

Видьгельмъ Залеманъ.

ИНЖЕНЕРЪ ПУТЕЙ СООБЩЕНІЯ.

Инженеръ  
Владимиръ Ивановичъ  
Яковлевъ

# ФОТОТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА

ПРИ

ЖЕЛѢЗНОДОРОЖНЫХЪ ИЗЫСКАНІЯХЪ.

Теорія.—Приборы.—Обращеніе съ ними.—Производство  
и организація съемки.—Обработка результатовъ.

(Съ 28 политипажамъ въ текстѣ).



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія Министерства Путей Сообщенія  
(Товарищества И. Н. Кушнеръ и К<sup>о</sup>), Фонтанка, 117.

1912.

*(Извлечено изъ „Журнала Министерства Путей Сообщенія“, кн. VІІ—VІІІ,  
1912 г.).*

Печатано по распоряженію Канцеляріи Министра Путей Сообщенія.

## ФОТОТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА ПРИ ЖЕЛѢЗНОДОРОЖНЫХЪ ИЗЫСКАНИЯХЪ.

Теорія.—Приборы.—Обращеніе съ ними.—Производство и организація съемки.—  
Обработка результатовъ.

(Съ 28 полиטיפажами, помѣщенными въ текстѣ).

Не смотря на довольно значительную литературу по фотосфереометріи, на русскомъ языкѣ не существуетъ краткаго руководства къ одному изъ наиболѣе частыхъ примѣненій ея—производству фототеодолитной съемки мѣстности при желѣзнодорожныхъ изысканіяхъ. Инженеръ, которому впервые приходится произвести такую, совершенно не гарантированную отъ множества неизбѣжныхъ въ началѣ работы ошибокъ, происходящихъ не отъ незнанія теоріи съемки, которую можно изучить по многимъ имѣющимся руководствамъ, но отъ незнакомства съ употребленіемъ приборовъ, назначеніемъ деталей ихъ и способомъ производства съемки. Ошибки эти тѣмъ болѣе досадны, что фототеодолитная съемка требуетъ подчасъ трудной установки инструментовъ и сложнаго разставленія сигналовъ, не могущихъ даже иногда вообще быть возстановленными для повторной съемки на прежнихъ мѣстахъ; ошибка, недосмотръ или неудача, происшедшія при съемкѣ одного какого-либо участка, связаннаго съ сосѣдними, нарушаетъ эту связь и приводитъ къ нелѣпымъ результатамъ, обезцѣнивающимъ всю работу и угнетающе дѣйствующимъ на личный составъ.

Въ предлагаемой статьѣ изложена вкратцѣ теорія фототеодолитной съемки и, попутно съ детальнымъ описаніемъ инструментовъ и приборовъ, изложены способы производства самой съемки въ полѣ и обработки результатовъ ея, въ порядкѣ послѣдовательности всѣхъ относящихся къ сему манипуляцій. При этомъ изло-

женіе касается, главнымъ образомъ, примѣненія фототеодолитной съемки мѣстности при производствѣ желѣзнодорожныхъ изысканій, а описаніе—предназначенныхъ для сего новѣйшихъ инструментовъ: полевого фототеодолита усовершенствованной модели В и стереокомпаратора модели D завода „Карль Цейссъ“ въ Іенѣ.

Цѣль настоящей статьи—по возможности облегчить начинающему производителю съемки ознакомленіе съ конструкціей и употребленіемъ приборовъ и назначеніемъ ихъ деталей, гарантировать его отъ ошибокъ и неудачъ при производствѣ съемки, благодаря которымъ у многихъ успѣло сложиться неосновательное предубѣжденіе противъ фототеодолитной съемки, какъ противъ чрезмѣрно сложнаго, неудобнаго и едва ли не исключительно теоретическаго приложенія фотографіи въ геодезіи.

### Теорія фототеодолитной съемки.

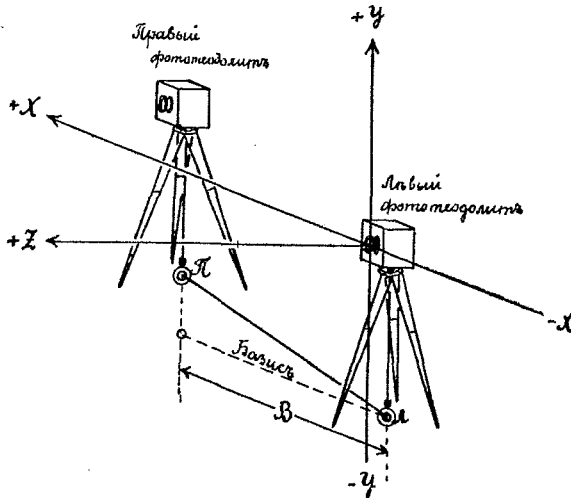
Фототеодолитная съемка мѣстности состоитъ въ слѣдующемъ: подлежащая съемкѣ мѣстность фотографируется послѣдовательными участками при помощи спеціального фотографическаго аппарата—*фототеодолита*—изъ двухъ точекъ, лежащихъ по концамъ небольшихъ, обыкновенно отъ 5 до 20 саж. длиною, базисовъ. Полученные для каждаго участка мѣстности два снимка разсматриваются одновременно въ стереоскопическомъ измѣрительномъ приборѣ—*стереокомпараторѣ*,—при помощи котораго на снимкахъ измѣряются линейныя величины, необходимыя для опредѣленія плоскихъ координатъ различныхъ точекъ сфотографированной мѣстности относительно базиса и ихъ отмѣтокъ. На основаніи найденныхъ такимъ образомъ координатъ и отмѣтокъ точекъ мѣстности, можетъ быть вычерченъ планъ послѣдней.

Для производства съемки, фототеодолитъ устанавливается на штативѣ на одномъ концѣ базиса, и, затѣмъ, по совершеніи снимка, переносится на второй штативъ, установленный на другомъ концѣ базиса, откуда производится второй снимокъ; при этомъ, во время экспозиціи, обѣ фотографическія пластинки помѣщаются въ одной вертикальной плоскости, параллельной базису,—что достигается спеціальными приспособленіями, имѣющимися въ фототеодолитѣ и описанными ниже. Въ дальнѣйшемъ изложеніи мы будемъ предполагать, что это условіе соблюдено и что, слѣдовательно, оптическія оси объектива фототеодолита, помѣщеннаго въ одномъ и

затѣмъ въ другомъ концѣ базиса,—горизонтальны, параллельны между собою и, будучи нормальны къ плоскости пластинокъ,—нормальны къ базису.

Всѣ координаты точекъ мѣстности мы будемъ относить къ центру объектива *лѣваго* фототеодолита, т. е., установленнаго въ лѣвомъ, если смотрѣть съ мѣста съемки на снимаемую мѣстность, концѣ базиса фототеодолита; оси прямоугольныхъ координатъ расположенія относительно центра объектива лѣваго фототеодолита любой точки *N* сфотографированной мѣстности мы будемъ принимать согласно черт. (фиг. 1), т. е.:

ось *Z*—направленной по горизонтальной оптической оси лѣваго фототеодолита въ сторону снимаемой мѣстности,



Фиг. 1.

ось *X*—направленной горизонтально отъ лѣваго фототеодолита къ правому, и

ось *Y*—направленной вертикально вверхъ.

Вслѣдствіе, вообще говоря, неодинаковыхъ отмѣтокъ точекъ стоянки обоихъ фототеодолитовъ, прямая *ЛП*, соединяющая точки стоянки *Л* и *П* соответственно лѣваго и праваго фототеодолита, вообще не горизонтальна; за длину базиса *B* мы будемъ принимать длину горизонтальной проекціи *ЛП'* прямой *ЛП*, соединяющей точки стоянки обоихъ фототеодолитовъ. Какъ увидимъ ниже, длина базиса *B* опредѣляется при съемкѣ непосредственно, безъ измѣренія длины *ЛП*, и неодинаковость отмѣтокъ точекъ *Л* и *П* и,



$$\frac{nk}{mq} = \frac{dk}{dq}, \text{ т. е. } \frac{nk}{\xi} = \frac{Z}{F},$$

откуда

$$nk = \frac{Z}{F} \xi. \quad (2)$$

Вычитая (2) изъ (1), получимъ:

$$ni - nk = \frac{Z}{F} (x - \xi) \quad (3)$$

При этомъ, какъ видно изъ чертежа,

$$\overline{ni} - \overline{nk} = \overline{ki} = B,$$

откуда

$$\frac{Z}{F} (x - \xi) = B,$$

и

$$Z = \frac{B}{x - \xi} F \quad (4)$$

Подставляя въ (1) выраженіе для  $Z$  изъ (4) и принимая во вниманіе, что

$$ni = X,$$

получимъ:

$$X = \frac{B}{x - \xi} x \quad (5)$$

Далѣе, изъ подобныхъ  $\Delta$ -ковъ  $c'i'n'$  и  $c'p'v'$  имѣемъ:

$$\frac{n'i'}{i'p'} = \frac{ci'}{cp'}, \text{ т. е. } \frac{Y}{y} = \frac{Z}{F},$$

откуда

$$Y = \frac{Z}{F} \cdot y \quad (6)$$

Подставляя въ (6) выраженіе для  $Z$  изъ (4), получимъ

$$Y = \frac{B}{x - \xi} \cdot y \quad (7)$$

Входящія въ выраженія (4), (5) и (7) величины  $x$  и  $y$  могутъ быть какъ положительными, такъ и отрицательными, тогда какъ алгебраическая разность  $x - \xi$  всегда положительна.

Отсюда слѣдуетъ, что знакъ при  $X$  опредѣляется знакомъ при  $x$ , знакъ при  $Y$ —знакомъ при  $y$ , и что  $Z$ —всегда положительно.

Разность  $x - \xi$  называется въ фотостереометріи «линейнымъ стереоскопическимъ горизонтальнымъ параллаксомъ» точки и обозначается буквой  $a$ , т. е.

$$x - \xi = a \quad (8)$$

Изъ разсмотрѣнія формулъ (4), (5), (7) и (8) явствуется между прочимъ:

1) въ формулы входитъ только одна, относящаяся къ правой фотографической пластинкѣ, величина  $\xi$ ; такъ какъ эта величина  $\xi$  не зависитъ отъ положенія правой фотографической пластинки относительно лѣвой по высотѣ, — что усматривается изъ фиг. 2, то для опредѣленія координатъ какой-либо точки  $N$  мѣстности относительно центра объектива лѣваго фототеодолита не требуется ни установки обоихъ фототеодолитовъ на одномъ уровнѣ, ни вообще даже опредѣленія превышенія одного фототеодолита надъ другимъ;

2) такъ какъ величина  $\xi$  входитъ лишь въ видѣ разности  $x - \xi = a$ , то можетъ быть неопредѣляема вовсе, разъ опредѣляется разность  $a$ ;

3) координаты  $Z$ ,  $X$  и  $Y$  могутъ быть опредѣлены лишь для тѣхъ точекъ мѣстности, изображенія которыхъ получились на обѣихъ фотографическихъ пластинкахъ;

4) выраженія для  $Z$ ,  $X$  и  $Y$  — линейныя, какъ и можно было предполагать а priori; такъ какъ постоянная величина  $F$  — длина главнаго фокуснаго разстоянія объектива фототеодолита — дается въ миллиметрахъ, и величины  $a$ ,  $x$  и  $y$ , какъ увидимъ ниже, опредѣляются также въ миллиметрахъ, то величины  $Z$ ,  $X$  и  $Y$  будутъ выражены въ тѣхъ же мѣрахъ, что и величина  $B$  — длина базиса.

На основаніи формулы (8) перепишемъ формулы (4), (5) и (7) въ окончательномъ видѣ:

$$\left. \begin{aligned} Z &= \frac{B}{a} F \\ X &= \frac{B}{a} x \\ Y &= \frac{B}{a} y \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (9)$$

Въ формулы (9) входятъ:

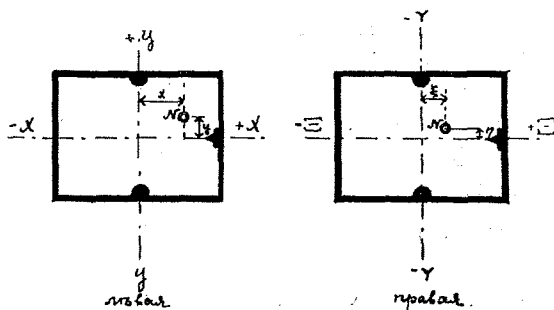
1) постоянная величина  $F$ , означаемая фотографически на каждой пластинкѣ во время экспозиціи;

2) постоянная величина  $B$ , опредѣляемая на мѣстѣ съемки, и

3) переменныя величины  $a$ ,  $x$  и  $y$ , опредѣляемыя на стереокомпараторѣ для каждой точки мѣстности, координаты которой подлежатъ опредѣленію.

При этомъ величина  $B$  остается постоянной лишь для точекъ, координаты которыхъ опредѣляются изъ одной и той же пары пластинокъ; у другой пары пластинокъ величина  $B$  можетъ быть вообще иная. Величина  $F$  — постоянная для каждаго фототеодолита.

Разсматривая фиг. 2 со стороны базиса, мы видимъ, что, хотя точка  $N$  расположена вправо отъ оптической оси объектива лѣваго фототеодолита,—изображеніе точки  $N$  на лѣвой пластинкѣ ложится какъ будто влѣво отъ оптической оси; также и ось положительныхъ  $X$ —овъ должна была бы быть направлена влѣво, а не вправо—какъ мы условились по фиг. 1; однако, въ дѣйствительности изображеніе точки  $N$  на лѣвой пластинкѣ ляжетъ вправо отъ оптической оси въ виду того, что изображенное на фиг. 2 положеніе фотографическихъ пластинокъ, которое онѣ занимаютъ во время съемки, будетъ повернуто на  $180^\circ$  вокругъ центра пластинокъ въ ихъ плоскости сравнительно съ естественнымъ положеніемъ пластинокъ, при которомъ изображеніе мѣстности будетъ имѣть естественный видъ, причемъ изображеніе расположенной правѣе оптической оси точки  $N$  мѣстности выйдетъ на пластинкѣ вправо отъ



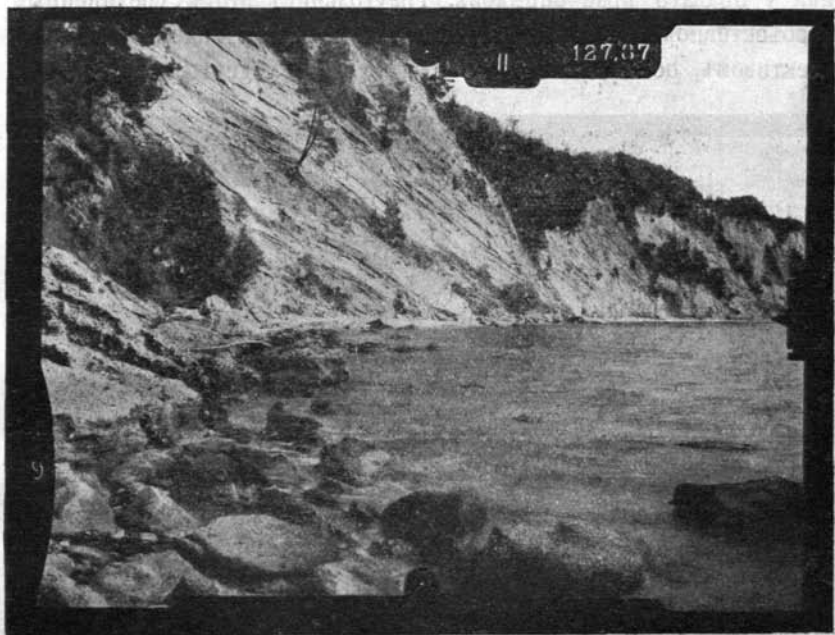
Фиг. 3.

центра пластинки—слѣда оптической оси, и ось положительныхъ  $X$ —овъ будетъ направлена вправо. Точно также, въ положеніи фиг. 2 изображеніе точки  $N$  падаетъ на лѣвой фотографической пластинкѣ ниже оптической оси, и ось положительныхъ  $Y$ —овъ, казалось бы, направляется внизъ,—чего не будетъ, если разсматривать пластинку въ естественномъ положеніи, повернувъ ее въ собственной плоскости на  $180^\circ$ , причемъ изображеніе точки  $N$  на лѣвой пластинкѣ упадетъ выше оптической оси, и ось положительныхъ  $Y$ —овъ будетъ направлена вверхъ, согласно фиг. 1.

Обѣ фотографическія пластинки фиг. 2, съ изображеніемъ на нихъ точки  $N$  мѣстности, будучи приведены въ естественное положеніе, т. е. въ такое, при которомъ понятія „верхъ“, „низъ“, „право“ и „лѣво“ для пластинокъ и мѣстности совпадаютъ, имѣютъ видъ, показанный на фиг. 3.

При этомъ негативы разсматриваются съ стеклянной стороны, а діапозитивы—со стороны желатинной эмульсiи.

Ось  $Y$ -овъ—на лѣвой и соответствующая ей ось  $\gamma$ -овъ—на правой занимаютъ на пластинкахъ постоянное положенiе, раздѣляя пластинку по ширинѣ пополамъ; ось  $X$ -овъ на лѣвой и ось  $Z$ -овъ на правой пластинкѣ могутъ занимать различное положенiе по высотѣ, въ зависимости отъ положенiя объектива, послѣднiй можетъ перемѣщаться вверхъ и внизъ, что иногда бываетъ необходимо для съемки мѣстности, лежащей значительно выше или ниже мѣста стоянки фототеодолитовъ; по



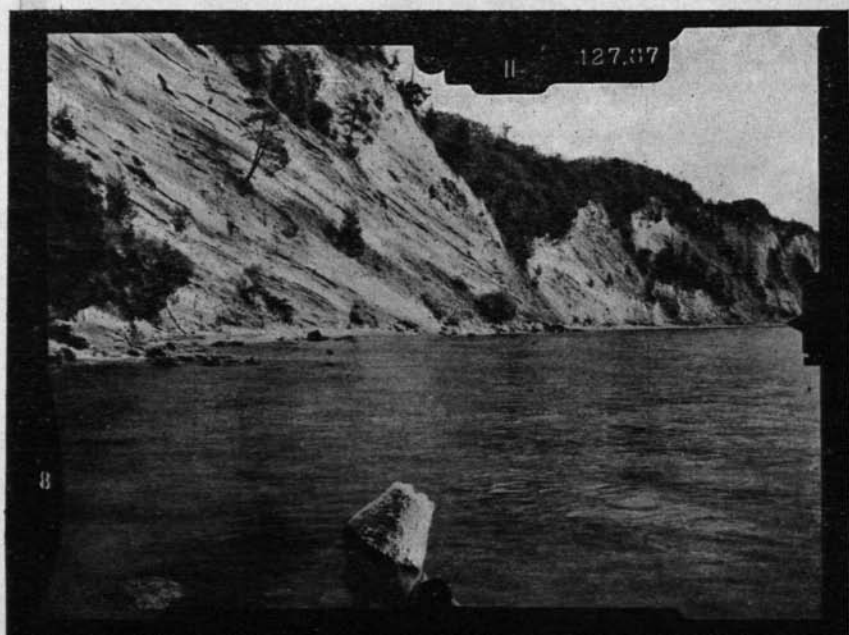
Фиг. 4а. Видъ съ лѣваго конца базиса.

этимъ осямъ пластинки устанавливаются въ стереокомпараторѣ. Такъ какъ работа на послѣднемъ требуетъ прозрачности снимковъ, то въ стереокомпараторъ вставляются или негативы, или полученные съ нихъ діапозитивы; обыкновенно примѣняются негативы, такъ какъ изготовленiе діапозитивовъ требуетъ лишней затраты труда и времени, причемъ страдаетъ и самая точность наблюденiя въ стереокомпараторѣ, въ виду того, что изготовленiе діапозитивовъ сопряжено со вторичнымъ мокрымъ процессомъ и связаннымъ съ послѣднимъ смѣщенiемъ желатиннаго слоя.

Фиг. 4 изображаетъ парные снимки, любезно предоставленные

автору инженеромъ П. М. Гаевскимъ; снимки произведены полевымъ фототеодолитомъ модели В завода „Карль Цейсъ“ въ Іенѣ, размерами пластинки  $9 \times 12$  см.

