \dfrac{f_к}{L_0} = 1{,}20$

№ станции	Индекс снимка	№ координатных меток	Отсчет x	$x_2 - x_1$	$\Delta L = (5) - L_0$	$\delta f = k_з\,(6)$	$f = f_к + \delta f$
1	2	3	4	5	6	7	8
	AR	2 1	176,48 14,50	161,98	+0,09	+0,11	194,71
	BR	2 1	176,93 14,98	161,95	+0,06	+0,07	194,67
1	*A*	2 1	175,78 13,82	161,96	+0,07	+0,07	194,67
	B	2 1	176,26 15,34	161,92	+0,03	+0,04	194,64
	AL	2 1	176,91 14,92	161,99	+0,10	+0,12	194,72
	BL	2 1	175,92 13,96	161,96	+0,07	+0,08	194,68
2	и т. д.						

Формуляр 2-й

Вычисление исправленных координат точек

а) определение поправок δx_0, δz_0, и δf

$L_0^2 = 26211$, $L_{0_1}^2 = 12964$, $k_1 = \dfrac{2f_к^2}{L_0^2} = 2{,}89$, $k_2 = \dfrac{2f_к^2}{L_{0_1}^2} = 5{,}84$

$$k_з = \frac{f_к}{L_0} = 1{,}20$$

№ снимка	№ координатных меток	Отсчет по шкале x	Отсчет по шкале z	$\dfrac{x_3+x_4}{2}$	$l_1 = (5) - x_1$ $l_2 = x_2 - (5)$ $l_3 = z_3 - z_1$ $l_4 = z_1 - z_4$	l^0
1	2	3	4	5	6	7
4B	1 2 3 4	19,12 181,10 100,00 100,00	100,00 100,00 156,94 43,06	100,00	80,88 81,10 56,94 56,94	80,82 81,08 56,94 56,91

Продолжение формуляра 2-го

№ снимков	№ координатных меток	$\Delta l = l - l^0$	$\Delta l_1 - \Delta l_2$	$\Delta l_4 - \Delta l_3$	$\Delta l_1 + \Delta l_2$	$\delta x_0 = -k_1(9)$ $\delta z_0 = -k_2(10)$ $\delta f = k_3(11)$
1	2	8	9	10	11	12
43	1	+0,06	+0,04		+0,08	—0,12
	2	+0,02				—0,13
	3	0,00		+0,03		+0,09
	4	+0,03				

Продолжение формуляра 2-го

б) измерение координат точек на стереокомпараторе

№ снимков	№ точек	Отсчеты по шкалам x'	z'	p'	q'	$p_н - p' = d$	$q_н - q' = b$	Координаты точек $x = x' - x_н$	$z_1 = z' - z_н$	$x_2 = x_1 - d$	$b - z_1 = z_2$
начальные отсчеты		$x_н = 100{,}00$	$z_н = 100{,}00$					снимок 4 B		снимок	
4B	14ф	140,63	149,10					+40,63	+49,10		
	20	90,64	138,20					—9,36	+28,20		
	17A	15,09	128,85					—84,91	+28,85		

в) вычисление исправленных значений координат x, z

№ снимков	№ точек	$z + \Delta_z$	x	$\delta x_н = \frac{xz}{f_к^2}\delta x_0$	δz_0	x_0	$\delta z_н = \frac{z^2}{f_к^2}\delta z_0$	z^0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		$\Delta_z = -40$ мм						
4B	14ф	+9,10	+40,63	0,00		+40,75	0,00	+9,10
	20	—1,80	—9,36	0,00	—0,12	—9,24	0,00	—1,80
	17A	—11,15	—84,15	0,00		—84,79	0,00	—11,15

Примечание. В графе 3 Δ_z — смещение объектива фототеодолита от центрального положения.

Вычисление дирекционных углов

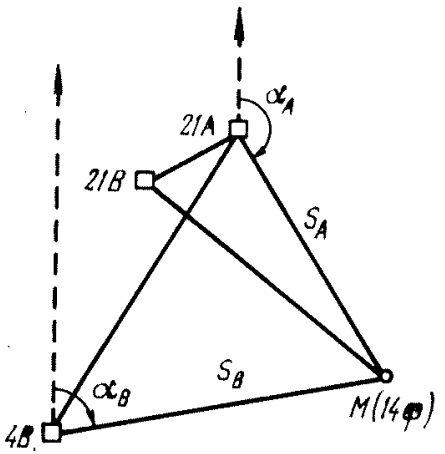
а) вычисление фотограмметрических значений β и α

№ исходных точек	№ определяемых точек	x^0	$\operatorname{tg}\beta = \frac{x^0}{f}$	β	$\alpha_0 = \alpha_и - \beta$	$(\alpha_0)_{ср} = \frac{1}{n}\Sigma\alpha_0$	$\alpha_{(7)+(5)}$
1	2	3	4	5	6	7	8
	14ф	+40,75	0,209200	+11°49′20″			59°34′50″
20		—9,24	0,047460	—2 43 20	47°45′24″	47°45′30″	
17*A*		—84,79	0,436745	—23 32 00	47 45 35		
и т. д.							

б) вычисление $\alpha_и$ и S по корректурным точкам

№ точек	Y	ΔY	X	ΔX	$\operatorname{tg}\alpha_и = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ $\operatorname{ctg}\alpha_и = \frac{\Delta X}{\Delta Y}$	$\alpha_и$	$\sin\alpha_и$	$\cos\alpha_и$	S
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4*B*	20029,62		12742,08						
20	21060,55	+1030,93	13771,57	+1029,49	0,998603	45°02′24″	0,707601	0,706613	1456,94
17*A*	20685,22	+655,60	14199,05	+1456,97	0,449974	24 13 35	0,410343	0,911931	1597,69

Вычисление координат *X* и *У* точки 14ф прямой засечкой



$$X_M = \frac{Y_B - Y_A + X_A \operatorname{tg}\alpha_A - X_B \operatorname{tg}\alpha_B}{\operatorname{tg}\alpha_A - \operatorname{tg}\alpha_B};$$

$$Y_M = \frac{X_B - X_A + Y_A \operatorname{ctg}\alpha_A + Y_B \operatorname{ctg}\alpha_B}{\operatorname{ctg}\alpha_A - \operatorname{ctg}\alpha_B};$$

$$Y_M = Y_A + (X_M - X_A)\operatorname{tg}\alpha_A; \quad X_M = X_A + (Y_M - Y_A)\operatorname{ctg}\alpha_A;$$

$$Y_M = Y_B + (X_M - X_B)\operatorname{tg}\alpha_B; \quad X_M = X_B + (Y_M - Y_B)\operatorname{ctg}\alpha_B;$$

$$S_A = (X_M - X_A)\sec\alpha_A = (Y_M - Y_A)\operatorname{cosec}\alpha_A;$$

$$S_B = (X_M - X_B)\sec\alpha_B = (Y_M - Y_B)\operatorname{cosec}\alpha_B.$$

№ точек	α	*Y* (*X*)	*X* (*Y*)	tg α (ctg α)	$X_M - X_{A(B)}$ / $Y_M - Y_{A(B)}$	$Y_M - Y_{A(B)}$ / $X_M - X_{A(B)}$	sec α cosec α	cosec α sec α	*S*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M—14ф		21 144,81	13 396,78						
A—21*A*	152°03′59″	20 614,28	14 397,35	—0,530 224	—1000,57	+530,53	—1,131 874	2,13471	1132,52
B—4*B*	59 34 50	20 029,62	12 742,08	1,703 323	+654,70	+1115,19	1,975 090	1,159615	1293,15
		—584,66		—2,233 547					
M—14ф		21 144,85	13 396,76						
A—21*B*	150 40 03	20 585,59	14 392,04	—0,561 920	—995,28	+559,26	—1,147 063	2,04140	1141,66
B—4*B*	59 34 50	20 029,62	12 742,08	1,703 323	2654,83	+1115,23	1,975 090	1,159615	1293,28
		—555,97		—2,265253					
			$X_{ср} = 13\,396{,}77$		$Y_{ср} = 21\,144{,}83$				

Формуляр 5-й

Вычисление отметки точки 14ф

$$Z = Z_0 + i + S\cos\beta\left(\frac{z^0}{f} + k\right)$$

№ снимков	№ точек	$\frac{f}{Z_0}$ Z_0+i	β $\cos\beta$	δ $\operatorname{tg}\delta$	$\operatorname{tg}\delta$ $\cos\beta$	S	$Y_\Phi = S\cos\beta$	z^0	$\frac{z^0}{f}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21*A*		194,62							
	14ф		14°00′26″			1132,52	1098,83	+12,26	0,0630
			9,970254						
	20	2585,09	6°26′47″						
		+1,21	0,993678						
		2586,30							
21*B*	14ф	194,61	12°37′00″			1141,66	1114,09	+12,77	0,0656
			0,975853						
	20	2582,18	4°30′57″			781,39	778,96	—0,12	0,0006
		+1,03	0,996893						
		2583,21							
4*B*	14ф	194,69	11°49′20″			1293,22	1265,80	+9,10	0,0467
			0,978798						
	20	2597,05	—2°43′00″			1456,94	1455,30	—1,80	0,0092
			0,998876						

Продолжение формуляра 5-го

№ снимков	№ точек	(8)—(10)	ΔZ_R	$Z'=Z_0+i+(8)-(10)-(12)$	Z	$\Delta Z=(14)-(13)$	$k=\left(\frac{15}{8}\right)=(6)-(10)$	$k(8)$	$Z=(13)+(16)-(12)$
1	2	11	12	13	14	15	16	17	18
21*A*									
	14ф	+69,21	—	2655,51				—0,66	2654,85
	20								
21*B*	14ф	+73,09	—	2656,30				—1,54	2654,76
	20	—0,44	—	2582,77	2581,72	—1,05	—0,00135		
4*B*	14ф	+59,11	—	2657,27				—2,66	2654,61
	20	—13,39	—	2584,76	2581,72	—3,04	—0,0021		
								$Z_{ср}$ =	2654,73

Формуляр 6-й

Измерение отметок и координат *z* на универсальном приборе

№ снимка	№ точки	Y_{Φ_n}	ΔY	Y_Φ	Z''	ΔZ_R	$Z'=(6)-(7)$	z_0	z'	$z=(10)-(9)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15*A*	17			1562,4	1231,10	0,16	1230,94		243,65	+43,65
	от 19							200,00	231,30	+31,30
	25ф	1400,00	102,8	1502,8					237,82	+37,82

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

КАТАЛОГ БАЗИСОВ И ОРИЕНТИРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Базисные точки	Ориентирные направления	Дирекционные углы	Вертикальные углы	Координаты		
				X	*Y*	*H*
		Станция *22*				
22*A*		177°30′40″		3560,81	1150,30	2350,76
22*B*				3468,41	1189,05	2351,80
	22*A*—11	87°01′10″	+3°10′10″			
	22*A*—12	86 50 15	+2 15 45			
	22*A*—13	56 10 20	—3 14 15			
	22*A*—14	116 50 15	—0 46 30			
	22*B*—15	86 15 20	+1 12 10			
	22*B*—16	55 22 45	+4 10 55			
	22*B*—17	118 47 35	—2 49 25			
		Станция *23*				
22*A*	. . . . .					
22*B*	. . . . .					