Оси  $Y$ -овъ или  $\gamma$ -овъ опредѣляются на пластинкахъ расположенными по серединѣ ихъ ширины у верхняго и нижняго края, мѣтками—маленькими кружками на полукруглыхъ выступахъ; на негативахъ кружки—темные и выступы—свѣтлые, на позитивахъ—наоборотъ. Оси  $X$ -овъ или  $E$ -овъ, нормальныя къ осямъ  $Y$ -овъ или  $\gamma$ -овъ, опредѣляются положеніемъ острія выступающаго треугольника у праваго края снимковъ. Треугольникъ этотъ, соединенный съ объективной доской, перемѣщается вверхъ и внизъ вмѣстѣ съ объективомъ, оставаясь на уровнѣ центра послѣдняго; перемѣщенію



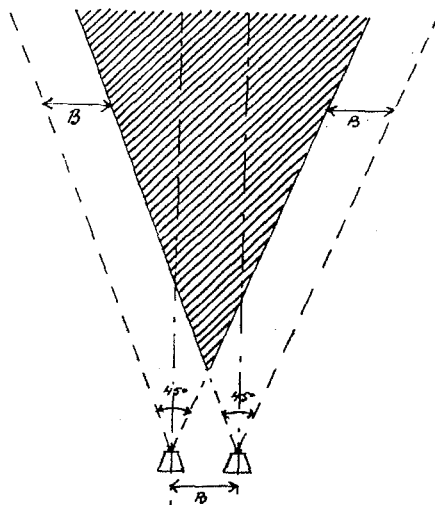
Фиг. 46. Видъ съ праваго конца базиса.

объектива и острія треугольника вверхъ соотвѣтствуетъ перемѣщенію оси  $X$ -овъ или  $E$ -овъ на снимкѣ внизъ и увеличенію поля съемки мѣстности, лежащей выше фототеодолита; перемѣщенію объектива и острія треугольника внизъ соотвѣтствуетъ перемѣщенію оси  $X$ -овъ или  $E$ -овъ вверхъ на снимкѣ и увеличенію поля съемки мѣстности, лежащей ниже фототеодолита.

Величина перемѣщенія вверхъ или внизъ объектива и острія

треугольника может быть прочтена на помещенной у объективной доски шкалы; однако, для последующих вычислений координат точек местности, знание величины перемещения объектива при съеме не нужно, так как безразлично, какое положение занимают объектив и связанные с ним координатные оси относительно пластинки.

Расстояние  $Z$  мы принимали от центра объектива левого фототеодолита; в дальнейшем изложении мы будем считать его, для простоты, от левого конца базиса. Ошибка, допускаемая при этом, не превышает 0,03 саж. и потому—ничтожна.



Фиг. 5.

### Поле съемки.

Главное фокусное расстояние объектива фототеодолита модели  $B$  дѣлается равнымъ 128 мм. Вслѣдствіе устройства въ камерѣ фототеодолита рамки, къ которой должна быть прижата фотографическая пластинка во время ея экспозиціи для обезпеченія правильного ея положенія относительно объектива и полученія на ней координатныхъ осей, края пластинки остаются затѣнными рамкой и, вслѣдствіе этого, какъ бы неиспользованными, почему полезный размѣръ пластинки  $9 \times 12$  см. будетъ лишь около  $7,8 \times 10,5$  см. Размѣры эти соотвѣтствуютъ угламъ поля съемки:

въ горизонтальномъ направленіи— $45^\circ$   
 „ вертикальномъ — $34^\circ$ .

Какъ выше было замѣчено, координаты могутъ быть опредѣлены лишь для тѣхъ точекъ мѣстности, изображенія которыхъ получились на обѣихъ парныхъ пластинкахъ; въ виду того, что горизонтальные углы поля съемки обоихъ фототеодолитовъ смѣщены одинъ относительно другого на длину базиса, то координаты могутъ быть опредѣлены лишь для точекъ, лежащихъ внутри обоихъ угловъ—на заштрихованной площади фиг. 5; координаты же расположенныхъ внѣ заштрихованной площади точекъ мѣстности, изображенія которыхъ падаютъ у лѣваго края лѣвой пластинки и праваго края правой, не могутъ быть опредѣлены. Такимъ образомъ, поле съемки каждаго фототеодолита оказывается уменьшеннымъ въ горизонтальномъ направленіи со стороны, противоположной другому фототеодолиту, на линейную величину  $B$  длину базиса; это обстоятельство, какъ увидимъ ниже, слѣдуетъ имѣть въ виду при разставленіи сигналовъ, связующихъ смежныя стоянки.

Очевидно при этомъ, что, чѣмъ дальше расположенъ базисъ отъ снимаемой мѣстности, тѣмъ болѣе по длинѣ ея участокъ можетъ быть сфотографированъ на одной парѣ пластинокъ.

### Съемка полосы мѣстности.

Фототеодолитная съемка полосы мѣстности послѣдовательными участками—наиболѣе часто встрѣчаемый при производствѣ желѣзнодорожныхъ изысканій случай—производится тремя способами.

#### Первый способъ.

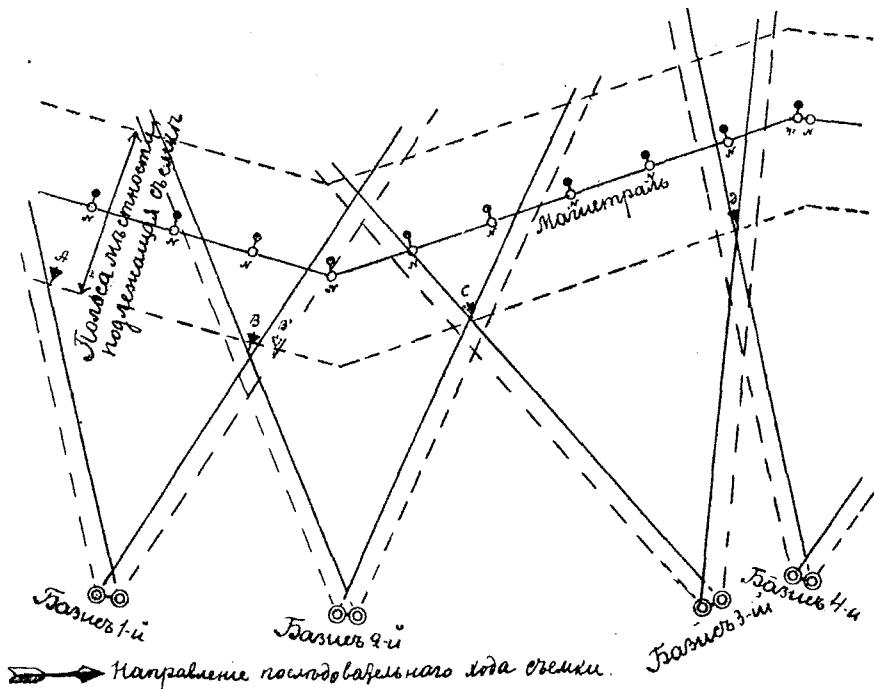
Первый способъ состоитъ въ слѣдующемъ:

На подлежащей съемкѣ полосѣ мѣстности предварительно разбивается промѣренная и пронивелированная магистраль, по возможности, вблизи предполагаемой трассы; въ нѣкоторыхъ характерныхъ открытых точкахъ \*) магистрали, на пикетахъ или плюсахъ, разставляются сигналы условной формы; затѣмъ полоса мѣстности съ обозначенной сигналами магистралью фотографируется съ различныхъ базисовъ, расположенныхъ, сообразно съ конфигураціей мѣстности, въ сторонѣ отъ нея.

Базисы располагаются съ такимъ расчетомъ, чтобы между полемъ съемки одного базиса и полемъ съемки послѣдующаго не оста-

\*) Подъ „точкой“ магистрали здѣсь и въ дальнѣйшемъ изложеніи мы будемъ подразумѣвать пронивелированный и запикетаженный пикетъ, плюсъ или уголъ магистрали.

валось не сфотографированной мѣстности, необходимой или вообще могущей представлять интересъ при составленіи плана. Съ этой цѣлью, въ полѣ съемки одного базиса, въ предѣлахъ ширины представляющей интересъ полосы мѣстности, передъ экспозиціей устанавливается со стороны послѣдующаго базиса и обращеннаго къ базисамъ края полосы снимаемой мѣстности, связующій сигналъ, который и фотографируется. Положеніе слѣдующаго базиса выбирается такимъ образомъ, чтобы связующій сигналъ приходился у края поля съемки съ даннаго базиса со стороны предыдущаго, служа ручательствомъ въ томъ, что между смежными стоянками нѣтъ пропусковъ



Фиг. 6.

подлежащей съемкѣ мѣстности, и вмѣстѣ съ тѣмъ являясь какъ бы дополнительной связкой между обѣими стоянками. Точно такъ же устанавливается слѣдующій связующій сигналъ—для втораго и третьяго базиса, и т. д.

Изложенное поясняется фиг. 6.

Для того, чтобы связующій сигналъ вышелъ на обѣихъ пластинкахъ каждой изъ 2 смежныхъ стоянокъ (базисовъ), необходимо, при указанномъ на чертежѣ направленіи послѣдовательнаго

хода съемки слѣва направо, соблюдать слѣдующую послѣдовательность установки сигналовъ и фототеодолитовъ:

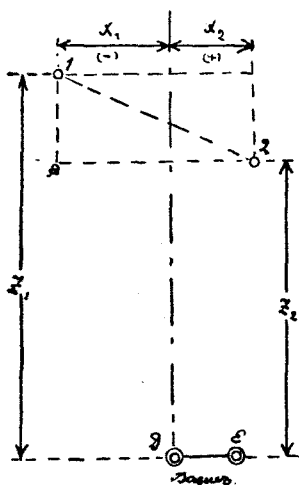
Связующій съему съ 1-го и 2-го базисовъ сигналъ *A* устанавливается въ правомъ ближнемъ углу полосы мѣстности и поля съемки лѣваго фототеодолита 1-го базиса; по производствѣ обоихъ снимковъ съ перваго базиса, устанавливается правый фототеодолитъ 2-го базиса такимъ образомъ, чтобы связующій сигналъ *A* находился въ полѣ съемки у лѣваго его края; по установкѣ праваго фототеодолита 2-го базиса въ требуемомъ положеніи, разбивается 2-ой базисъ и примѣрно устанавливается въ правомъ ближнемъ углу полосы мѣстности и поля съемки праваго фототеодолита 2-го базиса сигналъ *B*, который тутъ же относится влѣво не менѣе, чѣмъ на длину 2-го базиса, и устанавливается въ положеніи *B*; при этомъ онъ будетъ находиться въ полѣ съемки обоихъ фототеодолитовъ 2-го базиса; затѣмъ производится экспозиція съ праваго и затѣмъ съ лѣваго фототеодолитовъ 2-го базиса, по совершеніи которой сигналъ *A*, связующій съему съ 1-го и 2-го базисовъ, можетъ быть снятъ; въ той же послѣдовательности, что сигналъ *B* и фототеодолиты 2-го базиса,—устанавливается сигналъ *C*, связующій съему со 2-го и 3-го базисовъ и фототеодолитовъ 3-го базиса; по совершеніи экспозиціи съ праваго и затѣмъ лѣваго фототеодолитовъ 3-ей стоянки, сигналъ *B* можетъ быть снятъ, устанавливается правый фототеодолитъ 4-ой стоянки и т. д.

Въ случаѣ противоположнаго направленія послѣдовательнаго хода съемки,—не слѣва направо, какъ на чертежѣ, а справа налево,—нетрудно вывести необходимую послѣдовательность установки сигналовъ и фототеодолитовъ и для этого случая.

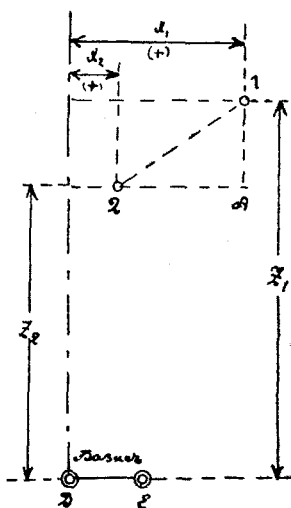
Связующіе сигналы при этомъ способѣ съемки могутъ быть и не устанавливаемы; въ такомъ случаѣ производителю съемки приходится запоминать точки мѣстности, изображенія которыхъ получаются на обѣихъ пластинкахъ даннаго базиса, чтобы надлежащимъ образомъ установить фототеодолиты слѣдующаго базиса. Для послѣдующаго опредѣленія мѣста базисовъ на планѣ, при выборѣ мѣста базисовъ необходимо обращать вниманіе, чтобы на каждой парѣ пластинокъ вышло, по меньшей мѣрѣ, 1 или лучше 2 сигнала, установленныхъ на магистрали въ опредѣленныхъ ея точкахъ. Хотя употребленіе связующихъ сигналовъ незначительно и осложняетъ работу по разставленію сигналовъ, тѣмъ не менѣе оно весьма облегчаетъ производителю съемки выборъ мѣста для послѣдующихъ базисовъ и часто даетъ цѣнные данныя при недоразумѣніяхъ и

невязкахъ въ вычерчиваніи мѣстности; установленіе связи между смежными базисами въ цѣляхъ, напримѣръ, обнаруживанія и исправленія ошибки, допущенной при разставленіи сигналовъ въ точкахъ магистрали, или при записи этихъ сигналовъ въ полевую книжку, или, наконецъ, при самой пробивкѣ магистрали, и отысканіе для этой цѣли на пластинкахъ, принадлежащихъ смежнымъ базисамъ, общихъ точекъ, необозначенныхъ сигналами, — при пользованіи стереокомпаратормъ модели  $D^*)$  крайне затруднительно и далеко не всегда удается.

Выборъ мѣста для базисовъ на глазъ, безъ связующихъ сигналовъ, часто, кромѣ того, ведетъ къ пропуску цѣнныхъ для плана участковъ мѣстности, на которыхъ потомъ не можетъ быть определено достаточнаго количества точекъ.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

Положеніе базиса на чертежѣ можетъ быть легко определено построеніемъ, въ случаѣ, если на соответствующей парѣ пластинокъ получились 2 сигнала, расположенные въ опредѣленныхъ точкахъ, — напр., на магистрали, или — одинъ на магистралі, а

\*) Для отысканія и опредѣленія на пластинкахъ принадлежащихъ 2 смежнымъ базисамъ общихъ точекъ, необозначенныхъ сигналами, заводъ „К. Цейсъ“ строитъ специальную модель стереокомпаратора „С“; въ него вставляются одновременно 2 пары пластинокъ 2 смежныхъ базисовъ, чѣмъ весьма облегчается нахожденіе завѣдомо общихъ точекъ на обѣихъ парахъ пластинокъ; строится онъ на размѣръ пластинокъ  $12 \times 30$  см. и предназначенъ для съемокъ береговъ съ судна.

другой — связующий, нанесенный на планъ отъ предыдущаго базиса. Если  $Z_1$  и  $X_1$  координаты одного сигнала (1) и  $Z_2$  и  $X_2$  — другого (2), то, построивъ (фиг. 7 и 8) прямоугольный треугольникъ  $12A$ , катеты котораго по абсолютной величинѣ равны  $\overline{A1}$  — разности  $(Z_1 - Z_2)$ , и  $\overline{A2}$  — разности  $(X_1 - X_2)$ , отложивъ по линіи катета  $\overline{A2}$  величину  $\overline{AC}$ , равную  $X_1$ , или  $\overline{C2}$ , равную  $X_2$ , въ направленіи противоположнаго знака при  $X_1$  или соответственно при  $X_2$ , — возставимъ изъ точки  $C$  нормаль къ  $AC$ , которая и будетъ оптической осью объектива лѣваго фототеодолита или осью  $Z$ -овъ, и по этой нормали отложимъ длину  $\overline{CD}$ , равную меньшей изъ величинъ  $Z_1$  и  $Z_2$ , т. е. — на чертежѣ —  $Z_2$ . Точка  $D$  будетъ точкой стоянки лѣваго фототеодолита; отложивъ вправо, нормально къ  $\overline{CD}$ , длину базиса  $\overline{DE}$ , получимъ на чертежѣ мѣсто базиса  $DE$ .

Если на одной парѣ пластинокъ вышло болѣе двухъ сигналовъ, то эти лишніе сигналы могутъ служить повѣркой для болѣе точнаго нанесенія базиса; для этой же цѣли служить и уголъ между базисомъ и магистралью, — въ случаѣ, если азимуты базиса и магистрали опредѣляются, и этотъ уголъ можетъ быть вычисленъ.

Замѣтимъ, что треугольникъ  $1A2$  долженъ быть прямоугольнымъ; если уголъ  $A$  не получается равнымъ  $90^\circ$ , то это указываетъ либо на ошибку въ промѣрѣ магистрали, либо на допущенную ошибку при установкѣ фототеодолитовъ, при наблюденіи въ стереоскопаторѣ или при вычисленіи координатъ точекъ 1 и 2. Въ тѣхъ случаяхъ, когда причина ошибки не можетъ быть установлена на мѣстѣ, — на примѣръ, если планъ составляется вдали отъ мѣста полевыхъ работъ, — то, для выясненія ея, присутствіе вслѣхъ лишніхъ данныхъ въ видѣ связующихъ сигналовъ, сигналовъ на магистральной свѣрхъ необходимыхъ и пр. бываетъ весьма полезнымъ и часто способствуетъ устраненію недоразумѣній.

Изъ фиг. 7-ой усматривается, что, если уголъ между базисомъ и магистралью извѣстенъ, то для опредѣленія положенія базиса теоретически достаточно было бы одного сигнала, положеніе котораго на планѣ было бы опредѣлено; въ виду того, что этотъ уголъ опредѣляется изъ магнитныхъ азимутовъ, а послѣдніе въ случаѣ магнитныхъ аномалій не могутъ быть опредѣлены, то построеніе базиса на основаніи одного лишь сигнала — не всегда примѣнимо, и часто — недостаточно точно.

Отмѣтка центра объектива лѣваго фототеодолита, необходимая

для опредѣленія отмѣтокъ точекъ мѣстности, опредѣляется на основаніи слѣдующихъ соображеній:

Если  $Y_m$  есть превышеніе центра сигнала, установленнаго въ опредѣленной точкѣ мѣстности съ отмѣткой  $H_m$  надъ центромъ объектива лѣваго фототеодолита,  $h$ —высота центра сигнала надъ точкой, въ которой сигналъ установленъ, и  $H_0$ —искомая отмѣтка центра объектива лѣваго фототеодолита, то будемъ имѣть:

$$H_m = H_0 + Y_m - h,$$

откуда

$$H_0 = H_m + h - Y_m. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Такъ какъ значенія  $H_0$  можно опредѣлить изъ отмѣтокъ всѣхъ, обозначенныхъ сигналами точекъ мѣстности, отмѣтки которыхъ извѣстны, какъ отмѣтки точекъ, лежащихъ на магистральной, или—опредѣленныхъ ранѣе, то изъ всѣхъ значеній  $H_0$  можно взять среднее, которое и принимается окончательно. Отмѣтка любой точки съ координатой  $Y_i$  будетъ

$$H_i = H_0 + Y_i \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

Изложенный способъ производства фототеодолитной съемки, отличающійся, какъ увидимъ ниже, точностью получаемыхъ результатовъ, употребляется главнымъ образомъ въ тѣхъ случаяхъ, когда фототеодолитная съемка примѣняется вмѣстѣ съ тахеометрической и когда разбивка магистральной происходитъ по всей длинѣ снимаемой полосы мѣстности, въ цѣляхъ предварительнаго полученія приближительныхъ профиля и плана будущей трассы, соответствующихъ заданнымъ техническимъ условіямъ.

### Второй способъ.

Второй способъ производства фототеодолитной съемки отличается отъ перваго тѣмъ, что магистраль разбивается не на подлежащей съемкѣ полосѣ мѣстности, а въ сторонѣ отъ нея, причемъ самая съемка производится съ магистральной.

Мѣста базисовъ послѣдовательныхъ стоянокъ выбираются такимъ образомъ, чтобы одинъ изъ фототеодолитовъ по возможности могъ быть установленъ надъ точкой магистральной. Если это условіе выполнимо, то положеніе базиса относительно магистральной опредѣляется на планѣ точкою магистральной и угломъ между магистралью и базисомъ.

Если установленный надъ точкой магистрали фототеодолитъ—лѣвый, то для опредѣленія отмѣтки центра его объектива измѣряется непосредственно возвышеніе объектива надъ точкой; если установленный надъ точкой магистрали фототеодолитъ—правый, то, подобно предыдущему, опредѣляется отмѣтка центра объектива праваго фототеодолита, а отмѣтка центра объектива лѣваго фототеодолита находится впослѣдствіи, изъ опредѣляемой на стереокомпараторѣ разности отмѣтокъ центровъ объективовъ — обоихъ фототеодолитовъ.