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ОБРАБОТКА ФОТОМАТЕРИАЛОВ

Общие сведения

Фотографическая лабораторная обработка светочувствительных материалов делится на основную (обязательную) и дополнительную, применяемую по мере необходимости.

Основная обработка имеет целью получение видимого фотоизображения и состоит из двух процессов: проявление и закрепление.

Дополнительная обработка, имеющая целью улучшение качества изображения, включает процессы ослабления и усиления негативов.

Проявление и закрепление ведут при неактиничном для данного сорта материала освещении, процессы ослабления и усиления — при рассеянном дневном свете.

Качество фотографической обработки во многом зависит от правильности выбора рецепта проявителя, соблюдения технологии приготовления растворов и выполнения режима обработки фотоматериалов.

Для приготовления растворов необходимо брать чистую, предпочтительно дистиллированную воду. При отсутствии дистиллированной можно использовать кипяченую воду, которой предварительно дают отстояться (примерно сутки).

Для приготовления раствора берут 3/4 предписанного рецептом количества теплой воды при температуре не более +45°. В приводимых рецептах химические вещества выписаны в порядке их растворения, причем следующее вещество вводится в раствор только после полного растворения предыдущего.

Иной порядок растворения химических веществ ведет к порче раствора.

Некоторые вещества растворяют отдельно и полученный раствор приливают к основному. При развешивании химических веществ рекомендуется

пользоваться специальными ложками или шпателями. Насыпать химикаты руками нельзя, так как это может привести к отравлению. После полного растворения всех компонентов раствор доливают водой до полного объема. Приготовлять растворы следует накануне дня обработки фотоматериала. Перед работой приготовленные растворы фильтруют и переливают в рабочие сосуды. Оставлять проявитель в кювете на длительное время не рекомендуется, так как уже через сутки он окисляется и становится непригодным. В хорошо закупоренной и наполненной бутыли проявитель сохраняется более месяца.

В каждом растворе можно обрабатывать определенное количество фотоматериалов. Превышать нормы обработки не рекомендуется, так как использование старых истощенных растворов приводит к плохому качеству, а иногда и к порче негативов или отпечатков.

Для равномерной обработки фотослоев необходимо регулярное перемешивание проявителя и других растворов, осуществляемое покачиванием сосудов или движением фотослоя.

Материалы следует хранить в сухом помещении, причем светочувствительные материалы и фотохимикаты хранят в разных шкафах. Коробки с фотопластинками и фотобумагой ставят обязательно на ребро.

Отдельные процессы фотографической обработки имеют следующее назначение.

Проявление. В результате проявления образуется видимое фотографическое изображение. Чем дольше фотослой обрабатывается проявителем, тем плотнее (чернее) становится изображение. Если проявление длится больше нормального времени, то вначале чрезмерно увеличивается контраст фотографического изображения, а затем появляется вуаль, постепенно покрывающая детали изображения вплоть до полного его исчезновения.

Обработку прекращают в момент, когда достигнута желательная степень плотности и контраста изображения.

При обработке негативного материала длительность проявления следует увеличить, если объект съемки малоконтрастен или если съемка производилась в пасмурную погоду, и уменьшить при съемке контрастного объекта и при ярком солнечном освещении.

Отклонения экспозиции при съемке от нормальной влияют на длительность проявления следующим образом. При нормальной экспозиции первые следы изображения появляются на фотопластинке примерно через 40—60 секунд. Сначала появляются наиболее освещенные места, например небо, затем средние и, наконец, темные.

При передержке изображение быстро появляется по всей площади фотопластинки, но для достаточной проработки всех деталей уменьшать время проявления не следует. Если заранее известно, что негативный материал экспонирован неправильно, следует изменить режим проявления. Для получения удовлетворительных негативов при передержке применяют гидрохиноновые проявители с увеличенным количеством бромистого калия и уменьшенным количеством щелочи. Хороший результат дает замена бромистого калия бензотриазолом или нитробензимидозолом в количестве от 0,3 до 2 г на 1 л. Наконец, для проявления передержанных фотопластинок проявитель рекомендуется охладить.

Если изображение на фотопластинке долго не проявляется, это указывает на недодержку. Такие негативы рекомендуется проявлять в медленно работающих проявителях (метоловых или глициновых) с небольшой концентрацией проявляющего вещества и без бромистого калия или с минимальным его количеством.

Следует отметить, что недодержанные негативы исправить значительно труднее, чем передержанные.

Активность проявителя зависит от свойств проявляющего вещества и химических компонентов, входящих в его состав, и понижается при разбавлении его водой, а также по мере истощения. В холодном проявителе процесс проявления протекает замедленно. При повышенной температуре раствора процесс проявления протекает быстрее, но при этом происходит

вуалирование изображения и чрезмерное размягчение эмульсионного слоя, что делает его восприимчивым к механическим повреждениям. При слишком высокой температуре раствора (выше 25°) может произойти расплавление и отслаивание фотослоя от подложки.

О методике обработки материалов при повышенной температуре растворов сказано ниже.

Закрепление. Проявленный негатив или фотоотпечаток промывают в течение 1/2 мин в воде или в прерывателе проявления, после чего переносят в закрепитель.

Назначение процесса закрепления — удаление из фотоэмульсионного слоя солей серебра, непрореагировавших при экспонировании фотослоя и оставшихся невосстановленными после проявления.

Продолжительность закрепления зависит от состава и концентрации закрепителя, степени его истощения, температуры и интенсивности перемешивания. При работе с пластинками следует пользоваться ускоренными кислыми закрепителями, для чего в состав закрепителя вводится хлористый аммоний.

С истощением закрепляющего раствора время закрепления увеличивается. Раствор считается отработанным, если на осветление негатива стало уходить вдвое больше времени, чем при закреплении в свежем растворе. Продолжительность полного закрепления равна удвоенному времени осветления.

Процесс закрепления рекомендуется производить в двух сосудах (кюветах или бачках). В первом сосуде негативы обрабатываются до полного осветления, затем их переносят во второй сосуд на такое же время.

После закрепления определенного количества пластинок первый раствор (истощенный) заменяют вторым, а второй свежим.

Промывка. Особенно большое внимание уделяют окончательной промывке фотоматериалов после закрепления. Окончательную промывку осуществляют в воде, проточной или полностью сменяемой несколько раз. Если скорость подачи воды такова, что вода в промывном сосуде полностью сменяется в течение 5 мин, то при нормальной температуре воды (18—20°) негативы на стекле или пленке промывают в течение 30 минут. При отсутствии проточной воды вода в промывных сосудах сменяется 6 раз через каждые 5 мин.

Время промывки фотопластинок при различных температурах промывной воды определяется по табл. 1.

Таблица 1

Температура промывной воды, градусы	10	15	20	25	30	35
Продолжительность промывки, минуты	40	35	30	20	15	10

При промывке в сменяемой воде количество смен промывной воды сохраняется, но соответственно удлиняется или укорачивается интервал между сменами.

Одновременная обработка нескольких пластинок

Для ускорения фотолабораторного процесса целесообразно одновременно обрабатывать несколько фотопластинок (4—6 штук). Обработку производят в кюветах или специальных бачках.

Кюветы должны быть настолько большими, чтобы одновременно обрабатываемые пластинки могли лежать, не касаясь друг друга. Для того

чтобы пластинки не надвигались одна на другую, желательно пользоваться разделителями из пластмассы или нержавеющего металла.

Рекомендуется следующий порядок работы. Берут фотопластинки за ребра и погружают их одну за другой в проявитель, эмульсионной стороной вверх так, чтобы раствор полностью покрыл поверхность пластинки. Несоблюдение этого правила может привести к появлению на пластинке неисправимых полос, пятен и вуали. Для удаления с поверхности фотослоя воздушных пузырьков или случайных твердых частиц поверхность каждой пластинки после погружения в проявитель осторожно протирают (под раствором) ватным тампоном.

Во время проявления кювету непрерывно покачивают. Толщина слоя раствора проявителя над поверхностью эмульсионного слоя пластинки должна быть не менее 1 см.

По окончании проявления пластинки вынимают из проявителя в той последовательности, в какой они в него опускались, ополаскивают в воде или в прерывателе проявления и переносят в закрепитель. В процессе работы необходимо принимать меры, исключающие загрязнение проявителя закрепителем, так как это приводит к порче проявителя. После закрепления фотопластинки промывают.

В зависимости от конструкции бачка фотопластинки обрабатываются в вертикальном или горизонтальном положениях. В бак, имеющий прямоугольную форму, вставляется специальная стойка, в пазы которой предварительно вдвигаются пластинки. Для равномерной обработки отдельные фотопластинки должны быть разделены промежутками не менее 1 см. При обработке фотопластинок в вертикальном положении их можно вставлять попарно, стеклом к стеклу, сохраняя сантиметровое расстояние между их эмульсионными сторонами. При обработке в горизонтальном положении фотопластинки должны вставляться в стойку эмульсионным слоем вверх. Для обработки можно иметь один бачок и менять в нем растворы, но гораздо удобнее иметь отдельные бачки для каждого раствора и промывной воды и последовательно переносить стойку с пластинками из одного бачка в другой.

Рекомендуется следующий порядок при обработке пластинок в бачках. Разливают по бачкам растворы и воду для промывки, измеряют их температуру и по табл. 2 определяют поправку к стандартному времени проявления. Вставляют фотопластинки в стойку и опускают их в бачок с проявителем. Для удаления с поверхности эмульсионного слоя воздушных пузырьков и для перемешивания проявителя 2—3 раза подряд приподнимают и опускают стойку. Такой прием перемешивания проявителя повторяют каждую минуту в течение всего времени проявления.