Если базисъ располагается въ сторонѣ отъ магистрали, то для связки съ послѣдней служатъ: азимуты базиса, магистрали и линіи, соединяющей одинъ изъ концовъ (связующій) базиса съ выбранной (связующей) точкой магистрали, длины базиса съ горизонтальной проекціи связующей линіи, превышеніе или пониженіе центра объектива фототеодолита, установленнаго въ связующемъ концѣ базиса, надъ связующей точкой магистрали, а также,—если связующій конецъ базиса — правый, — разность отмѣтокъ центровъ объективовъ праваго и лѣваго фототеодолитовъ, опредѣляемая на стереокомпараторѣ.

Длина горизонтальной проекціи линіи, соединяющей связующій конецъ базиса со связующей точкой магистрали, опредѣляется подобно длинѣ базиса, для чего въ связующей точкѣ магистрали устанавливается тренога съ соотвѣтствующими приборами.

Для опредѣленія разности отмѣтокъ центра объектива фототеодолита, установленнаго въ связующемъ концѣ базиса, и связующей точки магистрали, визируемъ трубою фототеодолита на связующую точку магистрали такимъ образомъ, чтобы связующая точка приходилась вправо отъ объектива фототеодолита; въ виду того, что прочтенный на вертикальномъ кругѣ фототеодолита знакъ при вертикальномъ углѣ относится всегда къ направленію визирования отъ фототеодолита *направо*,—независимо отъ того, какъ такое производится въ дѣйствительности, то прочтенный на вертикальномъ кругѣ съ соотвѣтствующимъ знакомъ уголъ будетъ равняться угловой высотѣ центра вертикальнаго круга фототеодолита надъ связующей точкой. Называя этотъ уголъ черезъ  $\gamma$ , отмѣтку связующей точки магистрали черезъ  $H_m$ , длину горизонтальной проекціи линіи, соединяющей связующую точку магистрали со связующимъ концомъ базиса, черезъ  $L_m$ , и превышеніе оси вращенія трубы фототеодолита надъ центромъ объектива послѣдняго, равное  $\infty 0,03$  с., черезъ  $t$ ,

получимъ отмѣтку  $H_0$  центра объектива фототеодолита, установленнаго въ связующемъ концѣ базиса:

$$H_0 = H_m + L_m \operatorname{tg} \gamma - t \dots \dots \dots (12)$$

Если установленный въ связующемъ концѣ базиса фототеодолить—лѣвый, то отмѣтка  $H_0$  и послужитъ исходной отмѣткой для вычисленія отмѣтокъ точекъ мѣстности; если же онъ—правый, то, по опредѣленіи на стереокомпараторѣ разности отмѣтокъ центровъ объективовъ праваго и лѣваго фототеодолитовъ, находимъ искомую отмѣтку центра объектива лѣваго фототеодолита, которая и будетъ исходной.

Такъ какъ относительное положеніе базиса и магистрали опредѣляется изъ магнитныхъ азимутовъ трехъ линій, то изложенный способъ съемки, для возможности примѣненія его въ случаѣ возможныхъ магнитныхъ аномалій, измѣняется въ томъ отношеніи, что связка производится отъ выбраннаго конца базиса не съ одной, а съ двумя точками магистрали, и уголъ между базисомъ и, по крайней мѣрѣ, одной изъ связующихъ линій опредѣляется на горизонтальномъ лимбѣ фототеодолита.

Въ цѣляхъ облегченія выбора мѣстъ для стоянки фототеодолитовъ, точки на магистрали слѣдуетъ забывать возможно чаще, на разстояніи отъ 10-20 сажень одна отъ другой,—въ зависимости отъ конфигураціи мѣстности и свободы выбора мѣста для базисовъ, затрудняемаго кустарникомъ, деревьями, строеніями и пр.

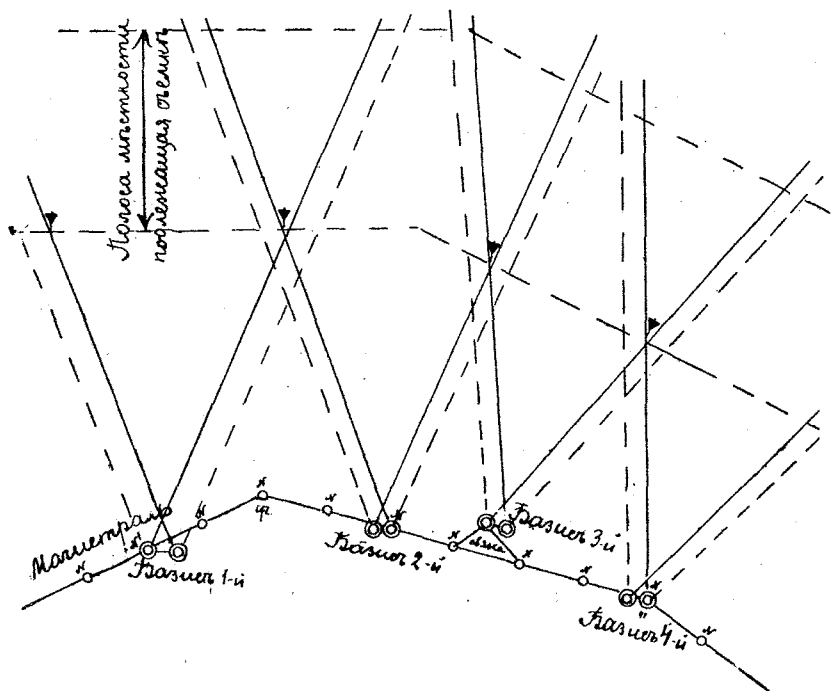
Такъ какъ магистраль разбивается внѣ подлежащей съемкѣ мѣстности, то отмѣтки точекъ магистрали не представляютъ данныхъ для составленія плана, и потому плюсовать всѣ переломы магистрали въ вертикальной плоскости не представляется необходимымъ.

При этомъ способѣ съемки,—такъ же, какъ и при первомъ,—существуетъ гарантія общей правильности съемки, обусловленная постоянной связкой съ магистралью; примѣняется онъ въ тѣхъ случаяхъ, когда разбивка магистрали на подлежащей съемкѣ полосѣ мѣстности затруднительна или не представляется возможной, на-примѣръ, при съемкѣ неприступныхъ скалистыхъ возгордовъ, и отличается, какъ увидимъ ниже, гораздо меньшею точностью, чѣмъ съемка по первому способу. Примѣненіе связующихъ сигналовъ, если таковое возможно, служитъ гарантіей въ отсутствіи пропусковъ съемки и повѣркою правильности послѣдней, почему бываетъ весьма желательнымъ.

Схема съемки изображена на фиг. 9.

### Третій способъ.

Третій способъ производства фототеодолитной съемки отличается отъ первыхъ двухъ тѣмъ, что магистраль предварительно не разбивается вовсе; за исходную точку при съемкѣ и вычерчиваніи плана берется положеніе перваго базиса; связь между смежными стоянками устанавливается углами между базисами, опредѣляемыми изъ азимутовъ послѣднихъ и изображеніями на смежныхъ парахъ пластинокъ однѣхъ и тѣхъ же точекъ, обозначаемыхъ, для облегченія



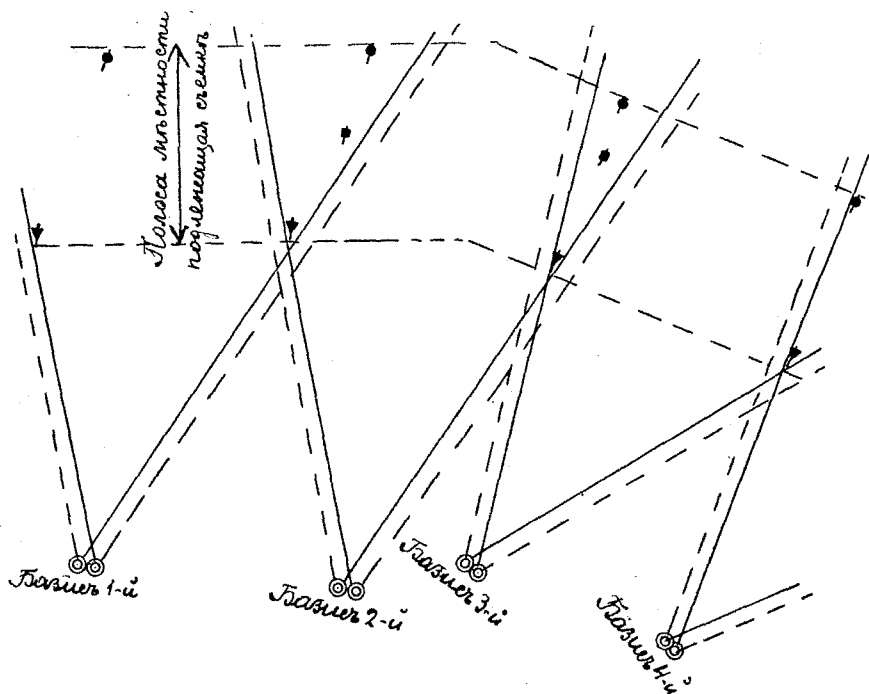
Фиг. 9.

отысканія ихъ въ стереокомпараторѣ, сигналами. Сигналы разставляются такъ же, какъ и при первыхъ двухъ способахъ.

Способъ этотъ, требующій значительно меньшей затраты времени и труда, чѣмъ вышеизложенные, даетъ, однако, и меньше гарантіи въ отсутствіи ошибокъ,—такъ какъ при вычерчиваніи плана элементы каждой послѣдующей стоянки опредѣляются на основаніи элементовъ предыдущей,—что ведетъ къ накопленію погрѣшностей; случайная ошибка, допущенная при съемкѣ, нанпри-

мѣръ, въ установкѣ инструментовъ, въ измѣреніи базиса, не всегда можетъ быть исправлена и даже вообще обнаружена. При этомъ случайная порча или потеря хотя бы одной пластинки нарушаетъ непрерывную связь съемки, обезцѣнивая всю работу.

При пользованіи связующими сигналами, и вообще при отысканіи общихъ точекъ на пластинкахъ смежныхъ базисовъ, связь между послѣдними лучше было бы устанавливать не однимъ только сигналомъ или одной точкой, но двумя или тремя. Второй и третій сигналъ располагаются за первымъ, какъ показано на фиг. 10, не



Фиг. 10.

усложняя, въ случаѣ открытой мѣстности, выбора мѣста для слѣдующаго базиса.

При двухъ связующихъ сигналахъ или точкахъ относительное расположеніе смежныхъ базисовъ можетъ быть найдено простымъ построениемъ; въ случаѣ магнитныхъ аномалій связь смежныхъ базисовъ между собою, по крайней мѣрѣ, двумя общими сигналами или точками является поэтому необходимой.

Выборъ мѣста для послѣдующей стоянки весьма облегчается присутствіемъ третьяго связующаго сигнала, установленнаго при-

близительно на одной линіи между первыми двумя; связка двухъ смежныхъ стоянокъ обуславливается при этомъ попаданіемъ въ поле съемки каждой изъ нихъ лишь двухъ любыхъ изъ трехъ установленныхъ сигналовъ, что, въ случаѣ съемки мѣстности не вполне открытой или сильно пересѣченной, упрощаетъ выборъ мѣста для послѣдующей стоянки.

Достоверность фототеодолитной съемки по третьему способу можетъ быть установлена посредствомъ контрольных точекъ, связанныхъ между собою триангуляціей. Контрольныя точки, разбитыя на подлежащей съемкѣ мѣстности, обозначаются при съемкѣ сигналами; найденное изъ результатовъ съемки ихъ положеніе, по сравненію съ таковымъ, опредѣленнымъ тригонометрически, служить контролемъ общей правильности съемки.

### Сравненіе вышеописанныхъ способовъ фототеодолитной съемки.

Вышеописанные способы производства фототеодолитной съемки, обычно примѣняющіеся на желѣзнодорожныхъ изысканіяхъ, требуютъ различной затраты времени и труда на производство съемки и даютъ неодинаковые по точности и достоверности результаты.

Первый способъ производства фототеодолитной съемки даетъ наибольшую точность расположенія въ планѣ и отмѣтокъ точекъ мѣстности въ силу того, что положеніе и отмѣтки точекъ мѣстности опредѣляются на основаніи положенія и отмѣтокъ магистрали, разбитой по близости, и что ошибка, допущенная при съемкѣ съ какого-либо базиса, не вліяетъ на результаты съемки съ послѣдующихъ базисовъ, такъ какъ каждый участокъ съемки базируется независимо отъ другихъ на непрерывной, пронивелированной и промѣренной, магистрали. Какъ увидимъ ниже, погрѣшности въ опредѣленіи координатъ точекъ при этомъ способѣ съемки въ значительной мѣрѣ взаимно компенсируются и оказываютъ меньшее вліяніе на точность плана и отмѣтокъ, чѣмъ при другихъ способахъ съемки; то же относится и къ погрѣшностямъ, происходящимъ отъ неправильной установки фототеодолитовъ при производствѣ экспозиціи,—главнымъ образомъ, отъ негоризонтальности координатныхъ осей  $Z$ —овъ и  $X$ —овъ.

При второмъ способѣ погрѣшности въ опредѣленіи координатъ точекъ мѣстности входятъ въ конечные результаты цѣлкомъ, такъ же какъ и погрѣшности, происходящія отъ неправильной установки фототеодолитовъ при производствѣ экспозиціи и искажающія въ

особенности, напримѣръ, вслѣдствіе негоризонтальности координатныхъ осей  $Z$ —овъ и  $X$ —овъ, отмѣтки точекъ мѣстности; однако, на общей правильности всей съемки возможны погрѣшности и ошибки, допущенныя при съемкѣ съ одного какого-либо базиса, также не отразятся, вслѣдствіе того, что и здѣсь каждый отдѣльный участокъ съемки базируется независимо отъ другихъ на одной непрерывной магистральной. Уступая первому способу въ точности результатовъ и требуя, такъ же какъ и первый, предварительной разбивки магистральной, второй способъ примѣняется въ тѣхъ случаяхъ, когда разбивка магистральной въ предѣлахъ подлежащей съемкѣ полосы мѣстности сопряжена со значительными затрудненіями или вовсе невозможна, и когда положеніе будущей трассы и подлежащей съемкѣ полосы мѣстности можетъ быть опредѣлено а priori.

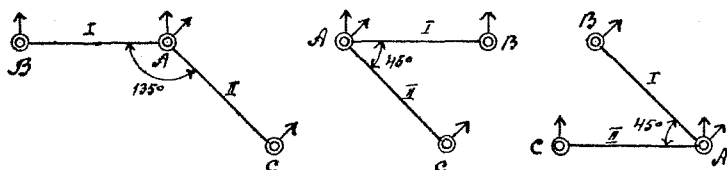
При третьемъ способѣ производства фототеодолитной съемки положеніе базиса на планѣ опредѣляется такъ же, какъ и при первомъ; поэтому и здѣсь погрѣшности въ опредѣленіи координатъ точекъ мѣстности, равно какъ и погрѣшности, происходящія отъ неправильной установки фототеодолитовъ во время экспозиціи взаимно компенсируются и входятъ въ результаты въ видѣ разностей,—какъ при первомъ способѣ,—а не цѣликомъ, какъ при второмъ; въ цѣляхъ гарантіи общей правильности всей съемки, третій способъ требуетъ достаточнаго количества связанныхъ между собой тригонометрически контрольных точекъ. При отсутствіи какого-либо другого, спеціального назначенія, производство такой триангуляціи при желѣзнодорожныхъ изысканіяхъ, гдѣ съемкѣ подлежитъ лишь сравнительно узкая полоса мѣстности, едва ли бываетъ проще разбивки магистральной вдоль всей полосы съемки; при этомъ предварительная разбивка магистральной всегда имѣетъ важное значеніе для выбора самой полосы съемки, въ предѣлахъ которой должна умѣщаться будущая трасса, равно какъ и для предварительныхъ сужденій и соображеній о профилѣ и планѣ послѣдней.

Въ виду того, что при производствѣ съемки по третьему способу и при отсутствіи контрольных точекъ каждый послѣдующій участокъ съемки при вычерчиваніи плана базируется на предыдущемъ, въ результатѣ возможно значительное накопленіе какъ погрѣшностей, такъ и ошибокъ, исправленіе и даже обнаруженіе которыхъ при этомъ способѣ съемки не всегда бываетъ возможнымъ; поэтому примѣненіе третьяго способа фототеодолитной съемки безъ триангуляціонной связи между контрольными точками сопряжено съ сомнительной достовѣрностью результатовъ съемки, въ особенности—

при отсутствіи связующихъ сигналовъ между смежными стоянками; если въ тому же мѣсто будущей трассы не можетъ быть достаточно точно опредѣлено а priori, то можетъ случиться, что заснятая полоса мѣстности не допускаетъ заданныхъ техническихъ условій трассы, и послѣдняя выйдетъ изъ предѣловъ съемки, причемъ результатъ части работы сведется къ нулю и нужныхъ плановъ мѣстности—не будетъ на лицо. Поэтому, при производствѣ фототеодолитной съемки на желѣзнодорожныхъ изысканіяхъ, предпочтеніе слѣдуетъ отдать первому и второму способу, а третій способъ, безъ триангуляціонной связи и контрольных точекъ, примѣнять лишь при предварительныхъ изысканіяхъ, гдѣ преслѣдуется возможный минимумъ затраты времени, труда и средствъ на полевые работы, въ ущербъ точности и даже достовѣрности результатовъ.

### Комбинированныя стоянки.

Чтобы не ограничиваться угломъ поля съемки съ одной стоянки въ  $45^\circ$ , часто примѣняютъ комбинированныя стоянки,—двойныя,



Фиг. 11.

тройныя и четверныя, горизонтальный уголъ поля съемки которыхъ соответственно равенъ  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  и  $180^\circ$ ; если же при четверной стоянкѣ производить съ каждаго базиса съемку, какъ увидимъ ниже, въ обѣ стороны, то можно получить горизонтальный уголъ поля съемки въ  $360^\circ$ , т. е. панорамную съемку.

Отличіе комбинированныхъ стоянокъ отъ обыкновенныхъ заключается, въ томъ, что въ первыхъ не ограничиваются съемкой съ одного только базиса на каждой стоянкѣ, а разбиваютъ нѣсколько базисовъ такимъ образомъ, чтобы базисы имѣли попарно, по-три или по четыре общія конечныя точки, будучи расположены подъ угломъ около  $45^\circ$  или  $135^\circ$  между собой.

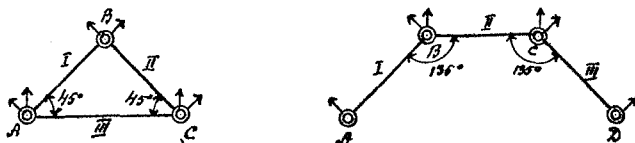
При двойной стоянкѣ базисы могутъ располагаться слѣдующимъ образомъ (фиг. 11).

Фототеодолитъ устанавливается послѣдовательно въ точкахъ А, В и С, и съемка производится въ направленіи стрѣлокъ, причемъ,

помѣщеннымъ въ общей обоимъ базисамъ точкѣ  $A$ , фототеодолитомъ производится 2 снимка.

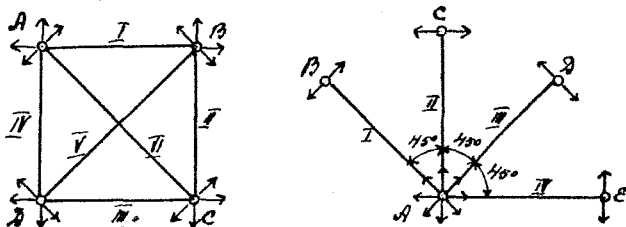
При этомъ предпочтительнѣе устанавливать фототеодолитъ сначала въ точкѣ  $A$ , откуда назначить мѣста для фототеодолитовъ  $B$  и  $C$ , произвести измѣреніе базисовъ  $AB$  и  $AC$  и ихъ азимутовъ и экспозиціи 2 пластинокъ, и затѣмъ установить фототеодолитъ послѣдовательно въ точкахъ  $B$  и  $C$ , откуда и произвести лишь по экспозиціи 1 пластинки.