Таблица 2

Температура проявителя, градусы	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Относительная продолжительность проявления, %	160	145	130	120	110	105	100	95	90	85	75

По окончании проявления стойку с негативами вынимают из проявочного бачка, дают возможность стечь проявителю, два-три раза погружают в сосуд с водой или прерывателем проявления и переносят в бачок с закрепителем.

В процессе закрепления раствор также периодически перемешивают. Проявленные и закрепленные негативы промывают, не вынимая из стойки.

Обработка фотоматериалов в жаркое время года

Первой мерой, применяемой в жаркое время, является охлаждение растворов и промывной воды до нормальной температуры. Для охлаждения применяют лед или обертывают бутыли мокрой тканью. Если понизить температуру растворов практически невозможно, то принимают специальные меры.

До температуры 24°С можно пользоваться стандартными проявителями, но нужно уменьшить время проявления. Для увеличения прочности эмульсионного слоя вместо промежуточной промывки после проявления применяют дубящую ванну или закрепляют пластинку в кислом дубящем закрепителе.

При температуре выше 25°С применяют тропические проявители, в состав которых вводится сернокислый натрий. После проявления негативы ополаскивают и помещают на три минуты в тропический хромоквасцовый дубитель. Закрепляют негативы в кислых дубящих закрепителях.

Сушка негативов

Негативы сушат в сухом, свободном от пыли, помещении. Нельзя сушить негативы в сырой комнате, на сквозняке, около отопительных приборов и на солнце. Для ускорения сушки негативов их после промывки, дав стечь воде, погружают на 5—10 минут в ванну со спиртом.

Высушенные негативы тщательно просматривают, оценивают по качеству и разбирают по номерам базисов.

Исправление недостатков негативов

В некоторых случаях может появиться необходимость исправления негативов, имеющих излишнюю плотность или очень прозрачных. Излишне плотные негативы исправляются ослаблением, а негативы с недостаточной плотностью — усилением.

Ослабление и усиление лучше производить непосредственно после промывки, завершающей негативный процесс. Негативы должны быть хорошо закреплены и промыты. Если исправляют уже сухие негативы, то их надо предварительно размочить в чистой воде в течение получаса.

Обрабатывать следует только по одному негативу. Растворы должны покрывать весь негатив, причем кювету во время обработки нужно непрерывно покачивать.

Проверка качества фотопластинок и пригодности химикатов

Качество фотопластинок проверяют опытным путем, для чего выборочно из каждой полученной партии обрабатывают 2—3 пластинки. Отсутствие вуали на проявленной и закрепленной пластинке свидетельствует о пригодности всей партии к работе. Если фотопластинки хранились длительное время, то перед началом полевых работ их обязательно проверяют. Коробки с фотопластинками, у которых повреждена упаковка, бракуют.

При получении химикатов проверяют целостность фабричной упаковки и гарантийный срок хранения. Обычно те химикаты, у которых упаковка не нарушена и срок хранения не истек, годны для использования.

При вскрытии упаковки сравнивают внешний вид химиката с заведомо доброкачественным. При сомнении в доброкачественности химиката или в случае утери этикетки и паспорта делается химический анализ. Определить качество химиката можно также путем изготовления пробных растворов и практического их использования.

Фоторецептура

Из всего многообразия рецептов проявляющих, закрепляющих и специальных растворов, известных в практике фотографии, ниже приводится необходимый минимум для фототеодолитной съемки.

Перечень химических веществ в таблицах приведен в порядке их растворения. Рецепты даны из расчета 1 л обрабатываемого раствора. Однако объем приготовляемого раствора надо сообразовать с фактической потребностью. После таблиц приведены необходимые объяснения для каждого рецепта.

Некоторые химикаты из указанных в рецептах можно заменять другими, имеющими равноценное действие, но дозирующимися иначе. Безводные вещества заменяются их кристаллической формой.

Взаимозаменяются углекислые щелочи (поташ и сода). Взаимозаменяемы и едкие щелочи. Однако заменять углекислые щелочи едкими и наоборот нельзя. Равноценные количества взаимозаменяемых веществ приведены в таблицах.

В заключение приведен перечень всех химических веществ, применяемых в приведенных рецептах. Для веществ, имеющих двойственные значения, указаны их вторые названия, а также приведены их химические наименования.

А. Проявляющие растворы

Компоненты	Ед. изм.	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Метол	г	1	1	—	2	6	16
Сульфит натрия безводный	г	26	30	15	52	90	50
Гидрохинон	г	5	5	—	10	—	15
Сода безводная	г	20	—	—	40	—	—
Поташ	г	—	30	25	—	—	—
Бура кристаллическая	г	—	—	—	—	20	—
Кали едкое	г	—	—	3	—	—	20
Глицин	г	—	—	3	—	—	—
Калий бромистый	г	1	1	—	2	2	1
Натрий сернокислый безводный	г	—	—	—	—	45	—
Вода	мл	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Среднее время проявления фотопластинок в кювете при 20°С	мин	4—6	4—6	12—15	8	—	—
Предел использования при обработке фотопластинок формата 13×18	шт.	30	30	30	18	12	18

Рецепт № 1. Метол-гидрохиноновый проявитель К. В. Чибисова.

Предназначен для проявления фотопластинок, плоских пленок, фотобумаг.

Применяется при заводском испытании фотопластинок и фотобумаг, выпускаемых нашими фабриками. На упаковке коробки с пластинками указывается время проявления данного сорта пластинок в этом проявителе.

При добавлении едкой щелочи используется для проявления фотопластинок при низких температурах от 0 до +10°С. Раствор едкой щелочи приготовляют отдельно и приливают к основному в нужном количестве при

непрерывном помешивании. При работе с раствором едкой щелочи надо соблюдать осторожность. Нельзя касаться его руками.

Рецепт раствора едкой щелочи

Компоненты	Ед. изм.	Количество
Кали едкое	г	20
Вода холодная	мл	50

Объем приливаемого раствора едкой щелочи

Температура проявителя	0°	+5	+10
На 1 л раствора проявителя добавить раствора едкого кали	50 мл	35 мл	20 мл

Рецепт № 2. Метол-гидрохиноновый проявитель.

Предназначен для обработки фотопластинок, плоских пленок, фотобумаг. По своим данным этот проявитель близок к проявителю К. В. Чибисова.

Рецепт № 3. Глициновый проявитель.

Предназначен специально для обработки фототеодолитных фотопластинок.

Глицин можно прибавлять в раствор только после полного растворения поташа (или соды).

Для проявления в кювете применяется неразбавленный раствор.

При проявлении в баке одна часть раствора разбавляется одной частью воды. Средняя продолжительность проявления в этом случае составит 25 мин. После проявления дюжины пластинок время проявления увеличивают на 1 минуту для каждых 6 очередных пластинок. Проявитель дает прозрачные негативы с хорошо проработанными тенями и светами и обладает способностью давать нормальные негативы даже при большом отклонении от правильной выдержки при съемке.

Рецепт № 4. Метол-гидрохиноновый проявитель (КЦ-1).

Применяется для получения высокого контраста.

Проявитель КЦ-1 по своему составу, кроме бромистого калия, представляет проявитель К. В. Чибисова удвоенной контрастности. Такое соотношение количества химикатов в этих двух проявителях создает большое удобство пользования ими. Имея запасный раствор проявителя КЦ-1 без бромистого калия, можно легко получить любой из этих проявителей.

Если для работы надо получить раствор Чибисова, то запасный раствор разбавляется водой в отношении 1 : 1 и в него добавляется 1 г бромистого калия на 1 л рабочего раствора проявителя.

Если надо получить проявитель КЦ-1, то в запасный раствор добавляется 4 г бромистого калия на 1 л проявителя.

Время проявления для получения наибольшего контраста: негативных материалов фототеодолитной съемки — 8 мин; репродукционных негативных материалов — от 4 до 5 мин.

Рецепт № 5. Метоловый проявитель (ДК-15а).

Тропический. Время проявления при различных температурах раствора указано в табл. 3.

Таблица 3

Температура, градусы		20	24	27	29	32
Время проявления, минуты	в кювете	8	6,5	5	3,75	2,5
	в бачке	10	8,25	6,25	4,75	3,25

При температуре раствора ниже 24°С можно не применять сернокислого натрия. Такой видоизмененный проявитель будет работать примерно на 40% быстрее, например при 20°С средняя продолжительность составит примерно 5 мин.

Проявленный негатив, сполоснув водой в течение 1—2 сек, обрабатывают в течение 3 мин в хромоквасцовом дубителе, состав которого приведен ниже. Закрепление следует производить в кислом дубящем фиксаже Ф-5.

Рецепт № 6. Метол-гидрохиноновый проявитель (НТ-1). Арктический.

Предназначен для кюветного проявления фотопластинок и пленок при температуре проявляющего раствора от +5 до +10°С.

Едкую щелочь растворить отдельно в 100 мл холодной воды и, соблюдая осторожность, медленно прилить к общему раствору, энергично размешивая последний. Раствора едкой щелочи руками не касаться.

1. При температуре проявителя +5°С его применяют без разбавления.
2. При температуре проявителя +10°С разбавить его равным количеством воды той же температуры и добавить на 1 л полученного рабочего раствора 1,5 г бромистого калия.

Средняя продолжительность проявления 4—6 мин.

Б. Закрепляющие растворы

Компоненты	Ед. изм.	№ 1	№ 2	№ 3
Тиосульфат натрия кристаллический . .	г	250	250	220
Сульфат натрия безводный	г	—	15	20
Метабисульфит калия	г	40	—	40
Кислота уксусная 30%	мл	—	45	—
Кислота борная	г	—	7,5	—
Квасцы алюмокалиевые	г	—	15	—
Аммоний хлористый	г	—	—	50
Вода	мл	1000	1000	1000
Время полного закрепления	мин	15—20	15—20	5—10
Предел использования при обработке фотопластинок 13×18	шт	24	60	36

Рецепт № 1. Кислый закрепитель.

Предназначен для закрепления фотопластинок, фотопленки, фотобумаг при нормальных условиях.

Рецепт № 2. Кислый дубящий закрепитель (Ф-5).

Предназначен для закрепления фотопластинок и фотопленки в жаркое время при повышенной температуре растворов.

Прежде всего в 600 мл горячей воды (не свыше 45°С) полностью растворяют тиосульфат, а затем сульфит натрия. Уксусную кислоту можно добавлять лишь после полного растворения сульфита. После тщательного размешивания раствора к нему добавляется борная кислота, а после ее растворения при непрерывном перемешивании — квасцы. После полного растворения квасцов добавляют кипяченой воды до 1 л.