При тройной стоянкѣ базисы располагаются слѣдующимъ образомъ (фиг. 12).



Фиг. 12.

Изображенное слѣва расположеніе базисовъ требуетъ по 2 экспозиціи пластинокъ изъ каждой точки  $A$ ,  $B$  и  $C$ , тогда какъ изображенное справа—по 2 экспозиціи пластинокъ изъ точекъ  $B$  и  $C$  и по одной—изъ точекъ  $A$  и  $D$ . Хотя первое расположеніе базисовъ требуетъ меньшаго числа переносовъ фототеодолита и другихъ манипуляцій съ нимъ, чѣмъ второе, тѣмъ не менѣе первое расположеніе базисовъ представляетъ иногда въ натурѣ болѣе за-



Фиг. 13.

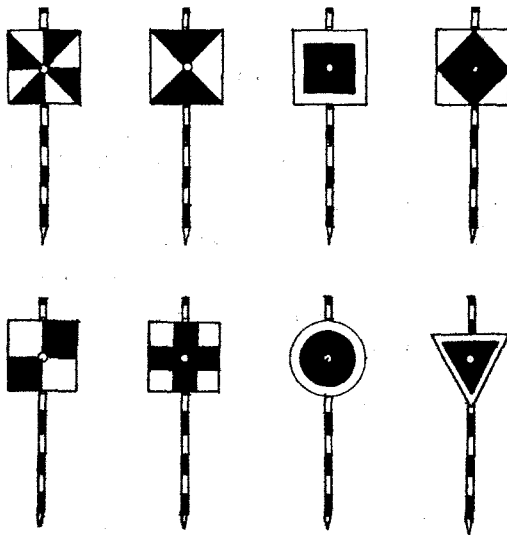
трудненій при выборѣ ихъ мѣста. При четверной стоянкѣ получается полная панорамная съемка, если базисы расположить по фиг. 13 и снимать въ обѣ стороны.

Лѣвое расположеніе базисовъ требуетъ по 4 экспозиціи пластинокъ изъ каждой точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$ , и въ натурѣ представляетъ болѣе затрудненій при разбивкѣ, чѣмъ правое расположеніе, требующее 8 экспозицій пластинокъ изъ точки  $A$  и по 2—изъ точекъ  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $E$ .

Примѣненіе при комбинированныхъ стоянкахъ связующихъ сигналовъ между отдѣльными базисами дѣлается излишнимъ, такъ какъ взаимное расположеніе базисовъ одной и той же стоянки весьма точно опредѣляется углами между базисами, прочтенными по горизонтальному лимбу фототеодолита. При расположеніи базисовъ съ углами между ними не болѣе  $45^{\circ}$  или не менѣе  $135^{\circ}$ ,—съемка будетъ гарантирована отъ пропусковъ.

### Сигналы.

Сигналамъ придаютъ простой и по возможности отличный другъ отъ друга видъ, чтобы ясно различать ихъ даже на значительномъ разстояніи и устранить возможность смѣшиванія ихъ между собою при



Фиг. 14.

работъ на стереокомпараторѣ. Удобны, напр., слѣдующія формы сигналовъ (фиг. 14).

Предпочительно пользоваться сигналами изъ сочетанія бѣлаго и краснаго цвѣтовъ, такъ какъ эти цвѣта видны на далекое разстояніе и ясно выдѣляются на фонѣ неба, листвы, луговъ, полей, пашни, кустарника, снѣга, песковъ, строеній, воды и пр. На негативахъ бѣлый цвѣтъ сигналовъ, проектирующійся на фонѣ неба, снѣга или сильно освѣщенныхъ предметовъ, трудно различимъ,—въ противоположность красному, который въ этихъ случаяхъ выдѣляется отчетливо и который, въ свою очередь, выдѣляется слабо на фонѣ

затѣненныхъ предметовъ, гдѣ бѣлый цвѣтъ выделяется отчетливо; сочетаніе этихъ цвѣтовъ способствуетъ легкому отысканію на негативахъ изображеній сигналовъ при работѣ на стереокомпараторѣ.

Сигналы дѣлаются изъ бѣлаго коленкора и краснаго кумача, пришиваемыхъ или прикрѣпляемыхъ шпивками къ каркасу изъ толстой проволоки; удобный размѣръ сигналовъ—около 1 кв. аршина. Посрединѣ сигнала нашивается или прикрѣпляется маленький кружокъ изъ бѣлаго коленкора, діаметромъ около 0,03 с., опредѣляющій собою центръ сигнала. Сигналы прикрѣпляются къ вѣшкамъ съ желѣзными наконечниками, причемъ центръ сигнала долженъ приходиться на опредѣленной высотѣ отъ основанія вѣшки.

Изготовленіе такихъ сигналовъ весьма несложно, обходится дешево и обыкновенно можетъ быть произведено на мѣстѣ работъ. Вслѣдствіе своей легкости, сигналы удобны къ переноскѣ, и установка ихъ на мѣстахъ не представляетъ затрудненій.

Иногда употребляются сигналы въ формѣ цифръ, вырѣзанныхъ изъ кровельнаго желѣза и приврѣпляемыхъ къ вѣшкамъ. Сочетаніемъ цифръ образуются числа, означающія № сигнала или точки.

### Выборъ мѣста для стоянки.

Выборъ мѣста для стоянки всецѣло зависитъ отъ конфигураціи и рода, какъ снимаемой полосы мѣстности, такъ и мѣстности, съ которой производится съемка. Въ виду того, что фототеодолитная съемка примѣняется почти исключительно въ пересѣченной мѣстности,—съемкѣ чаще всего подлежатъ косогоры, овраги, долины, крутые берега рѣкъ и морей, обуславливающіе и ограничивающіе до нѣкоторой степени выборъ мѣста для стоянокъ.

При съемкѣ косогороеъ, окаймляющихъ равнину, напримѣръ—склоновъ горнаго хребта,—или при съемкѣ очень широкихъ долинъ,—стоянки приходится располагать на высотѣ часто много ниже подлежащей съемкѣ мѣстности; при этомъ подошва косогора, въ случаѣ если она заслонена деревьями, строеніями и пр., снимается труднѣе всего; въ этихъ случаяхъ, съ цѣлью опредѣленія мѣста подошвы косогора, приходится произвести дополнительную инструментальную съемку и связать ее съ базисами фототеодолитныхъ стоянокъ или съ магистралю.

При съемкѣ овраговъ и долинъ, въ случаѣ необходимости заснять оба склона, стоянки располагаются на противоположныхъ склонахъ; если необходимо заснять лишь одинъ склонъ, то стоянки распола-

гаются на противоположащемъ склонѣ. Въ первомъ случаѣ приходится разбить или двѣ магистраліи—на каждомъ склонѣ,—связавъ ихъ между собою, или одну магистраль по тальвегу—если послѣдній попадаетъ въ поле съемки; во второмъ случаѣ магистраль разбивается по подлежащему съемкѣ склону возможно ближе къ будущей трассѣ, или, если это оказывается затруднительнымъ или невозможнымъ, то по тальвегу.

Съ цѣлью съемки противоположащаго склона на возможно большемъ его протяженіи съ одной стоянки и лучшей видимости долины, стоянки располагаются возможно выше и дальше отъ подлежащей съемкѣ полосы мѣстности; съ цѣлью полученія наибольшей точности при вычисленіи отмѣтокъ, стоянки слѣдуетъ располагать,—какъ будетъ выведено далѣе—по возможности въ предѣлахъ отмѣтокъ снимаемой полосы мѣстности, т. е. на высотѣ будущей трассы. Для стоянокъ удобно выбирать доминирующіе надъ долиной, вдающіеся въ нее мысы и мѣста поворотовъ, такъ какъ при этомъ съ одного мѣста можно при помощи комбинированной стоянки заснять долину и противоположащій ей склонъ сразу на значительномъ протяженіи.

Узкіе овраги, глубокія и стѣсненные долины и каніоны снимаются съ трудомъ, требуя частыхъ стоянокъ; также и по высотѣ подлежащій съемкѣ склонъ можетъ быть при этомъ заснятъ не всегда достаточно, если не дѣлать стоянокъ въ нѣсколько ярусовъ. Въ такихъ случаяхъ примѣненіе фототеодолитной съемки бываетъ неудобнымъ, и тахеометрическая съемка имѣетъ передъ нею многія преимущества.

Крутые берега рѣкъ снимаются съ противоположнаго склона, или зимою—со льда. Магистраль въ этихъ случаяхъ разбивается у урѣза воды снимаемаго берега, по берегу или по льду.

Крутые морскіе берега иногда возможно снять съ пляжа,—если онъ есть и при этомъ имѣетъ достаточную ширину; разбивка магистраліи на пляжѣ не представляетъ затрудненій. Для стоянокъ выбираются мѣста у мысовъ или въ глубинѣ бухтъ; базисы располагаются угломъ, или съемка производится въ обѣ стороны съ одного базиса.

При съемкѣ морскихъ береговъ всегда имѣется естественная связка отмѣтокъ между сосѣдними стоянками—уровень моря. Аналогичную связку—уровень рѣки, иногда можно допустить, въ случаѣ незначительнаго паденія рѣки, и при съемкѣ рѣчныхъ береговъ; поэтому съемка морскихъ и рѣчныхъ береговъ имѣетъ за собою

значительную гарантію въ правильности отмѣтокъ даже въ случаѣ отсутствія разбитой магистрали.

При помощи фототеодолитной съемки могутъ быть попутно обнаружены въ мѣстахъ обрывовъ и обнаженій горныхъ породъ данныя залеганія и напластованія послѣднихъ.

### Препятствія къ съемкѣ.

Болѣе всего препятствуетъ примѣненію фототеодолитной съемки растительность: заросшая густымъ лѣсомъ или кустарникомъ мѣстность совершенно не поддается фототеодолитной съемкѣ, если листва сплошь закрываетъ поверхность земли. Не слишкомъ густой кустарникъ или лѣсъ съ прогалинами, позволяющими видѣть поверхность земли, не служитъ препятствіемъ для съемки; отдѣльно стоящія деревья даже способствуютъ успѣху работы, служа естественными связующими сигналами и помогая запоминать мѣстность при обработкѣ пластинокъ въ стереокомпараторѣ.

Выборъ мѣста для стоянки среди лѣсистой или густо заросшей кустарникомъ мѣстности бываетъ весьма затруднительнымъ, такъ какъ деревья и кусты, расположенные впереди фототеодолитовъ, иногда заслоняютъ собою значительные участки мѣстности, притомъ — различныя для каждаго изъ фототеодолитовъ одного и того же базиса; такъ какъ координаты могутъ быть опредѣлены лишь для такихъ точекъ мѣстности, изображенія которыхъ получились на обѣихъ пластинкахъ, то при этомъ значительная площадь мѣстности можетъ оказаться незаснятой. Во избѣжаніе сего деревья и кустарникъ, заслоняющіе собою видъ на снимаемую мѣстность отъ каждаго фототеодолита, должны быть вырублены.

При съемкѣ заросшихъ мѣстностей сигналы помѣщаются на высокихъ шестахъ или вѣшкахъ, въ цѣляхъ лучшей видимости.

Фототеодолитную съемку заросшихъ густой лиственной растительностью мѣстностей удобнѣе производить поздней осенью, когда облетѣвшая листва не препятствуетъ свободно видѣть поверхность земли, или зимою, когда темные сплуты древесныхъ стволовъ рѣзко выделяются на фонѣ снѣга; въ послѣднемъ случаѣ, однако, толстый снѣжный покровъ искажаетъ отмѣтки мѣстности.

Съемка хотя и открытой мѣстности, но не имѣющей на поверхности какихъ-либо отдѣльных замѣтныхъ предметовъ вродѣ камней, деревьевъ, изгородей, канавъ, рывинъ и пр., представляетъ для обработки пластинокъ на стереокомпараторѣ большія затрудненія

при отысканіи изображеній однихъ и тѣхъ же точекъ мѣстности на обѣихъ пластинкахъ, такъ какъ уловить на общемъ однообразномъ пространствѣ отдѣльныя точки, притомъ тождественныя на обѣихъ пластинкахъ, бываетъ крайне затруднительно и даже невозможно, и при этомъ крайне утомительно для зрѣнія наблюдателя. Поэтому, если подлежащая съемкѣ мѣстность представляется совершенно однообразной,—напримѣръ въ случаѣ хлѣбныхъ полей, песковъ, снѣжнаго покрова и пр.,—и на значительномъ пространствѣ вообще лишена какихъ-либо замѣтныхъ точекъ на поверхности, то передъ съемкой необходимо установить въ разныхъ, наиболѣе доступныхъ и по возможности характерныхъ мѣстахъ достаточное количество вѣхъ, координаты которыхъ, будучи опредѣлены, позволили бы судить о рельефѣ мѣстности. Вѣхи, по возможности, должны по внѣшнему виду чѣмъ-нибудь различаться между собою, чтобы въ стереокомпараторѣ легко можно было отыскать на обѣихъ пластинкахъ изображеніи одной и той же вѣхи.

Вѣтеръ, колеблющій вѣтви и листву, мѣшаетъ съемкѣ заросшихъ мѣстъ, такъ какъ многія точки земной поверхности, которыя вышли бы на пластинкахъ отчетливо при неподвижномъ состояніи кустовъ и вѣтвей, получаютъ при вѣтрѣ смазанными отъ колеблющихся передъ ними предметовъ.

Примѣненіе при вѣтрѣ моментальной съемки не всегда даетъ удовлетворительные результаты, такъ какъ колеблющіеся вѣтви и листва во время производства обѣихъ экспозицій могутъ вообще занимать различное положеніе, заслоняя на одной пластинкѣ точки, открытыя на другой,—и потому потерянные для обработки; при съемкѣ же открытой мѣстности, въ виду отсутствія колеблющихся предметовъ, примѣненіе моментальной съемки дѣлается излишнимъ.

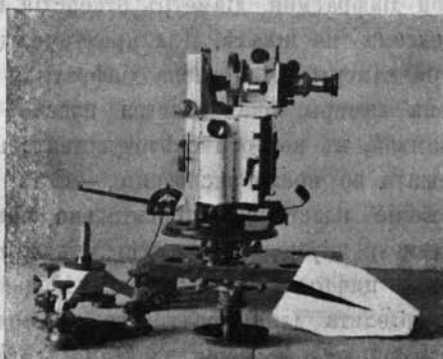
Сильный порывистый вѣтеръ разстраиваетъ установку фототеодолита и можетъ даже его опрокинуть. Въ цѣляхъ увеличенія устойчивости фототеодолита, въ треногахъ устраиваются особые мѣшки, загружаемые камнемъ при съемкѣ во время сильныхъ вѣтровъ.

Къ препятствіямъ для фототеодолитной съемки слѣдуетъ также отнести неблагоприятныя условія освѣщенія и погоды постольку, поскольку они вообще мѣшаютъ всякой ландшафтной фотографической съемкѣ.

### Фототеодолитъ.

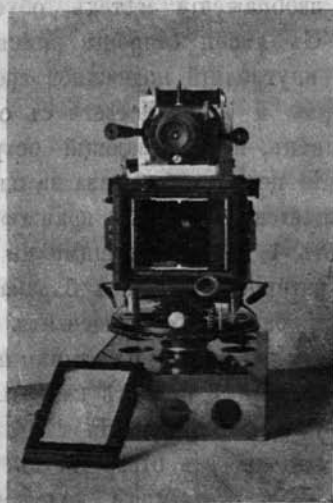
Фототеодолитъ представляетъ собою, какъ показываетъ самое его названіе, соединеніе фотографической камеры съ теодолитомъ. Онъ изображенъ на фиг. 15 и 16. Камера фототеодолита соотвѣт-

ствуесть алидадѣ теодолита, съ тою разницей, что въ теодолитѣ, при вращеніи лимба, алидада вращается вмѣстѣ съ послѣднимъ, тогда какъ въ фототеодолитѣ камера и лимбъ вращаются независимо одна отъ другого.



Фиг. 15.

Камера сдѣлана изъ металла и снабжена фотографическимъ



Фиг. 16.

объективомъ „Ортопротаръ“ Цейсса 1:8, являющимся однимъ изъ наиболѣ совершенныхъ современныхъ объективовъ. Объективъ монтированъ въ оправѣ, укрѣпленной на подвижной доскѣ, которая можетъ быть передвигаема вмѣстѣ съ объективомъ, посредствомъ кремальеры, вверхъ и внизъ на 30 мм. вращеніемъ микрометра, по-

мѣщеннаго свѣта отъ доски; величина передвиженія указывается индексомъ на шкалѣ. Подвижная доска съ объективомъ закрѣпляется въ желаемомъ положеніи зажимомъ микрометра. Въ оправу объектива, передъ линзами, можетъ быть ввинченъ свѣтофильтръ; объективъ снабженъ ирисовой діафрагмой, діаметръ отверстія которой въ мм. указывается индексомъ на шкалѣ. Для предупрежденія вредныхъ рефлексовъ, внутри камеры установлена діафрагма.

Задняя сторона камеры оканчивается плоской металлической прямоугольной рамкой, къ которой свѣточувствительная пластинка должна быть прижата во время экспозиціи,—чѣмъ обеспечивается правильное положеніе пластинки относительно объектива. Рамка имѣетъ вверху и внизу внутренніе выступы, въ которыхъ сдѣланы трафареты въ видѣ цифръ: арабскихъ, означающихъ постоянную для даннаго фототеодолита длину фокуснаго разстоянія объектива, и римскихъ, означающихъ № серіи пластинокъ; № серіи можетъ быть вынуть и замѣненъ другимъ. Выступы, помѣщающіеся по срединѣ ширины рамки вверху и внизу ея и имѣющіе видъ полу-круговъ съ круглыми отверстиями діаметромъ 0,15 мм. посерединѣ, даютъ на пластинкѣ изображенія мѣтокъ, обусловливающихъ положеніе оси У-овъ. Съ лѣвой стороны рамки, заподлицо съ ея плоскостью, имѣется внутренній подвижной треугольный выступъ, перемѣщающійся вверхъ и внизъ вмѣстѣ съ объективной доской, съ которою онъ соединенъ, и указывающій остриемъ треугольника точную высоту проекціи центра объектива на пластинкѣ. Съ правой стороны рамки помѣщается внутренній вращающійся барабанъ съ трафаретами чиселъ отъ 1 до 20, дающими на пластинкѣ ея очередной №; число, на которое поставленъ барабанъ, видно въ отверстіе наружной головки барабана, вращеніемъ которой послѣдній устанавливается передъ экспозиціей пластинки на число, указанное на соотвѣтствующей пластинкѣ сторонѣ камеры.

Выступы заслоняютъ соотвѣтствующія мѣста пластинки отъ дѣйствія свѣта; проходя лишь черезъ отверстія въ выступахъ и черезъ трафареты, свѣтъ даетъ на пластинкѣ положеніе координатныхъ осей Х-овъ и У-овъ, длину фокуснаго разстоянія объектива, серію и № пластинки.

Выступы, расположенные въ нижней части рамки, достаточно освѣщаются свѣтомъ неба и даютъ отчетливыя изображенія соотвѣтствующихъ отверстія и трафаретовъ; расположенный же въ верхней части рамки выступъ попадаетъ обыкновенно на слабо освѣщенные мѣста пластинки, и поэтому для его освѣщенія передъ

объективомъ устанавливается и закрѣпляется въ надлежащемъ положеніи подвижной рычагъ съ зеркальцемъ. Рычагъ имѣетъ у своего основанія шкалу, и если онъ установленъ такъ, что индексы шкалы рычага и объективной доски показываютъ одно и то же число, то верхній выступъ рамки освѣщается зеркальцемъ.

Отверстія выступовъ, дающія на пластинкѣ изображенія мѣтокъ, слѣдуетъ время отъ времени прочищать шелковинкой отъ пыли, чтобы изображенія кружковъ, соответствующихъ отверстіямъ выступовъ, выходили отчетливыми и правильно очерченными. То же относится и къ острию треугольнаго выступа.

На верхней и лѣвой стѣнкахъ камеры имѣется по четыре металлическихъ прицѣла, причемъ одинъ изъ прицѣловъ боковой стѣнки передвигается вмѣстѣ съ объективной доской. Визируя по прицѣламъ, можно опредѣлить поле сѣмки въ горизонтальномъ и вертикальномъ направленіи, не прибѣгая къ матовому стеклу, а также требуемое направленіе базиса.