Чисто внешним недостатком этого закрепителя является выделение сернистого газа, имеющего неприятный запах, особенно в жаркую погоду и в недостаточно вентилируемом помещении. Закрепитель хорошо работает до полного истощения.

Рецепт № 3. Быстрый кислый закрепитель.

Предназначен для закрепления фотопластинок. Не следует в этом закрепителе оставлять пластинки слишком долго (свыше 30—40 мин), так как

в этом случае он начинает уже отбеливать фотоизображение. Применять для закрепления фотобумаг не рекомендуется.

В. Специальные растворы

Растворы для дубления фотоэмульсионного слоя

Хромоквасцовый дубитель (тропический)

Предназначен для дубления фотослоев при повышенной температуре растворов.

Применяется после проявления.

Хромокалиевые квасцы	30 г
Натрий сернокислый безводный	60 г (кристаллич. 140 г)
Вода	до 1 л

Для растворения составных частей дубителя берется примерно 700—750 мл горячей воды при температуре 45°С. После последовательного и полного растворения обоих компонентов добавляется холодная вода до 1 л.

Тотчас же после погружения пластинки в дубитель кювету в течение 30—45 сек энергично покачивают, затем оставляют негатив в дубителе на 3 мин и после этого переносят в кислый дубящий фиксаж Ф-5.

Только что составленный дубитель имеет при электрическом свете сине-фиолетовую окраску. По мере использования окраска меняется и, наконец, становится желто-зеленой. Это указывает на истощение и дальнейшую непригодность раствора. Норма использования — 15 пластинок формата 13×18.

Алюмоквасцовый дубитель (А-400)

Предназначен для дубления фотопластинок, фотобумаг.

Применяется после закрепления.

Алюмокалиевые квасцы	100 г
Вода	до 1 л

Время обработки закрепленного фотослоя 5—10 мин.

Норма обработки — 10—15 негативов формата 13×18.

Растворы для прерывания проявления

Предназначены для немедленного прекращения процесса проявления при быстром его протекании.

Применяются после проявления вместо промежуточной промывки.

Прерыватель проявления уксуснокислый

Уксусная кислота 30%	120 мл
Вода холодная	до 1 л

Негатив, вынутый из проявителя, обрабатывают в прерывателе в течение 5 сек, энергично покачивая кювету, а затем переносят в закрепитель. Норма использования — 24 пластинки формата 13×18.

Прерыватель проявления метабисульфитный (А-2)

Метабисульфит калия	40 г
Вода	до 1 л

Обработка негатива длится 20—30 сек.

Растворы для ослабления негативов

Предназначены для уменьшения плотности сильно передержанных негативов.

Поверхностный ослабитель

Применяется для равномерного ослабления негатива по всей площади.

Предварительно составляются два запасных раствора:

Раствор А

Тиосульфат натрия кристаллический . . .	10 г
Вода	100 мл

Раствор Б

Красная кровяная соль	10 г
Вода	100 мл

Для составления рабочего раствора к раствору А добавляют 5—15 мл раствора Б.

Составленный рабочий раствор имеет желтоватую окраску. Так как рабочий раствор очень быстро разлагается, то он составляется в необходимом объеме перед самым ослаблением. Запасные растворы сохраняются хорошо.

Негатив обрабатывают в рабочем растворе до получения требуемой плотности, после чего его тщательно промывают. Если негатив вынимают из раствора для контроля за ходом ослабления, то его сразу же споласкивают водой: несоблюдение этого вызывает появление полос. Исчезновение желтой окраски рабочего раствора указывает на его непригодность для дальнейшей работы.

Отдельные части негатива могут быть ослаблены при помощи кисточки и ватного тампона, смоченных в рабочем растворе ослабителя.

Негативы, закрепленные в дубящих растворах, при ослаблении, как правило, покрываются пятнами, поэтому ослабления таких негативов надо избегать.

После ослабления негативы тщательно промывают.

Пропорциональный ослабитель

Применяется в случае необходимости наряду с ослаблением общей плотности негатива уменьшить его контраст. Служит для ослабления перепроявленных негативов.

Особенностью действия этого ослабителя является удаление металлического серебра пропорционально его содержанию на разных участках негатива, т. е. более темные части негатива (света) ослабляются сильнее.

Раствор А

Красная кровяная соль	7,5 г
Вода	до 1 л

Раствор Б

Тиосульфат натрия кристаллический . .	200 г
Вода	до 1 л

Негатив обрабатывают в растворе А при 18—21°С в течение 1—4 мин, после чего переносят на 5 мин в раствор Б, затем промывают и контролируют. Если ослабление негатива оказалось недостаточным, то процесс ослабления может быть повторен. По окончании ослабления негатив тщательно промывают.

Растворы для усиления негативов

Применяют для увеличения плотности очень прозрачных негативов, например при недодержке.

Усилитель с двухромовокислым калием.

Двухромовокислый калий	40 г
Соляная кислота концентрированная . . .	20 мл
Вода	до 1 л

Раствор быстро разлагается, поэтому составлять его нужно только перед самой работой.

Хорошо промытые после закрепления негативы обрабатывают в этом растворе до полного отбеливания изображения (контроль производится по

обратной стороне негатива), а затем промывают до полного исчезновения желтизны. Отбеливание производится при слабом дневном или искусственном свете. После этого негатив чернят в метол-гидрохиноновом проявителе (рецепт № 1 или № 2). Вторично проявленный негатив необходимо ополоснуть, перенести на 5 мин в закрепитель и тщательно промыть.