Передъ вышеупомянутой рамкой камеры помѣщена другая, передняя рамка съ пазами, соединенная съ камерой гармоникой; въ эту рамку вдвигаются матовое стекло и кассеты. Рамка имѣетъ по бокамъ наружные выступы, въ проушины которыхъ входятъ и захватываютъ рамку, прижимая ее къ камерѣ, укрѣпленные по бокамъ послѣдней захваты. Передъ экспозиціей, послѣ того какъ шторка, вставленной въ рамку, кассеты вынута, рамка съ кассетой прижимается къ камерѣ, и во время экспозиціи удерживается въ прижатомъ положеніи захватами; при этомъ пластинка, будучи по всему периметру прижата къ камерѣ, занимаетъ правильное положеніе. По совершеніи экспозиціи боковые захваты освобождаются, передняя рамка съ кассетой отдѣляется отъ камеры, и въ кассету вставляется шторка, послѣ чего кассета можетъ быть вынута изъ рамки.

Стеклянный горизонтальный лимбъ фототеодолита закрытъ металлическимъ дискомъ. Дѣленія на лимбѣ нанесены черезъ  $1^{\circ}$ , по нуисовъ—пѣтъ; они замѣнены двумя микроскопами, расположенными съ лѣвой и правой стороны камеры надъ отверстіями въ дискѣ. Для производства отсчетовъ лимбъ освѣщается черезъ соответствующее отверстіе въ дискѣ зеркальцемъ, и окуляръ микроскопа устанавливается на рѣзкое изображеніе помѣщенной въ микроскопѣ сѣтки, при помощи которой легко производятся отсчеты до  $0,1'$ .

Вертикальный лимбъ, имѣющій видъ кольца,—обычнаго устройства съ нуисами, точность которыхъ  $1'$ ; лимбъ помѣщенъ въ

плоскости нормальной къ оптической оси фотографическаго объектива и соединенъ съ кольчатой трубой, изогнутой подъ прямымъ угломъ, причемъ окулярный конецъ и ось вращенія трубы параллельны, — а объективный конецъ и плоскость визирной оси нормальны къ оптической оси фотографическаго объектива. Отклоненіе лучей въ трубѣ подъ угломъ въ  $90^\circ$  достигается при помощи отраженія лучей въ помѣщенной въ мѣстѣ излома трубы, надъ вертикальной осью вращенія фототеодолита, стеклянной пентагональной призмѣ, вращающейся вмѣстѣ съ объективнымъ концомъ трубы вокругъ горизонтальной оси; окулярный конецъ трубы вращается при этомъ вокругъ своей продольной оси.

Окуляръ волосковъ не имѣетъ; послѣдніе замѣнены нанесенными на стеклѣ двумя концентрическими окружностями, центръ которыхъ направляется на точку визирования. Знаки на нониусахъ поставлены такъ, что они относятся всегда по направленію визирования влѣво отъ наблюдателя, независимо отъ того, какъ таковое производится на самомъ дѣлѣ, причемъ знакъ (+) соотвѣтствуетъ угламъ визирования надъ горизонтомъ, а знакъ (—) — угламъ подъ горизонтомъ.

Установка окуляра трубы производится до рѣзкаго изображенія и уничтоженія параллакса концентрическихъ окружностей вращеніемъ оправы окуляра, для чего на послѣдней нанесена шкала зрѣнія; наблюдатель, знающій соотвѣтствующее своему зрѣнію число, сразу устанавливаетъ окуляръ въ нужное положеніе.

Установка трубы на фокусъ производится микрометреннымъ винтомъ, помѣщеннымъ съ правой стороны ствола окулярнаго конца трубы. Вращеніе трубы вокругъ оси достигается: предварительно грубо — отъ руки — вращеніемъ обоймы съ насѣчкой, помѣщенной на окулярномъ концѣ трубы, послѣ чего обойма закрѣпляется въ данномъ положеніи рычажкомъ при обоймѣ; окончательная установка достигается вращеніемъ червячнаго микрометра, помѣщеннаго надъ окулярнымъ концомъ трубы \*).

Въ горизонтальной плоскости вращеніе фототеодолита производится: предварительно грубо — отъ руки, послѣ чего фототеодолитъ закрѣпляется, и окончательная установка его достигается вращеніемъ винта съ головкою въ видѣ барабана. Специальное назначеніе этого

---

\*) Въ новѣйшей модели полевого фототеодолита, выпущенной въ 1911 г., труба имѣетъ иную конструкцію, отличную отъ описанной; пентагональной призмы не имѣется вовсе, и специальное приспособленіе позволяетъ поворачивать фототеодолитъ въ горизонтальной плоскости на  $45^\circ$ , примѣнительно къ комбинированнымъ стоянкамъ.

винта объяснено ниже, при описаніи способа измѣренія базиса.

Уровень помѣщенъ подъ пентагональной призмой; пузырьрекъ, отраженный зеркалами на оправѣ послѣдней, ясно виденъ, если смотрѣть на зеркало сбоку. Установка фототеодолита по уровню производится обычнымъ способомъ при помощи подъёмныхъ винтовъ штатива.

Буссоль помѣщается сверху камеры. Магнитная стрѣлка имѣетъ отогнутый кверху сѣверный конецъ и заключена въ трубчатую коробку; лѣвая крышка коробки имѣетъ полукруглое отверстіе, закрытое стекломъ, съ нанесенной на стеклѣ по оси коробки отвѣсной чертой; правая крышка имѣетъ въ центрѣ маленькое круглое отверстіе (діоптръ). Ось коробки помѣщается параллельно визирной плоскости трубы. Если смотрѣть на стрѣлку въ отверстіе правой крышки коробки, то виденъ лишь отогнутый сѣверный конецъ стрѣлки.

Установка трубы фототеодолита по магнитному меридіану производится слѣдующимъ образомъ: освободивъ стрѣлку, — для чего помѣщенный на передней боковой стѣнкѣ коробки рычажекъ поворачивается отъ «fest» къ «los» — фототеодолитъ устанавливають отъ руки такъ, чтобы при визированіи въ отверстіе правой крышки видимый отогнутый конецъ стрѣлки попадалъ приблизительно на черту, нанесенную на стеклѣ лѣвой крышки; въ этомъ положеніи фототеодолитъ закрѣпляется, и окончательная установка острія стрѣлки на чертѣ достигается вращеніемъ микрометричнаго винта съ барабаномъ. Послѣ этого нуль лимба подводятъ отъ руки подъ нуль микроскопа, лимбъ закрѣпляютъ, и подводятъ нули микрометромъ лимба до со вмѣщенія. Такъ какъ дѣленія на лимбѣ нанесены въ соотвѣтствіи отсчету азимутовъ черезъ востокъ, то азимуты базисовъ, прочтенные по лѣвому микроскопу, будутъ всегда имѣть направленіе справа налѣво, а прочтенные по правому микроскопу — слѣва направо, независимо отъ того, въ какомъ направленіи они читаются въ дѣйствительности.

Лѣвый микроскопъ обозначенъ цифрой I, а правый — цифрой II; такимъ образомъ, дѣлая всегда отсчетъ азимутовъ базисовъ по микроскопу I, мы будемъ имѣть въ виду азимуты базисовъ отъ праваго фототеодолита къ лѣвому, независимо отъ того, производится ли отсчетъ азимута на правомъ или на лѣвомъ фототеодолитѣ.

Азимуты земныхъ предметовъ читаются по тому микроскопу, который находится со стороны объективнаго конца трубы.

Безусловно необходимо передъ приступомъ съ работамъ опре-

дѣлать поправку азимутовъ, зависящую отъ непараллельности визирной оси трубчатой коробки магнитной стрѣлки къ плоскости визирной оси трубы и, главнымъ образомъ, отъ магнитнаго склоненія данной мѣстности. Фототеодолиты выпускаются заводомъ К. Цейсса исправленными на Іенское склоненіе.

Поправку азимутовъ можно опредѣлить по установкѣ трубы фототеодолита въ плоскости астрономическаго меридіана; иногда же опредѣляется лишь поправка для азимутовъ, опредѣленныхъ фототеодолитомъ, по сравненію съ азимутами, опредѣленными теодолитами, которые употребляются при разбивкѣ магистралей, связяхъ съ сосѣдними участками и тахеометрической съемкѣ. Послѣднее производится слѣдующимъ образомъ: установивъ фототеодолитъ и теодолитъ на разстояніи сажень 10 одинъ отъ другого, ориентируютъ оба инструмента по ихъ магнитнымъ стрѣлкамъ и визируютъ: теодолитомъ—на центръ объектива трубы фототеодолита, а фототеодолитомъ—на центръ объектива теодолита; изъ сравненія прочтенныхъ по соотвѣственнымъ микроскопѣ фототеодолита и нониусѣ теодолита азимутовъ, искомая поправка можетъ быть безъ затрудненія найдена.

Отъ повѣрки фототеодолита и разборки его заводъ К. Цейсса предостерегаетъ, въ виду того, что вывѣрка и сборка фототеодолита требуетъ сложныхъ приборовъ и приспособленій. Фототеодолиты выпускаются заводомъ тщательно собранными и провѣренными; возможное предохраненіе фототеодолита отъ разстройства достигается надежнымъ закрѣпленіемъ отдѣльныхъ частей въ надлежащемъ положеніи при переноскѣ или перевозкѣ фототеодолита, совершающейся въ специальныхъ ящикахъ, и въ тщательномъ обращеніи съ инструментомъ. Въ случаѣ необходимости въ повѣркѣ, фототеодолитъ долженъ быть отосланъ на заводъ Цейсса.

Въ ящикѣ фототеодолита находятся отвѣсъ, необходимые инструменты и коробочка съ замѣнными трафаретами нумеровъ серій пластинокъ.

### Треноги.

Треноги сдѣланы изъ легкаго буковаго дерева и имѣютъ одну ногу выдвижную; при установкѣ на косогорѣ тренога располагается такъ, чтобы выдвижная нога была обращена въ сторону ската. Во избѣжаніе заѣданія, выдвижную ногу слѣдуетъ смазывать вазелиномъ. Треноги имѣютъ холщевые мѣшки, загружаемые камнемъ въ случаѣ съемки при сильномъ вѣтрѣ.

## Штативы.

Штативъ привинчивается къ столу треноги и устанавливается по круглому уровню подъемными винтами съ контргайками. Для грубой, предварительной установки штатива послѣднія освобождаются, и нѣсколько затягиваются передъ окончательной его установкою по круглому уровню и послѣдующей точной установкою фототеодолита по его уровню.

Фототеодолитъ вставляется своей конической цапфой въ пятовое отверстіе штатива, въ это же отверстіе штатива можетъ быть вставлена, вмѣсто фототеодолита, марка въ видѣ металлической пробки съ конически заостреннымъ стержнемъ; на стержень можетъ быть надѣтъ крашенный металлическій прицѣлъ (фиг. 15), облегчающій визированіе на большихъ разстояніяхъ при длинныхъ базисахъ, а также обойма, поддерживающая трубчатую рейку при опредѣленіи длины базиса.

По установкѣ треногъ на концахъ базиса, на треногахъ помѣщаются штативы и устанавливаются по круглымъ уровнямъ; на одномъ изъ штативовъ помѣщается фототеодолитъ и устанавливается по своему уровню, а на другомъ—марка, на которую надѣвается обойма съ рейкою для измѣренія базиса. По опредѣленіи длины послѣдняго, обойма съ рейкой замѣняется прицѣломъ; горизонтальный лимбъ фототеодолита устанавливается по магнитному меридіану—въ случаѣ, если азимутъ базиса долженъ быть опредѣленъ,—и фототеодолитъ устанавливается визированіемъ въ трубу на прицѣлъ другого штатива въ положеніе, при которомъ оптическая ось объектива фототеодолита нормальна къ базису. Если при этомъ пузырекъ уровня фототеодолита не отходилъ отъ середины, то плоскость пластинки—вертикальна и параллельна базису, ось X-овъ горизонтальна и фототеодолитъ установленъ для экспозиціи. По совершеніи таковой, фототеодолитъ снимается и устанавливается на другомъ штативѣ, съ котораго предварительно снимается марка съ прицѣломъ. На первомъ штативѣ помѣщается его марка съ прицѣломъ; визированіемъ на послѣднюю, фототеодолитъ устанавливается на второмъ штативѣ въ требуемое положеніе для экспозиціи второй пластинки.

Цапфы фототеодолита и марокъ, равно какъ и пятовые отверстія штативовъ необходимо постоянно содержать въ полной чистотѣ и, въ предупрежденіе окисленія шлифованныхъ поверхностей и заѣданія при вставленіи и выниманіи, смазывать вазелиномъ. Фототеодолитъ

слѣдуетъ по возможности предохранять отъ влаги и пыли, и стирать послѣднюю прилагающейся мягкой кистью; объективъ фототеодолита, въ случаѣ загрязненія, обтирается мягкой полотняной тряпочкой, но отнюдь не замшей.

### Переноска и перевозка приборовъ.

Переноска фототеодолита на работахъ, съ одной стоянки на другую, производится въ ящикѣ—на спинѣ рабочаго, съ каковой цѣлью ящикъ снабженъ плечевыми ремнями. При переноскѣ фототеодолита на болѣе значительныя разстоянія необходимо имѣть, въ виду его значительнаго вѣса, нѣсколько рабочихъ для переноски; при этомъ ящикъ съ фототеодолитомъ помѣщается на козѣ изъ обшитой кожей толстой проволоки.

При переноскѣ фототеодолита съ одного конца базиса на другой слѣдуетъ держать его за боковые полуцилиндрическіе выступы камеры.

Дальняя перевозка фототеодолита, въ случаѣ возможности тряски и неосторожнаго обращенія, совершается въ спеціальному солидномъ ящикѣ, обитомъ снутри подушками. Штативы переносятся въ футлярахъ, а треноги—сложенными и скрѣпленными ремнями. Для дальней перевозки штативовъ и треногъ употребляются спеціальныя ящики.

### Опредѣленіе длины базиса.

Такъ какъ непосредственное измѣреніе длины базиса—затруднительно и не всегда даже возможно, то для опредѣленія длины его служатъ спеціальныя приспособленія и приборы.

Расположеніе базиса обуславливается вышеизложенными соображеніями при выборѣ мѣста фототеодолитной стоянки и условіями видимости подлежащей съемкѣ мѣстности отъ каждаго фототеодолита, а длина базиса опредѣляется на основаніи соображеній о желаемой степени точности съемки, указанныхъ ниже.

Послѣ того какъ, на основаніи выяснившихся требуемыхъ положенія и длины базиса, установлена одна изъ треногъ со штативомъ, опредѣляя собою одинъ изъ концовъ базиса, безразлично—правый или лѣвый,—на штативѣ помѣщается фототеодолитъ и направляется на подлежащую съемкѣ мѣстность визированіемъ по прицѣламъ, помѣщеннымъ сверху камеры, послѣ чего, визированіемъ по тремъ переднимъ прицѣламъ опредѣляется требуемое направленіе базиса; вторая тренога устанавливается по линіи визирования на приблизительномъ разстояніи, опредѣленномъ изъ со-



Величина  $2t$  удвоенного тангенса  $t$  находится изъ числа оборотовъ горизонтальнаго винта съ головкою въ видѣ барабана, вращеніемъ котораго фототеодолиту можно сообщить небольшой поворотъ въ ту и другую сторону. Барабанъ раздѣленъ по окружности на 100 дѣлений, и отсчеты по барабану дѣлаются съ точностью до  $\frac{1}{10}$  дѣленія. Шагъ винта равенъ 0,45 мм.; слѣдовательно, отсчеты могутъ быть сдѣланы съ точностью до  $\frac{1}{1000}$  оборота винта, или до 0,00045 мм. въ опредѣленіи длины  $t$ .

Если мы обозначимъ число оборотовъ барабана, соотвѣтствующее повороту фототеодолита на уголъ

$A' \Phi A''$ , черезъ  $n$ , то будемъ имѣть:

$$2t = 0,45 \, n \text{ (въ мм.)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

Подставляя въ формулу (15) значенія  $L$ ,  $r$  и  $t$ , получимъ, при  $L = 1000$  мм.

$$B = \frac{1000 \cdot 90}{0,45 \, n} = \frac{200000}{n} \text{ (мм)} = \frac{200}{n} \text{ (м)} \quad . \quad . \quad . \quad (16)$$

Такъ какъ  $1 \text{ м} = 0,468696 \text{ саж.}$ , то выраженіе длины базиса  $B$  въ саженьяхъ будетъ:

$$B = \frac{93,739}{n} \text{ саж.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

При  $L^* = 3000$  мм., будемъ имѣть

$$B = \frac{3000 \cdot 90}{0,45} = \frac{600000}{n} \text{ (мм)} = \frac{600}{n} \text{ (м)}$$

или

$$B = \frac{281,218}{n} \text{ саж.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Длина базиса, вычисленная по формуламъ (17) или (18), должна быть еще увеличена на полудіаметръ кольца рейки, равный 0,012 саж.

Поэтому, для вычисленія длины базиса мы будемъ имѣть формулы:

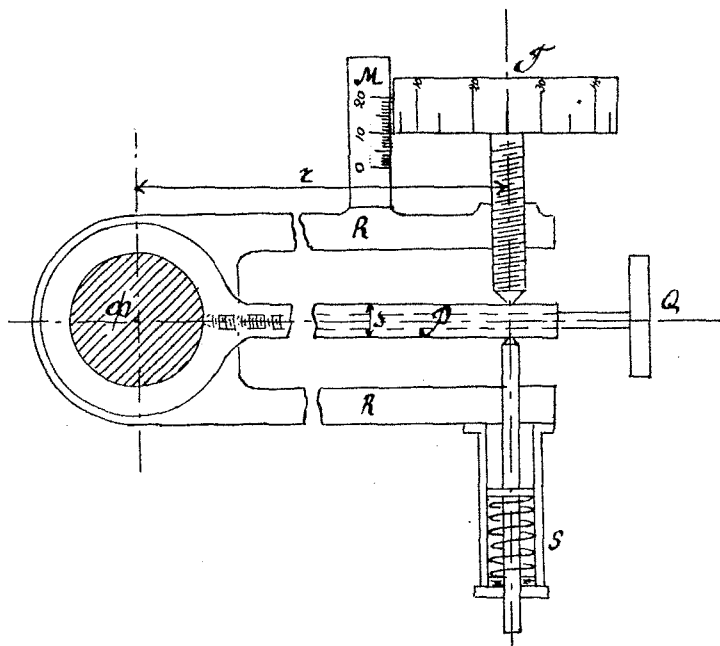
При рейкѣ, длиной 1 м. (сдвинутой):

$$B = \frac{93,739}{n} + 0,012 \text{ саж.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17 \text{ bis})$$

и при рейкѣ, длиной 3 м. (раздвинутой):

$$B = \frac{281,218}{n} + 0,012 \text{ саж.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18 \text{ bis})$$

Устройство приспособленія для отсчета значеній  $n$  по барабану схематически изображено въ планѣ на фиг. 18 и состоитъ въ слѣдующемъ:



Фиг. 18.

также вращающийся вокруг точки  $\Phi$ , может быть закреплён в данном положении винтом  $Q$ . К вилке  $R$  прикреплена шкала  $M$ , по которой производятся отсчеты целых оборотов барабана; на шкалу  $M$  нанесены деления от 0 до 20, причем деление «10» соответствует среднему положению винта  $T$ , при котором ось его нормальна к оси стержня  $P$ . При помощи пружины  $S$  достигается постоянное нажатие винта  $T$  на стержень  $P$  и уничтожается мертвый ход винта  $T$ .

Если временно пренебречь шириною  $s$  стержня  $P$ , и предположить, что не была  $R$ , а стержень  $P$  соединенъ съ фототеодоли-

томъ, причемъ вилка  $R$  закрѣплена неподвижно, а стержень  $P$  вращается вмѣстѣ съ фототеодолитомъ вокругъ точки  $\Phi$  подъ вліяніемъ вращенія винта  $T$ , ось котораго находится въ разстояніи  $r$  отъ точки  $\Phi$ , то, вращая винтъ  $T$  въ ту или другую сторону отъ его средняго положенія, при которомъ его ось нормальна къ оси стержня  $P$ , мы будемъ поворачивать фототеодолитъ въ соответствующую сторону, причемъ величина, пропорціональная тангенсу дуги радіуса  $r$ , соответствующей углу поворота, прочтется по шкалѣ  $M$  и барабану.

Такимъ образомъ, приведя ось винта  $T$  въ нормальное положеніе относительно оси стержня  $P$  и направивъ трубу фототеодолита на центръ  $C$  рейки (фиг. 17), мы можемъ затѣмъ, вращеніемъ винта  $T$ , направлять трубу фототеодолита послѣдовательно на концы  $A'$  и  $A''$  рейки и произвести соответствующіе этимъ положеніямъ фототеодолита отсчеты  $n'$  и  $n''$  по шкалѣ  $M$  и барабану  $T$ .

Абсолютная величина разности этихъ отсчетовъ

$$n = (n' - n'') \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

и будетъ значеніемъ  $n$  формулъ (17), (17 bis), (18) и (18 bis), пропорціональнымъ величинѣ  $2t$  въ формулахъ (16) и (15).

Не трудно видѣть, что при этомъ ширина  $s$  стержня  $P$  на искомую величину  $n$ , равную абсолютной разности отсчетовъ  $n'$  и  $n''$ , вліянія имѣть не будетъ, ибо вызываемая ею измѣненія значеній  $n'$  и  $n''$  будутъ равны по величинѣ и противоположны по знаку. Абсолютныя величины разностей отсчетовъ  $(n' - 10,000)$  и  $(10,000 - n'')$ , пропорціональныя тангенсамъ угловъ отклоненія, соединеннаго съ фототеодолитомъ, стержня  $P$ , при неподвижности вилки  $R$ , отъ его начальнаго положенія, соответствующаго отсчету 10,000 и нормальности его оси къ оси винта  $T$ ,—не измѣнятся, если закрѣпить стержень  $P$  винтомъ  $Q$  и заставить вращаться вмѣстѣ съ фототеодолитомъ вилку  $R$  подъ вліяніемъ вращенія винта  $T$ . Такимъ образомъ, величины разностей отсчетовъ  $(n' - 10,000)$  и  $(10,000 - n'')$  будутъ пропорціональны (фиг. 17) тангенсамъ угловъ отклоненія  $A'\Phi C$  и  $A''\Phi C$  трубы фототеодолита отъ ея начальнаго,—средняго положенія визирования по  $\Phi C$ , независимо отъ того, соединенъ ли фототеодолитъ со стержнемъ  $P$ , какъ мы предположили для простоты выводовъ, или съ вилкой  $R$ , какъ это имѣетъ мѣсто въ дѣйствительности.

Изъ равенства (фиг. 17) угловъ  $A'\Phi C$  и  $A''\Phi C$  слѣдуетъ, что



полевою книжку; разность этихъ отсчетовъ будетъ величиною  $n$ , входящей въ формулы (17 bis) и (18 bis); полусумма отсчетовъ обыкновенно нѣсколько отличается отъ 10,000, что обуславливается какъ вышеприведеннымъ вліяніемъ толщины  $s$  стержня  $P$ , такъ и тѣмъ обстоятельствомъ, что фототеодолитъ трудно направить отъ руки точно на остріе марки или центръ объектива трубы, причемъ какъ остріе, такъ и центръ могутъ не вполне совпадать съ серединой рейки. Во всякомъ случаѣ, если величина разницы между полусуммой обоихъ отсчетовъ и 10,000 незначительна, то это обстоятельство можетъ служить гарантіей въ правильности установки приборовъ и чтенія по шкалѣ и барабану.

Такъ какъ плоскость вращенія визирной оси трубы фототеодолита вертикальна, то (фиг. 17) уголъ  $A' \Phi A''$ , грани котораго вертикальны, — двугранный, и значеніе  $B$  изъ формулъ (17 bis) или (18 bis) будетъ соответствовать горизонтальной проекціи разстоянія между центрами установленныхъ на обоихъ концахъ базиса штативовъ, т. е. длинѣ базиса; разность отмѣтокъ обоихъ концовъ базиса при этомъ никакой роли, очевидно, не играетъ.

Также безразлично, на который изъ концовъ рейки  $A'$  или  $A''$  визировать раньше или позже.

Рейка (фиг. 19), служащая для измѣренія базиса вышеизложеннымъ способомъ, представляетъ собою стальную трубчатую штангу, на концахъ которой имѣются по 2 кольца въ видѣ ребордъ. Разстояніе между острыми ребрами внутреннихъ колецъ дѣлается въ точности равнымъ 1 метру. Въ штангу телескопически вдвинуты 2 другія трубы, оканчивающіяся наружными (крайними) кольцами; будучи вывинчены и выдвинуты, трубы дѣлаютъ всю рейку между острыми ребрами крайнихъ колецъ длиною въ 3 м.

Такъ какъ наибольшая возможная разность отсчетовъ по барабану 20,000, то наименьшая длина базиса, который можетъ быть измѣренъ рейкой въ 1 м., будетъ по формулѣ (17 bis):

$$B = \frac{93,739}{20,000} + 0,012 = 4,699 \text{ саж.},$$

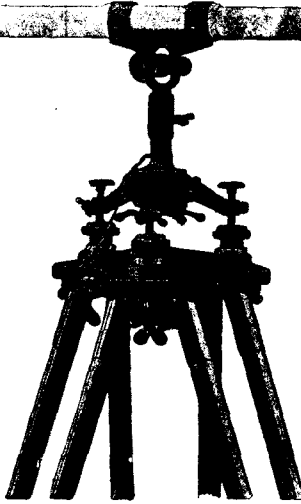
а рейкой длиною въ 3 м. по формулѣ (18 bis):

$$B = \frac{281,218}{20,000} + 0,012 = 14,073 \text{ саж.}$$

Поэтому наименьшій базисъ, который можетъ быть вообще измѣренъ при помощи рейки, составляетъ 4,699 саж.; базисы, длина которыхъ превышаетъ 14,073 саж., съ большей точностью измѣ-

ряются при помощи раздвинутой рейки, такъ какъ при этомъ отсчетъ по барабану, входящій въ знаменатель, будетъ имѣть большее значеніе, чѣмъ въ случаѣ сдвинутой рейки.

По серединѣ длины рейка имѣетъ двойную цапфу, которою она вставляется въ обойму, надѣваемую на остріе марки штатива. Обойма снабжена зрительной трубой слабого увеличенія, плоскость



Фиг. 19.

визирной оси которой нормальна къ оси, вставленной въ обойму рейки. Надѣвъ обойму на остріе вставленной въ пятовое отверстіе штатива марки и вставивъ рейку въ обойму, направляютъ центръ сѣтки зрительной трубы обоймы на нить отвѣса фототеодолита, послѣ чего обойма съ рейкою закрѣпляются на остріи марки ласточкой; при этомъ ось рейки будетъ нормальна къ базису. Горизонтальность рейки достигается предварительной установкою штатива по круглому уровню.

Для удобства визирования трубой фототеодолита на острия ребра колецъ рейки при большихъ разстояніяхъ, къ ребрамъ привинчиваются металлическіе прицѣлы.

#### Точность измѣренія базиса.

Мы видѣли, что длина базиса опредѣляется изъ формулъ (17 bis) и (18 bis) вида

$$B = \frac{C}{n} + q, \dots \dots \dots (23)$$

гдѣ  $C$  и  $q$ —величины постоянныя.

Дифференцируя ур-ие (23), получимъ:

$$dB = -\frac{C}{n^2} dn = -\frac{(B-q)^2}{C} dn \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

Такъ какъ отсчеты  $n'$  и  $n''$  дѣлаются съ точностью до 0,001, то наибольшая абсолютная погрѣшность при опредѣленіи ихъ разности  $n$  будетъ равна суммѣ наибольшихъ абсолютныхъ погрѣшностей при опредѣленіи  $n'$  и  $n''$ , т. е.

$$(\Delta n) = (\Delta n') + (\Delta n'') = \pm (0,0005 + 0,0005) = \pm 0,001 \quad . \quad . \quad (25)$$

Замѣняя въ формулѣ (24) дифференціалы значеніями наибольшихъ погрѣшностей изъ формулы (25), что равносильно тому, какъ если бы мы ограничивались лишь первымъ членомъ разложенія функціи отъ конечно-малыхъ  $\Delta$ , найдемъ, что наибольшая абсолютная величина линейной погрѣшности въ опредѣленіи длины базиса  $B$  будетъ:

$$(\Delta B) = \frac{(B-q)^2}{C} 0,001 \quad . \quad . \quad . \quad (26)$$

и наибольшая величина относительной погрѣшности въ ‰—

$$k = 100 \frac{(\Delta B)}{B} = \frac{(B-q)^2}{BC} 0,001 \cdot 100 \cdot \% \quad . \quad . \quad (27)$$

При длинѣ рейки, точно равной 1 м., будемъ имѣть изъ формулъ (17 bis) и (26)

$$(\Delta B) = 0,00001067 (B-q)^2 \text{ (саж.)}$$

и изъ формулъ (17 bis) и (27):

$$k = 0,001067 \frac{(B-q)^2}{B} \% = \infty 0,001067 B \% ,$$

если пренебречь малой величиной  $q$ .

Такъ, напримѣръ, при базисѣ длиною 10 саж., погрѣшность при его опредѣленіи не будетъ превышать 0,001067 саж. или 0,01067 ‰ отъ длины базиса.

При длинѣ раздвинутой рейки, точно равной 3 м., будемъ имѣть изъ формулъ (18 bis) и (26):

$$(\Delta B) = 0,000003555 (B-q)^2 \text{ (саж.)}$$

и изъ формулъ (18 bis) и (27)

$$k = 0,000355 B \%,$$

если пренебречь малой величиной  $q$ .

Такъ, напримѣръ, при базисѣ длиною 20 саж., погрѣшность при его опредѣленіи не будетъ превышать 0,001422 саж., или 0,00711 % отъ длины базиса.

Изъ формулъ (26) и (27) слѣдуетъ, что наибольшая линейная погрѣшность при опредѣленіи длины базиса пропорціональна квадрату длины, а наибольшая относительная погрѣшность—пропорціональна первой степени длины базиса.

Точность опредѣленія длины базиса по вышеизложенному принципу получается, повидимому, весьма большой; она, можетъ быть еще увеличена въ  $m$  разъ, если дѣлать по  $m$  отсчетовъ на каждый конецъ рейки и изъ всѣхъ полученныхъ  $m$  разностей отсчетовъ взять среднюю.

### Коэффициентъ поправки длины базиса.

Погрѣшность при опредѣленіи длины базиса  $B$ , поскольку она зависитъ отъ погрѣшностей при отсчетахъ по барабану,—какъ мы видѣли—ничтожна; весьма вѣроятно, что погрѣшности при опредѣленіи длины базиса  $B$ , зависящія отъ другихъ, не поддающихся изслѣдованію, причинъ въ родѣ неточности визировація, неправильной длины рейки, неправильности нарѣзки винта и дѣленій барабана, неточности при установкѣ приборовъ, и пр.—имѣютъ гораздо большее значеніе, чѣмъ разсмотрѣнная, что подтверждается тѣмъ, что длина базиса, разбитого на совершенно ровной мѣстности и тщательно измѣреннаго стальной рулеткой, оказывается обыкновенно нѣсколько иной, чѣмъ опредѣленная по вышеизложенному способу при помощи рейки.

Поэтому передъ приступомъ къ работамъ слѣдуетъ опредѣлить опытнымъ путемъ коэффициенты поправки для базисовъ различной длины, опредѣленныхъ при помощи сдвинутой и раздвинутой рейки; опредѣленіе этихъ коэффициентовъ безусловно необходимо, если, напримѣръ, имѣются причины сомнѣваться въ точности разстоянія между ребрами колецъ рейки, подвергшейся изгибу или удару. Коэффициентъ этотъ долженъ быть принятъ во вниманіе при опредѣленіи точной длины базиса передъ вычисленіемъ координатъ точекъ мѣстности по формуламъ (9), для чего онъ записывается въ полевую книжку наряду съ другими данными, знаніе которыхъ необходимо при послѣдующемъ вычисленіи координатъ точекъ.

Во избѣжаніе грубой ошибки въ опредѣленіи длины базиса, полезно ее промѣрить непосредственно пеньковой рулеткой и

результатъ сравнить тутъ же съ приближенной длиной, опредѣленной на основаніи отсчетовъ по барабану.

### Причины, вліяющія на точность результатовъ съѣмки.

Если предположить, что во время экспозиціи пластинокъ фототеодолиты были установлены совершенно точно, и что найденная длина базиса свободна отъ всякихъ погрѣшностей,—все же координаты точекъ мѣстности, опредѣляемые по формуламъ (9), не могутъ быть вычислены съ абсолютной точностью, такъ какъ геометрическая правильность положенія изображенія на пластинкѣ данной точки мѣстности искажается отъ различныхъ причинъ: прогиба пластинки отъ дѣйствія пружинъ кассеты, прижимающихъ пластинку во время экспозиціи къ рамкѣ, отъ чего искажается значеніе величины  $F$  и положеніе изображеній точекъ на пластинкахъ; дрожанія воздуха, нагреваемого солнечными лучами; смѣщенія желатиннаго слоя подъ вліяніемъ появляющихся въ немъ натяженій при сушкѣ; рефракціи и пр. Вліяніе совокупности этихъ причинъ едва ли вообще можетъ быть оцѣнено или уничтожено; кромѣ того, конструкція и установка фототеодолита можетъ заключать нѣкоторыя погрѣшности, и самое опредѣленіе входящихъ въ формулы (9) величинъ  $a$ ,  $x$  и  $y$  производится на стереокомпараторѣ съ нѣкоторой, хотя и очень большой, но не абсолютной точностью.

Величина  $a$  опредѣляется на стереокомпараторѣ числомъ оборотовъ микрометричнаго винта, шагъ котораго равенъ 1 мм. Винтъ имѣетъ головку въ видѣ барабана, раздѣленнаго по окружности на 100 частей; измѣненіе величины  $a$  можетъ быть уже обнаружено на пластинкѣ при поворотѣ барабана на  $\frac{1}{5}$  промежутка между двумя дѣленіями, или съ точностью до 0,002 мм.

Начальная установка барабана, соотвѣтствующая отсчету 0, производится путемъ совмѣщенія визирныхъ осей стереомикроскопа съ центрами мѣтокъ соотвѣтствующихъ пластинокъ. Діаметръ мѣтки равняется 0,15 мм.; несмотря на точность примѣняемаго способа совмѣщенія—описаннаго ниже,—таковая едва ли превышаетъ  $\frac{1}{30}$  діаметра мѣтки или 0,005 мм. Въ виду того, что установка производится по двумъ мѣткамъ, точность ея опредѣлится въ 0,010 мм.

Установка самого барабана на начальный, нулевой, отсчетъ

производится по индексу, причемъ погрѣшностью при этой установкѣ, какъ весьма малой, мы пренебрегаемъ.

Такимъ образомъ точность опредѣленія величинъ  $a$  по барабану, зависящая отъ точности начальной установки барабана и точности отсчетовъ по немъ, будетъ

$$0,010 + 0,002 = 0,012 \text{ мм.},$$

и наибольшее значеніе погрѣшности при опредѣленіи, равное половинѣ вышеозначенной величины, будетъ

|                                       |                   |         |
|---------------------------------------|-------------------|---------|
| При на-<br>чальной<br>уста-<br>новкѣ. | При от-<br>счетѣ. | Полная. |
|---------------------------------------|-------------------|---------|

$$\Delta a = 0,005 + 0,001 = 0,006 \text{ мм.} = 0,000006 \text{ м.}$$

Величины  $x$  и  $y$  опредѣляются при помощи масштабныхъ шкалъ съ ноніусами; точность послѣднихъ равняется 0,02 мм., и по нимъ возможно дѣлать отсчеты, оцѣнивая положеніе смежныхъ совпадающихъ дѣленій шкалы и ноніуса на глазъ, съ точностью до 0,01 мм.; наибольшее значеніе погрѣшности при этомъ будетъ 0,005 мм. Такъ какъ погрѣшность при опредѣленіи величинъ  $x$  и  $y$  будетъ зависѣть какъ отъ погрѣшности при установкѣ лѣвой визирной оси стереомикроскопа по центру мѣтки или острію треугольнаго выступа, такъ и отъ погрѣшностей при начальной установкѣ ноніусовъ и при отсчетахъ по шкаламъ, то, оцѣнивая наибольшую величину каждой изъ упомянутыхъ погрѣшностей въ 0,005 мм.,—что соотвѣтствуетъ точности установки визирной оси стереомикроскопа на центрѣ марки или на остріѣ треугольнаго выступа въ 0,010 мм. и такой же точности начальной установки ноніусовъ и отсчетовъ по шкаламъ,—найдемъ, что наибольшія абсолютныя значенія полныхъ погрѣшностей наблюденія, слагаясь изъ наибольшихъ абсолютныхъ значеній вышеупомянутыхъ частныхъ погрѣшностей, будутъ:

|                               |                |         |
|-------------------------------|----------------|---------|
| При начальной уста-<br>новкѣ. | при<br>отсчетѣ | полная. |
|-------------------------------|----------------|---------|

$$(\Delta x) = \overbrace{0,005 + 0,005} + \overbrace{0,005} = \overbrace{0,015} \text{ мм.} = 0,000015 \text{ м.}$$

|                               |                |         |
|-------------------------------|----------------|---------|
| При начальной уста-<br>новкѣ. | при<br>отсчетѣ | полная. |
|-------------------------------|----------------|---------|

$$(\Delta y) = \overbrace{0,005 + 0,005} + \overbrace{0,005} = \overbrace{0,015} \text{ мм.} = 0,000015 \text{ м.}$$

Выборъ длины базиса въ зависимости отъ допускаемой погрѣшности въ опредѣленіи координатъ  $Z$ ,  $X$  и  $Y$ , вызываемой погрѣшностями наблюденія въ стереоскопаторѣ.

Дифференцируя первое изъ ур-ій (9)

$$Z = \frac{B}{a} F,$$

получимъ

$$dZ = - \frac{B}{a^2} F da \dots \dots \dots (28)$$

Изъ перваго ур-ія (9) можемъ написать:

$$B = \frac{Za}{F} \dots \dots \dots (29)$$

и

$$\frac{1}{a} = \frac{Z}{BF}, \dots \dots \dots (30)$$

откуда

$$dZ = - \frac{Z}{a} da = - \frac{Z^2}{BF} da \dots \dots \dots (31)$$

Главное фокусное разстояніе объектива  $F$  есть величина постоянная, равная 128 мм. или 0,128 м. Выражая все въ метрахъ и замѣняя дифференціалы наибольшими значеніями погрѣшностей, найдемъ абсолютную величину наибольшей погрѣшности въ опредѣленіи  $Z$ :

$$(\Delta Z) = \frac{Z^2}{B} \cdot \frac{0,000006}{0,128}, \dots \dots \dots (32)$$

откуда

$$B = \frac{Z^2}{\Delta Z} \cdot \frac{0,000006}{0,128} \dots \dots \dots (33)$$

Предположимъ, что ошибка въ опредѣленіи  $Z$  не должна превышать  $\Delta Z_k$ ; тогда будемъ имѣть:

$$B \geq \frac{0,000006}{0,128 \Delta Z_k} \cdot Z^2 \dots \dots \dots (34)$$

или, замѣняя  $Z$  черезъ  $D$ , гдѣ  $D$  есть дистанція съёмки:

$$B \geq \frac{0,0000469}{\Delta Z_k} D^2, \dots \dots \dots (35)$$

гдѣ  $B$ ,  $\Delta Z_k$  и  $D$  выражены въ метрахъ; выражая  $B$  и  $\Delta Z_k$  въ саженахъ, а  $D$ — въ верстахъ, получимъ

$$B \geq \frac{11,72}{\Delta Z_k} D^2 \dots \dots \dots (36)$$

Изъ формулъ (35) и (36) слѣдуетъ, что при томъ же значеніи наибольшей допускаемой погрѣшности  $\Delta Z_k$  въ опредѣленіи координатъ  $Z$ , длина базиса  $B$  прямо пропорціональна квадрату дистанціи съемки  $D$ .

Формулы (35) и (36) примѣнимы тогда, когда съемка производится по второму способу, т. е. базируется на магистрали, на которой располагаются стоянки фототеодолитовъ, — равно какъ и вообще въ тѣхъ случаяхъ, когда положеніе базиса на планѣ опредѣляется не на основаніи данныхъ фототеодолитной съемки, но независимо отъ послѣдней.