Усилитель медный

Медный купорос	10 г
Калий бромистый	10 г
Вода	до 1 л

В 600 мл воды с температурой 40—50°С растворяют медный купорос, а затем бромистый калий. После растворения компонентов следует добавить воды до получения 1 л раствора. Перед употреблением раствор фильтруют.

Подлежащий усилению негатив тщательно промывают. Продолжительность процесса усиления определяют визуально. Обрабатывать следует по одному негативу. По окончании усиления негатив основательно промывают, осторожно протирают поверхность фотослоя мокрой ватой и высушивают.

В 1 л раствора можно усилить 6—7 пластинок формата 13×18.

Таблицы взаимозаменяемости некоторых химических веществ, входящих в состав фотографических растворов, приводятся ниже.

1. Сульфит натрия

	Равноценные количества, г	
Безводный	0,5	1
Кристаллический	1	2

2. Углекислые щелочи

	Равноценные количества, г		
Поташ	1	1,3	0,48
Сода безводная	0,77	1	0,37
Сода кристаллическая	2,1	2,7	1

3. Едкие щелочи

	Равноценные количества, г	
Кали едкое	1	1,4
Натр едкий	0,72	1

4. Натрий сернокислый

	Равноценные количества, г	
Безводный	0,44	1
Кристаллический	1	2,27

5. Тиосульфат натрия

	Равноценные количества, г	
Кристаллический	1	1,57
Безводный	0,64	1

6. Уксусная кислота

	Равноценные количества, мл	
Ледяная	0,3	13,5
70%-ная (уксусная эссенция)	0,4	19
30%	1	45
10%	3	135
6% (столовый уксус)	5	225

Список химических реактивов, применяемых в рекомендованной рецептуре

1. Гидрохинон
2. Глицин
3. Метол
4. Сульфат натрия (натрий сернокислый)
5. Сода (натрий углекислый)
6. Поташ (калий углекислый)
7. Кали едкое
8. Бура (натрий тетраборнокислый)
9. Калий бромистый
10. Бензотриазол
11. Нитробензимидозол
12. Натрий сернокислый (глауберова соль)
13. Тиосульфат. Гипосульфит (натрий серноватистокислый)
14. Метабисульфит калия
15. Аммоний хлористый (нашатырь)
16. Квасцы алюмокалиевые
17. Квасцы хромокалиевые
18. Уксусная кислота
19. Соляная кислота
20. Калий марганцевокислый
21. Калий железосинеродистый (красная кровяная соль)
22. Калий двухромовокислый
23. Медный купорос (медь сернокислая, сульфат меди)
24. Борная кислота

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Глава 1. **Основы фототеодолитной съемки** 4

1.1. Основные понятия и определения 4
1.2. Системы координат. Элементы ориентирования. Связь между координатами точек снимка и местности 5
1.3. Виды съемки. Рабочие формулы 8

Глава 2. **Составление проекта съемки и подготовка инструментов. Полевые работы** 11

2.1. Общие сведения 11
2.2. Составление проекта съемки 12
2.3. Подготовка инструментов, оборудования и материалов . . 24

Глава 3. **Полевые работы** 27

3.1. Рекогносцировка участка, закрепление и маркирование точек 27
3.2. Фотографирование. Проверка качества негативов 31
3.3. Геодезические работы 33
3.4. Топографическое дешифрирование 35
3.5. Оформление материалов полевых работ 37

Глава 4. **Предварительные камеральные работы** 39

4.1. Вычислительные геодезические работы 39
4.2. Составление проекта фотограмметрических работ 40
4.3. Фотограмметрические способы определения координат корректурных точек 40
4.4. Решение фотограмметрической засечки на приборах универсального типа 47
4.5. Пикетный способ определения координат корректурных точек 51

Глава 5. **Составление плана универсальным способом** 53

5.1. Подготовительные работы 53
5.2. Построение модели и установка планшета 54
5.3. Корректура модели на стереоавтографе 60
1. Корректура модели по трем точкам 61
2. Корректура модели по четырем точкам 65
5.4. Рисовка рельефа и контуров 67
5.5. Обработка стереопар на стереометрографе 70

Приложения:
1. Образцы составления графической документации 75
2. Фототеодолитный комплект Phötheo 19/1318 77
3. Стереометрограф 90
4. Журнал корректуры модели на стереоавтографе 96
5. Стереоавтограф 1318 98
6. Стереокомпаратор 1818 112
7. План фотограмметрических работ 116
8. Определение координат точек методом фотограмметрической засечки 117
9. Каталог базисов и ориентирных направлений 122
10. Обработка фотоматериалов 122

ИБ № 1046

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ
И КАРТОГРАФИИ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

Руководство по топографическим съемкам в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500

Фототеодолитная съемка

Редактор издательства Л. М. Комарькова
Обложка художника К. В. Голикова
Художественный редактор В. В. Евдокимов
Технический редактор О. Ю. Трепенок
Корректор Е. В. Мухина

Сдано в набор 5/XI 1976 г. Подписано в печать 13/I 1977 г. Т-00514. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага № 2. Печ. л. 8,5. Уч.-изд. л. 9,0. Тираж 28500 экз. Заказ № 1660/6275—15 Цена 46 коп.

Издательство «Недра»,
103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Московская типография № 32 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

gost.e-ecolog.ru