Такъ, напримѣръ, если стоянка расположена на магистрали въ 2 верстахъ отъ снимаемой мѣстности, а зависящая отъ  $Z$  погрѣшность въ планѣ не должна превышать 2 сажень, то базисъ не долженъ быть менѣе

$$\frac{11,72}{2} \cdot 2^2 = 23 \text{ саж.}$$

Если же самое положеніе базиса на планѣ опредѣляется изъ данныхъ фототеодолитной съемки, т. е. послѣдняя производится по первому или по третьему изъ вышеизложенныхъ способовъ, — то при опредѣленіи длины базиса слѣдуетъ руководствоваться наибольшей допускаемой величиной не относительной погрѣшности  $\Delta Z_J$  въ опредѣленіи координаты  $Z_J$  точки  $J$  относительно базиса, но абсолютной погрѣшности  $\Delta Z'_J$  въ опредѣленіи координаты  $Z'_J$  точки  $J$  относительно нѣкоторой точки  $M$  магистрали, на которой базируется съемка, или, что то же, — наибольшей допускаемой величиной абсолютной погрѣшности въ опредѣленіи разности координатъ  $Z$  точекъ  $J$  и  $M$ ; при этомъ, какъ нетрудно видѣть, погрѣшности въ опредѣленіи координатъ точекъ, зависящія отъ погрѣшности при начальной установкѣ барабана стереокомпаратора, будутъ входить въ значенія координатъ всѣхъ точекъ мѣстности съ одинаковымъ знакомъ: какъ въ значенія координатъ связующихъ и контрольных точекъ или точекъ магистрали, на которыхъ базируется съемка, — такъ и въ значенія координатъ всякихъ другихъ точекъ мѣстности, — и при этомъ въ значительной мѣрѣ компенсироваться. Дѣйствительно, если при опредѣленіи положенія базиса на планѣ, т. е. при опредѣленіи координаты  $Z_M$  относительно базиса нѣкоторой точки  $M$  магистрали была сдѣлана погрѣшность  $\Delta Z_M$ , то наибольшая величина ея, по формулѣ (32), будетъ:

$$\Delta Z_M = \frac{Z_M^2}{B} \frac{0,000006}{0,128} \dots \dots \dots (37)$$

или

$$\Delta Z_M = \frac{Z_M^2}{B} \cdot \frac{0,000005}{0,128} + \frac{Z_M^2}{B} \cdot \frac{0,000001}{0,128}, \quad . \quad . \quad . \quad (38)$$

гдѣ первый членъ формулы (38) выражаетъ наибольшее значеніе погрѣшности  $\Delta Z_M$  отъ неточности начальной установки барабана, и второй—наибольшее значеніе погрѣшности отъ неточности чтенія по барабану.

Если при опредѣленіи положенія нѣкоторой точки  $J$  въ ея координатѣ  $Z_J$  относительно базиса была сдѣлана погрѣшность, то наибольшая величина  $\Delta Z_J$  этой погрѣшности напишется аналогично выраженію

$$\Delta Z_J = \frac{Z_J^2}{B} \cdot \frac{0,000005}{0,128} + \frac{Z_J^2}{B} \cdot \frac{0,000001}{0,128} \quad . \quad . \quad . \quad (39)$$

Такъ какъ погрѣшности при опредѣленіи  $Z_M$  и  $Z_J$ , зависящія отъ неточности начальной установки барабана, входятъ въ формулы одновременно и притомъ съ одинаковымъ знакомъ, то наибольшее значеніе погрѣшности  $\Delta Z_J$  въ опредѣленіи разности координатъ  $(Z_J - Z_M)$  будетъ имѣть мѣсто тогда, когда погрѣшности при опредѣленіи  $Z_M$  и  $Z_J$ , зависящія отъ неточности чтенія по барабану, войдутъ съ противоположными знаками. Поэтому, на основаніи формулъ (38) и (39), наибольшее значеніе погрѣшности  $\Delta Z'_J$  въ опредѣленіи разности координатъ  $(Z_J - Z_M)$  будетъ равняться разности наибольшихъ значеній погрѣшностей отъ неточности начальной установки барабана, сложенной съ суммой наибольшихъ значеній погрѣшностей отъ неточности отсчетовъ по немъ — для обѣихъ точекъ  $M$  и  $J$ , т. е.

$$\begin{aligned} \Delta Z'_J = \Delta Z_J - \Delta Z_M = & \frac{0,000005}{0,128} \cdot \frac{Z_J^2 - Z_M^2}{B} + \\ & + \frac{0,000001}{0,128} \frac{Z_J^2 + Z_M^2}{B} \quad . \quad . \quad . \quad (40) \end{aligned}$$

Если ширина подлежащей съемки полосы мѣстности въ каждую сторону отъ магистрали, или вообще наибольшая разность координатъ  $Z$  точекъ мѣстности и точки  $M$ , на которой базируется съемка, равняется  $L$ , т. е.

$$\max (Z_J - Z_M) = L,$$

то формула (40) напишется въ видѣ

$$\Delta Z'_J = \frac{0,000001}{0,128} \cdot \frac{6(Z_{\text{ж}} + L)^2 - 4Z_{\text{ж}}^2}{B} =$$

$$= \frac{0,000002}{0,128} \frac{Z_{\text{ж}}^2 + 6Z_{\text{ж}}L + 3L^2}{B}, \quad . \quad . \quad . \quad (41)$$

откуда

$$B = \frac{0,000002}{0,128} \frac{Z_{\text{ж}}^2 + 6Z_{\text{ж}}L + 3L^2}{\Delta Z'_J} \quad . \quad . \quad . \quad (42)$$

Предположимъ, что наибольшее значеніе погрѣшности  $\Delta Z'_J$  въ опредѣленіи разности координатъ  $(Z_J - Z_{\text{ж}})$  не должно превышать нѣкоторой величины  $\Delta Z_{(k)}$ , т. е.

$$\Delta Z'_J = \Delta Z_J - \Delta Z_{\text{ж}} \leq \Delta Z_{(k)} \quad . \quad . \quad . \quad (43)$$

Необходимое значеніе  $B$  найдется при этомъ изъ формулъ (42) и (43) и напишется:

$$B \geq \frac{0,000002}{0,128} \frac{Z_{\text{ж}}^2 + 6Z_{\text{ж}}L + 3L^2}{\Delta Z_{(k)}} \quad . \quad . \quad . \quad (44)$$

или, замѣняя  $Z_{\text{ж}}$  черезъ  $D$ , гдѣ  $D$  есть дистанція съёмки, получимъ

$$B \geq \frac{0,0000156}{\Delta Z_{(k)}} (D^2 + 6DL + 3L^2), \quad . \quad . \quad . \quad (45)$$

гдѣ  $B$ ,  $\Delta Z_{(k)}$ ,  $D$  и  $L$  выражены въ метрахъ. Выражая  $B$  и  $\Delta Z_{(k)}$  въ саженьяхъ, а  $D$  и  $L$ —въ верстахъ, получимъ:

$$B \geq \frac{3,91}{\Delta Z_{(k)}} (D^2 + 6DL + 3L^2) \quad . \quad . \quad . \quad (46)$$

Такъ, напримѣръ, если стоянка, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, расположена на разстояніи 2 версты отъ снимаемой полосы мѣстности, посрединѣ которой разбита магистраль, причёмъ мѣстность должна быть заснята на 100 саж. = 0,2 версты въ обѣ стороны отъ магистрали, и погрѣшность въ координатахъ  $Z$  точекъ мѣстности, нанесенныхъ на планъ отъ магистрали, не должна превосходить 2 сажень, то базисъ долженъ быть не менѣ

$$\frac{3,91}{2} (2^2 + 6 \cdot 2 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2^2) = 13 \text{ саж.}$$

Ошибка въ опредѣленіи координатъ  $Y$  точекъ и, слѣдовательно, отбѣтокъ послѣднихъ зависитъ отъ погрѣшностей при опредѣленіи  $a$  и  $y$ . Дифференцируя третье изъ ур-ій (9)

$$Y = \frac{B}{a} y,$$

напишемъ

$$dY = -\frac{B}{a^2} y \cdot da + \frac{B}{a} dy \quad . \quad . \quad . \quad (47)$$

Замѣняя дифференціалы наибольшими значеніями погрѣшностей и замѣчая, что  $y$ ,  $\Delta a$  и  $\Delta y$  могутъ вообще имѣть различные знаки, найдемъ, что наибольшее значеніе погрѣшностей при опредѣленіи  $Y$  будетъ

$$\Delta Y = -\frac{B}{a^2} y \cdot \Delta a + \frac{B}{a} \Delta y \quad . \quad . \quad . \quad (48)$$

Раздѣляя ур-іе (48) на первое изъ ур-ій (9), получимъ

$$\frac{\Delta y}{Z} = -\frac{1}{aF} y \Delta a + \frac{1}{F} \Delta y \quad . \quad . \quad . \quad (49)$$

или, на основаніи ур-ія (30),

$$\frac{\Delta y}{Z} = -\frac{Z}{BF^2} y \Delta a + \frac{1}{F} \Delta y \quad . \quad . \quad . \quad (50)$$

Если погрѣшность въ опредѣленіи  $Y$  не должна превышать  $\Delta Y_{(k)}$ , то на основаніи формулы (50) напишемъ:

$$\Delta Y_{(k)} \geq -\frac{Z^2}{BF^2} y \Delta a + \frac{Z}{F} \Delta y \quad . \quad . \quad . \quad (51)$$

Наибольшее значеніе  $y$ , соответствующее нормальному положенію центра объектива на уровнѣ середины пластинки, равняется половинѣ высоты послѣдней, т. е.

$$\max (y) = 39 \text{ мм} = 0,039 \text{ м.}$$

Подставляя въ ур-іе (51) вмѣсто  $y$ ,  $\Delta a$  и  $\Delta y$  наибольшія ихъ абсолютныя значенія, со знаками, соответствующими maximum'у правой части, получимъ:

$$\Delta Y_{(k)} \geq -\frac{Z^2}{BF^2} 0,039 (-0,000006) + \frac{Z}{F} 0,000015 \quad . \quad (52)$$

Замѣчая, что  $F = 0,128 \text{ м.}$ , и замѣняя въ формулѣ (52)  $Z$  черезъ  $D$ , гдѣ  $D$  есть дистанція съемки, получимъ:

$$\Delta Y_{(k)} \geq 0,00001428 \frac{D^2}{B} + 0,00011719 D, \quad . \quad . \quad (53)$$

откуда:

$$B \geq \frac{0,00001428}{\Delta Y_{(k)} - 0,00011719 D} D^2, \quad . \quad . \quad . \quad (54)$$

гдѣ  $B$ ,  $\Delta Y_k$  и  $D$  выражены въ метрахъ; выражая  $B$  и  $\Delta Y_{(k)}$  въ саженьяхъ и  $D$  — въ верстахъ, получимъ

$$B > \frac{3,57}{\Delta Y_{(k)} - 0,059 D} D^2 . . . . . (55)$$

Формулы (54) и (55) примѣнимы тогда, когда съемка производится по второму способу, т. е. базируется на магистрали, на которой располагаются стоянки фототеодолитовъ, — равно какъ и вообще въ тѣхъ случаяхъ, когда отмѣтка центра объектива лѣваго фототеодолита опредѣляется не на основаніи данныхъ фототеодолитной съемки, но независимо отъ послѣдней.

Такъ, напримѣръ, если стоянка расположена на магистрали, разбитой въ 2 верстахъ отъ снимаемой мѣстности, и погрѣшность въ опредѣленіи отмѣтокъ не должна превышать 0,50 саж., то длина базиса должна быть не менѣе.

$$\frac{3,57}{0,50 - 0,059 \cdot 2} \cdot 2^2 = 37 \text{ саж.}$$

Если для вѣкоторой точки снимаемой мѣстности

$$y = 0,$$

т. е. данная точка находится на горизонтѣ оптической оси объектива лѣваго фототеодолита, или вѣрнѣе—въ плоскости координатныхъ осей  $ZX$ ,—то формула (50) принимаетъ видъ.

$$\frac{\Delta Y}{Z} = \frac{1}{F} \Delta y . . . . . (50 \text{ bis})$$

Такъ какъ наибольшее значеніе правой части равно

$$\frac{0,000015}{0,128} = \infty 0,00012,$$

то наибольшее значеніе возможной погрѣшности  $\Delta Y$  будетъ

$$\Delta Y = \infty 0,00012 Z = \infty 0,00012 D,$$

т. е. 0,012% отъ  $D$ , независимо отъ длины базиса.

Изъ разсмотрѣнія формулы (54) слѣдуетъ, что вообще значеніе

$$\Delta Y_{(k)} = \infty 0,00012 D$$

есть предѣлъ для наименьшихъ практически-достижимыхъ значеній наибольшихъ допускаемыхъ погрѣшностей въ отмѣткахъ точекъ мѣстности, такъ какъ при такой, напередъ заданной для всѣхъ точекъ мѣстности, наибольшей погрѣшности въ опредѣленіи отмѣтокъ длина базиса

$$B = \infty.$$

Изъ формулы (48) и ея слѣдствій явствуеъ, что отмѣтки точекъ мѣстности, расположенныхъ на горизонтѣ оптической оси объектива лѣваго фототеодолита, или, что почти то же—на одной высотѣ со стоянкой, опредѣляются съ наибольшей точностью; отсюда слѣдуетъ, что мѣсто стоянки фототеодолитовъ, для полученія возможно точныхъ отмѣтокъ снимаемой мѣстности, слѣдуетъ выбирать на одной высотѣ со серединой снимаемой полосы мѣстности, или на высотѣ будущей трассы.

Въ случаѣ, если при экспозиціи объективная доска была передвинута, или если снимаемая полоса мѣстности занимаетъ по высотѣ лишь ближайшую къ серединѣ часть пластинки—какъ это и бываетъ въ большинствѣ случаевъ, то значеніе  $y$  должно быть введено въ формулы (52) и послѣдующія соотвѣтственно измѣнены.

При съемкѣ полосы мѣстности съ разбитою на ней и обозначенною сигналами магистралю длина базиса опредѣлится изъ слѣдующихъ соображеній:

Такъ какъ координата  $Y_J$  нѣкоторой—любой—точки  $J$  мѣстности опредѣляется по второму ур-ю (9) вообще съ нѣкоторой погрѣшностью, зависящей отъ погрѣшностей при начальной установкѣ барабана и шкалы и отъ погрѣшностей при отсчетахъ по таковымъ, то между истинной и вычисленной отмѣткой точки будетъ нѣкоторая разница, равная

$$\Delta Y_J = \frac{B}{a_J} y_J - \frac{B}{a_J \pm \Delta a_0 \pm \Delta a'} (y_J \pm \Delta y_0 \pm \Delta y'), \quad . \quad . \quad (56)$$

гдѣ

|              |      |             |     |           |           |              |
|--------------|------|-------------|-----|-----------|-----------|--------------|
| $\Delta a_0$ | есть | погрѣшность | при | начальной | установкѣ | барабана,    |
| $\Delta a'$  | "    | "           | "   | "         | отсчетъ   | по барабану, |
| $\Delta y_0$ | "    | "           | "   | "         | начальной | установкѣ    |
| $\Delta y'$  | "    | "           | "   | "         | отсчетъ   | по шкалѣ     |

Аналогично выразится разница между истинной и вычисленной отмѣткой точки  $M$ , на которой базируется съемка:

$$\Delta Y_M = \frac{B}{a_M} y_M - \frac{B}{a_M \pm \Delta a_0 \pm \Delta a'} (y_M \pm \Delta y_0 \pm \Delta y') \quad . \quad . \quad (57)$$

При этомъ въ формулы (56) и (57) величины  $\Delta a_0$  и  $\Delta y_0$ , зависящія отъ начальной установки барабана и шкалы, входятъ каждая съ постояннымъ знакомъ и значеніемъ, тогда какъ величины  $\Delta a'$  и

$\Delta y'$ , зависящія отъ отсчетовъ, могутъ принимать различные знаки и значенія въ предѣлахъ возможныхъ.

Зная отмѣтку точки  $M$  и разность отмѣтокъ точекъ  $J$  и  $M$ , мы можемъ опредѣлить отмѣтку точки  $J$ ; разность же отмѣтокъ  $J$  и  $M$  опредѣляется не непосредственно, а при помощи опредѣленія разностей отмѣтокъ центра объектива лѣваго фототеодолита и каждой изъ точекъ  $J$  и  $M$ . Поэтому, если въ опредѣленіе разности отмѣтокъ центра объектива лѣваго фототеодолита и точки  $J$  вошла погрѣшность  $+\Delta Y_J$ , а въ опредѣленіе разности отмѣтокъ центра объектива лѣваго фототеодолита и точки  $M$  вошла погрѣшность  $+\Delta Y_M$ , то, называя истинную отмѣтку центра объектива фототеодолита черезъ  $H_0$ , а истинныя отмѣтки точекъ  $J$  и  $M$  такими же буквами со знакомъ  $_0$ , напомнимъ:

$$\left. \begin{aligned} M_0 &= H_0 + Y_M - \Delta Y_M \\ J_0 &= H_0 + Y_J - \Delta Y_J \end{aligned} \right\}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (58)$$

откуда истинная разность отмѣтокъ точекъ  $J$  и  $M$  будетъ:

$$J_0 - M_0 = Y_J - Y_M - (\Delta Y_J - \Delta Y_M), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (59)$$

а погрѣшность въ опредѣленіи истинной разности отмѣтокъ будетъ:

$$(Y_J - Y_M) - (J_0 - M_0) = \Delta Y_J - \Delta Y_M, \quad . \quad . \quad . \quad (60)$$

т. е. будетъ равняться разности погрѣшностей при опредѣленіи разностей отмѣтокъ центра объектива лѣваго фототеодолита и каждой изъ точекъ  $J_0$  и  $M_0$ . Наибольшая погрѣшность въ опредѣленіи истинной разности отмѣтокъ и, слѣдовательно, въ вычисленіи самыхъ отмѣтокъ точекъ мѣстности на основаніи отмѣтки выбранной точки будетъ при этомъ равняться наибольшей разности погрѣшностей при опредѣленіи разностей отмѣтокъ центра объектива лѣваго фототеодолита  $H_0$  и каждой изъ точекъ  $J$  и  $M$ . Въ свою очередь, эта разность погрѣшностей принимаетъ, подъ вліяніемъ знаковъ при погрѣшностяхъ наблюденія  $\Delta a_0$ ,  $\Delta a'$ ,  $\Delta y_0$  и  $\Delta y'$ , различные значенія, причемъ наибольшему значенію разности соответствуетъ опредѣленная комбинація знаковъ при погрѣшностяхъ наблюденія для каждаго изъ разсмотрѣнныхъ ниже положеній фототеодолитной стоянки по высотѣ относительно снимаемой полосы мѣстности.

Замѣтимъ, что, согласно вышеизложенному, наибольшія абсолютныя величины погрѣшностей наблюденія будутъ:

$$\left. \begin{array}{llll} \text{Наибольшая абс. величина } \Delta a_0 = 0,000005 \text{ м.} \\ \text{» » » } \Delta a' = 0,000001 \text{ м.} \\ \text{» » » } \Delta y_0 = 0,000010 \text{ м.} \\ \text{» » » } \Delta y' = 0,000005 \text{ м.} \end{array} \right\} \dots \dots \dots (61)$$

Въ большинствѣ случаевъ мѣстность, подлежащая съемкѣ, представляетъ обращенный къ стоянкѣ склонъ; назовемъ уклонъ послѣдняго по направленію къ стоянкѣ черезъ  $i$ . Называя далѣе: превышеніе исходной точки  $M$ , т. е. такой, отмѣтка которой служить для опредѣленія отмѣтокъ всѣхъ остальныхъ точекъ мѣстности и опредѣлена нивелировкой или тригонометрически,—надъ отмѣткой центра объектива лѣваго фототеодолита черезъ  $H$ ; дистанцію съемки, т. е. разстояніе отъ стоянки до исходной точки  $M$  по оси  $Z$ -овъ, равное  $Z_m$ , черезъ  $D$ ; ширину въ планѣ полосы мѣстности, подлежащей съемкѣ, въ каждую сторону отъ точки  $M$ , черезъ  $L$ , и координаты нѣкоторой отдаленной точки  $I$  мѣстности, лежащей далѣе и выше точки  $M$ , черезъ  $Z_J$  и  $Y_J$ ,—будемъ имѣть:

$$\left. \begin{array}{l} Z_J = D + L \\ Y_J = H + iL \end{array} \right\} \dots \dots \dots (62)$$

*1-й случай:* стоянка расположена ниже точекъ  $M$  и  $J$ , т. е.

$$Y_J > Y_m > 0.$$

Пусть (фиг. 20) истинное расположеніе точекъ  $M$  и  $J$  мѣстности соответствуетъ значку  $o$ ; подъ вліяніемъ погрѣшности  $\Delta a_0$  оно искажается, и мѣста точекъ какъ-бы переходятъ въ положеніе 1; подъ вліяніемъ погрѣшностей  $\Delta a'$  они переходятъ въ положеніе 2; подъ вліяніемъ погрѣшности  $\Delta y_0$  они переходятъ въ положеніе 3, и, наконецъ, подъ вліяніемъ погрѣшности  $\Delta y'$  они переходятъ въ положеніе 4, причемъ истинная разность отмѣтокъ

$$J_0 - M_0 = iL \dots \dots \dots (63)$$

переходить въ искаженную

$$J_1 - M_1 = iL + \Delta Y_J - \Delta Y_m, \dots \dots \dots (64)$$

гдѣ  $\Delta Y_J$  есть погрѣшность въ опредѣленіи координаты  $Y_J$  точки  $J$ , и  $\Delta Y_m$ —погрѣшность въ опредѣленіи координаты  $Y_m$  точки  $M$ .

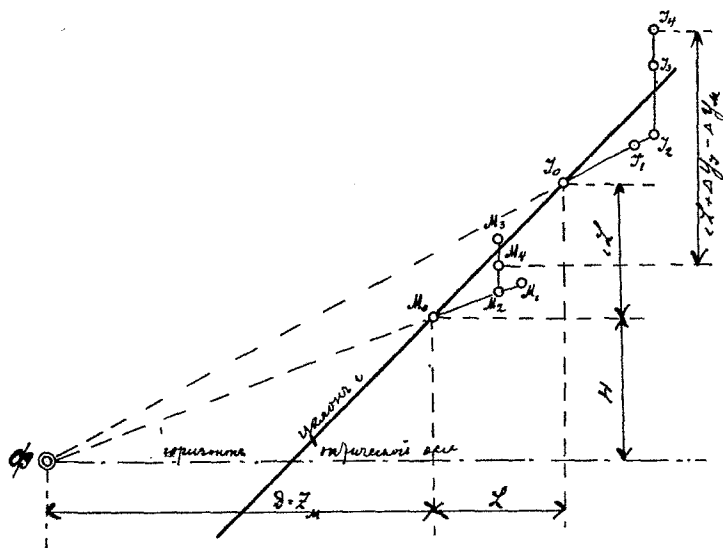
Такимъ образомъ погрѣшность въ опредѣленіи разности отмітокъ точекъ  $J$  и  $M$ , или, что то же, въ опредѣленіи отмітки точки  $J$  на основаніи извѣстной отмітки точки  $M$  будетъ равняться разности погрѣшностей

$$\Delta Y_J - \Delta Y_M,$$

зависящихъ отъ погрѣшностей наблюденія  $\Delta a_0$ ,  $\Delta a'$ ,  $\Delta y_0'$  и  $\Delta y'$ . Какъ усматривается изъ фиг. 20, наибольшему значенію разности

$$\Delta Y_J - \Delta Y_M$$

соотвѣтствуютъ наибольшія по абсолютной величинѣ значенія по-



Фиг. 20.

грѣшностей наблюденія, причемъ знаки при послѣднихъ, удовлетворяя условію одинаковыхъ знаковъ при  $\Delta a_0$  и  $\Delta y_0$ , будутъ:

|                     | $\Delta a_0$ | $\Delta a'$ | $\Delta y_0$ | $\Delta y'$ |            |
|---------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| для точки $J$ . . . | —            | —           | +            | +           | . . . (65) |
| для точки $M$ . . . | —            | +           | +            | —           |            |

На основаніи формулъ (56), (57) и (60) и выраженій (61) и

(65) найдемъ, что наибольшая погрѣшность въ опредѣленіи отмѣтки точки  $J$  на основаніи отмѣтки точки  $M$  будетъ:

$$\begin{aligned} \max. [\Delta Y_J - \Delta Y_M] &= \left[ \frac{B}{a_J - \Delta a_0 - \Delta a'} (y_J + \Delta y_0 + \Delta y') - \frac{B}{a_J} y_J \right] - \\ &- \left[ \frac{B}{a_M - \Delta a_0 + \Delta a'} (y_M + \Delta y_0 - \Delta y') - \frac{B}{a_M} y_M \right] = \\ &= \left[ \frac{B}{a_J - 0,000006} (y_J + 0,000015) - \frac{B}{a_J} y_J \right] - \\ &- \left[ \frac{B}{a_M - 0,000004} (y_M + 0,000005) - \frac{B}{a_M} y_M \right] = \\ &= \frac{Ba_J (y_J + 0,000015) - By_J (a_J - 0,000006)}{a_J (a_J - 0,000006)} - \\ &- \frac{Ba_M (y_M + 0,000005) - By_M (a_M - 0,000004)}{a_M (a_M - 0,000004)} . . . . (66) \end{aligned}$$

Пренебрегая въ знаменателяхъ произведеніями  $0,000006 a_J$  и  $0,000004 a_M$ , по малости ихъ, напишемъ выраженіе (66) въ видѣ:

$$\begin{aligned} \max. [\Delta Y_J - \Delta Y_M] &= \frac{Ba_J (y_J + 0,000015) - By_J (a_J - 0,000006)}{a_J^2} - \\ &- \frac{Ba_M (y_M + 0,000005) - By_M (a_M - 0,000004)}{a_M^2} = \\ &= 0,000001 B \left( 6 \frac{Y_J}{a_J^2} + 15 \frac{1}{a_J} - 4 \frac{y_M}{a_M^2} - 5 \frac{1}{a_M} \right) . . . (67) \end{aligned}$$

Принимая во вниманіе, что, на основаніи ур-ій (9),

$$\frac{1}{a} = \frac{Z}{BF},$$

и

$$\frac{y}{a} = \frac{Y}{B},$$

напишемъ выраженіе (67) въ видѣ:

$$\begin{aligned} \max. [\Delta Y_J - \Delta Y_M] &= \frac{0,000001}{F} \left( 6 \frac{Y_J Z_J}{B} + \right. \\ &+ 15 Z_J - 4 \frac{Y_M Z_M}{B} - 5 Z_M \left. \right), . . . . (68) \end{aligned}$$

или, на основаніи обозначеній (62),

$$\begin{aligned} \max. [\Delta Y_J - \Delta Y_M] &= \frac{0,000001}{F} \left[ 6 \frac{iL(D+L) + H\left(\frac{1}{3}D+L\right)}{B} + \right. \\ &+ 10D + 15L \left. \right] . . . . (69) \end{aligned}$$

Если погрѣшность въ опредѣленіи отмѣтки точки  $J$  изъ известной отмѣтки точки  $M$ , или, что то же, въ опредѣленіи разности отмѣтокъ точекъ  $J$  и  $M$ , не должна превышать нѣкоторой величины  $\Delta Y_{(k)}$ , т. е.

$$\max. [\Delta Y_J - \Delta Y_M] \leq \Delta Y_{(k)}, \quad . . . . . (70)$$

то

$$\Delta Y_{(k)} \geq \frac{0,000001}{F} \left[ 6 \frac{iL(D+L) + H\left(\frac{1}{3}D+L\right)}{B} + 10D + 15L \right]. \quad (71)$$

откуда

$$B \geq 6 \frac{iL(D+L) + H\left(\frac{1}{3}D+L\right)}{\frac{F \cdot \Delta Y_{(k)}}{0,000001} - 10D - 15L},$$

или, при  $F = 0,128$  м.,

$$B \geq 0,0000469 \frac{iL(D+L) + H\left(\frac{1}{3}D+L\right)}{\Delta Y_{(k)} - 0,0000781 D - 0,0001172 L}, \quad . . . (72)$$

гдѣ  $B$ ,  $\Delta Y_{(k)}$ ,  $D$ ,  $L$  и  $H$  выражены въ метрахъ; выражая  $B$  и  $\Delta Y_{(k)}$  въ сажняхъ, а  $L$ ,  $D$  и  $H$ —въ верстахъ, будемъ имѣть:

$$B \geq 11,72 \frac{iL(D+L) + H\left(\frac{1}{3}D+L\right)}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}, \quad . . . (73)$$

откуда и можетъ быть найдено  $B$ .

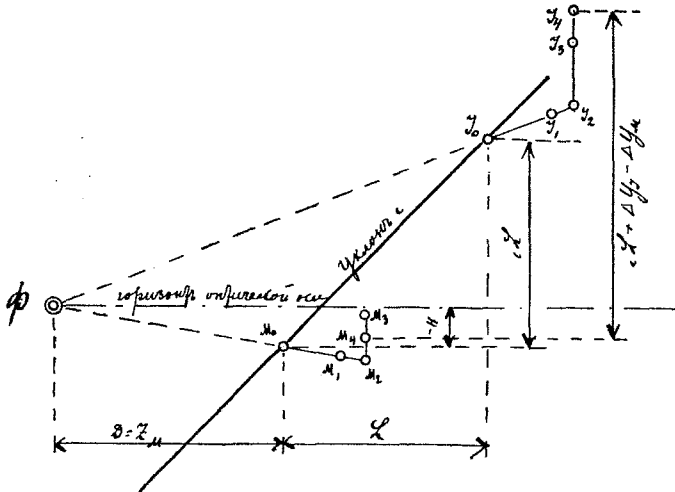
Такъ, напримѣръ, если магистраль, разбитая посрединѣ подлежащей съемкѣ полосы мѣстности, расположена въ разстояніи 2 версты отъ стоянки, причѣмъ мѣстность имѣетъ скатъ къ стоянкѣ въ 0,5,—соотвѣтствующій двойному откосу—и должна быть заснята на 100 саж. = 0,2 версты въ обѣ стороны отъ магистрали, стоянка же расположена по высотѣ на 50 саж. = 0,1 версты ниже точки магистрали, изъ отмѣтки которой опредѣляются отмѣтки точекъ мѣстности,—то, чтобы ошибки въ опредѣленіи отмѣтокъ точекъ мѣстности, вычисленныя на основаніи отмѣтки вышеупомянутой точки магистрали, не превышали 0,50 саж.,—базисъ долженъ имѣть длину не менѣе

$$11,72 \frac{0,5 \cdot 0,2 (2 + 0,2) + 0,1 \left(\frac{1}{3} \cdot 2 + 0,2\right)}{0,50 - 0,039 \cdot 2 - 0,059 \cdot 0,2} = 9 \text{ саж.}$$

*2-й случай:* стоянка расположена выше точки  $M$ , но ниже точки  $J$ , т. е.

$$Y_J > 0 > Y_M.$$

Пусть (фиг. 21) истинное расположение точек  $M$  и  $J$  мѣстности соответствуетъ значку 0; подъ вліяніемъ погрѣшности  $\Delta a_0$  оно искажается, и мѣста точекъ какъ бы переходятъ въ положеніе 1; подъ вліяніемъ погрѣшностей  $\Delta a'$  они переходятъ въ положеніе 2; подъ вліяніемъ погрѣшности  $\Delta y_0$  они переходятъ въ положеніе 3,



Фиг. 21.

и, наконецъ, подъ вліяніемъ погрѣшностей  $\Delta y'$  мѣста точекъ переходятъ въ положеніе 4, причемъ истинная разность отиѣтокъ

$$J_0 - M_0 = iL. \quad (74)$$

переходить въ искаженную

$$J_4 - M_4 = iL + \Delta Y_J - \Delta Y_M. \quad (75)$$

Соотвѣтственно этому, знаки при погрѣшностяхъ наблюденія, соотвѣтствующихъ наибольшему значенію разности

$$\Delta Y_J - \Delta Y_M,$$

будутъ

|                 | $\Delta a_0$ | $\Delta a'$ | $\Delta y_0$ | $\Delta y'$ |            |
|-----------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| для точки $J$ . | —            | —           | +            | +           | . . . (76) |
| для точки $M$ . | —            | —           | +            | —           |            |

Изъ фиг. 21 непосредственно усматривается, что наибольшія абсолютныя значенія погрѣшностей наблюденія, при вышеприведен-

ной комбинаціи (76) знаковъ при этихъ погрѣшностяхъ, влекутъ за собою наибольшую погрѣшность въ опредѣленіи разности отмѣтокъ точекъ  $M$  и  $J$  или, что то же—въ опредѣленіи отмѣтки точки  $J$  изъ отмѣтки точки  $M$ , т. е. соответствуютъ

$$\max. (\Delta Y_J - \Delta Y_M),$$

удовлетворяя условію одинаковыхъ знаковъ при  $\Delta a_0$  и при  $\Delta y_0$  для всѣхъ точекъ.

На основаніи формулъ (56), (57) и (60) и выражений (61) и (76) найдемъ, что наибольшая погрѣшность въ опредѣленіи истинной разности отмѣтокъ точекъ  $J$  и  $M$  будетъ

$$\begin{aligned} \max. [\Delta Y_J - \Delta Y_M] &= \left[ \frac{B}{a_J - \Delta a_0 - \Delta a'} (y_J + \Delta y_0 + \Delta y') - \frac{B}{a_J} y_J \right] - \\ &- \left[ \frac{B}{a_M - \Delta a_0 - \Delta a'} (y_M + \Delta y_0 - \Delta y') - \frac{B}{a_M} y_M \right] = \\ &= \left[ \frac{B}{a_J - 0,000006} (y_J + 0,000015) - \frac{B}{a_J} y_J \right] - \\ &- \left[ \frac{B}{a_M - 0,000006} (y_M + 0,000005) - \frac{B}{a_M} y_M \right] . . . \quad (77) \end{aligned}$$

Поступая въ дальнѣйшемъ аналогично предыдущему, найдемъ выраженіе для  $B$ :

$$B \geq 0,0000469 \frac{iL(D+L) + HL}{\Delta Y_{(k)} - 0,0000781D - 0,0001172L}, . . . \quad (78)$$

гдѣ  $B$ ,  $\Delta Y_{(k)}$ ,  $D$ ,  $L$  и  $H$  выражены въ метрахъ. Выразая  $B$  и  $\Delta Y_{(k)}$  въ саженьяхъ, а  $D$ ,  $L$  и  $H$ —въ верстахъ, будемъ имѣть:

$$B \geq 11,72 \frac{iL(D+L) + HL}{\Delta Y_{(k)} - 0,39D - 0,059L}, . . . \quad (79)$$

откуда и можетъ быть найдено  $B$ .

Напримѣръ: при превышеніи стоянки фототеодолитовъ на 25 саж. = 0,05 версты надъ точкою магистрали, и при прочихъ данныхъ, одинаковыхъ съ данными предыдущаго примѣра, базисъ долженъ быть не менѣе

$$11,72 \frac{0,5 \cdot 0,2 (2 + 0,2) - 0,05 \cdot 0,2}{0,50 - 0,039 \cdot 2 - 0,059 \cdot 0,2} = 6 \text{ саж.}$$

Въ случаѣ, если стоянка расположена на одной отмѣткѣ съ точкой  $M$  магистрали, т. е. если  $H = 0$ , формулы (72) и (78) даютъ:

$$B \geq 0,0000469 \frac{iL(D+L)}{\Delta Y_{(k)} - 0,0000781D - 0,0001172L}, . . . \quad (80)$$

гдѣ  $B$ ,  $\Delta Y_{(k)}$ ,  $D$ ,  $L$  и  $H$  выражены въ метрахъ, а формулы (73) и (79) даютъ):

$$B \geq 11,72 \frac{iL(D+L)}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}, \quad . \quad . \quad . \quad (81)$$

гдѣ  $B$  и  $\Delta Y_{(k)}$  выражены въ саженьяхъ, а  $D$ ,  $L$  и  $H$ —въ верстахъ.

3-й случай: стоянка расположена выше точки  $J$ , т. е.

$$0 > Y_J > Y_m.$$

Прежде, чѣмъ приступить къ разбору этого случая, опредѣлимъ вліяніе погрѣшностей при опредѣленіи величины  $a$  на координату  $Y_J$  точки  $J$ : изъ ур-ія (47) имѣемъ:

$$dY_J = -\frac{B}{a^2_J} y_J da + \frac{B}{a_J} dy,$$

причемъ вліяніе погрѣшности при опредѣленіи  $a$  выражается первымъ членомъ ур-ія (47) и равно

$$Yd_J = -\frac{B}{a^2_J} y - da. \quad . \quad . \quad . \quad (82)$$

Замѣняя дифференціалы наибольшими значеніями погрѣшностей, будемъ имѣть

$$\Delta Y = -\frac{B}{a^2_J} y_J \Delta a. \quad . \quad . \quad . \quad (83)$$

На основаніи ур-ій (29) и (30) напомнимъ:

$$\Delta Y = -\frac{Z^2_J}{BF^2} y_J \Delta a. \quad . \quad . \quad . \quad (84)$$

Такъ какъ

$$\frac{y_J}{F} = \frac{Y_J}{Z_J}, \quad . \quad . \quad . \quad (85)$$

то можемъ написать:

$$\Delta Y_J = -\frac{Z_J Y_J}{BF} \Delta a, \quad . \quad . \quad . \quad (86)$$

т. е. погрѣшность въ координатѣ  $Y_J$ , или, что то же—въ отмѣткѣ точки  $J$ , зависящая отъ погрѣшности  $\Delta a$ , прямо пропорціональна величинѣ погрѣшности  $\Delta a$  и произведенію  $Z_J Y_J$  координатъ точки, или, при одинаковомъ  $\Delta a$ ,—площади прямоугольнаго треугольника, построеннаго на лучѣ  $\phi J$  (фиг. 21) данной точки съ катетами  $Z_J$  и  $Y_J$ .

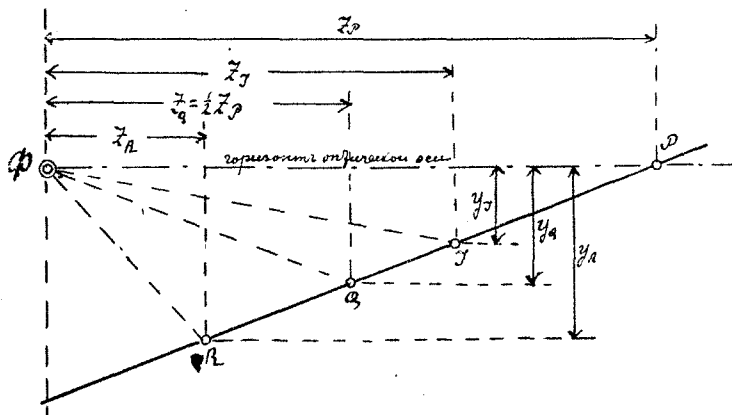
Если (фиг. 22) имѣется нѣсколько точекъ  $P$ ,  $Q$ ,  $R$ ,  $J$ , расположенныхъ на ровномъ скатѣ въ видѣ наклонной плоскости, при-

чемъ точка  $P$  расположена на горизонтѣ стоянки  $\phi$ , а точка  $Q$ —на половинѣ разстоянія  $\phi P$ , такъ что

$$Z_Q = \frac{1}{2} Z_P,$$

и если величины  $a_P, a_Q, a_R, a_J$  опредѣлены для всѣхъ этихъ точекъ съ одинаковой погрѣшностью  $\Delta a$ , то погрѣшности въ отмѣткахъ точекъ будутъ пропорціональны величинамъ произведеній ихъ координатъ  $Z_P Y_P, Z_Q Y_Q, Z_R Y_R, Z_J Y_J$ ; наибольшая погрѣшность въ отмѣткѣ будетъ соответствовать точкѣ, для которой произведение координатъ наибольшее, и такой точкой будетъ  $Q$ .

Такимъ образомъ, если точки  $J$  и  $M$  расположены между точками  $P$  и  $Q$ , то погрѣшность въ опредѣленіи отмѣтки  $M_0$ , зависящая отъ погрѣшности наблюденія  $\Delta a_0$ , будетъ болѣе подобной



Фиг. 22.

же погрѣшности въ опредѣленіи отмѣтки  $J_0$ , и наибольшее значеніе разности этихъ погрѣшностей соответствуетъ наибольшему отрицательному значенію  $\Delta a_0$ ; наоборотъ, если точки  $J$  и  $M$  расположены между точкой  $Q$  и стоянкой фототеодолитовъ, то погрѣшность въ опредѣленіи отмѣтки  $J_0$ , зависящая отъ погрѣшности наблюденія  $\Delta a_0$ , будетъ болѣе погрѣшности въ опредѣленіи отмѣтки  $M_0$ , и наибольшее значеніе разности этихъ погрѣшностей соответствуетъ наибольшему положительному значенію  $\Delta a_0$ .

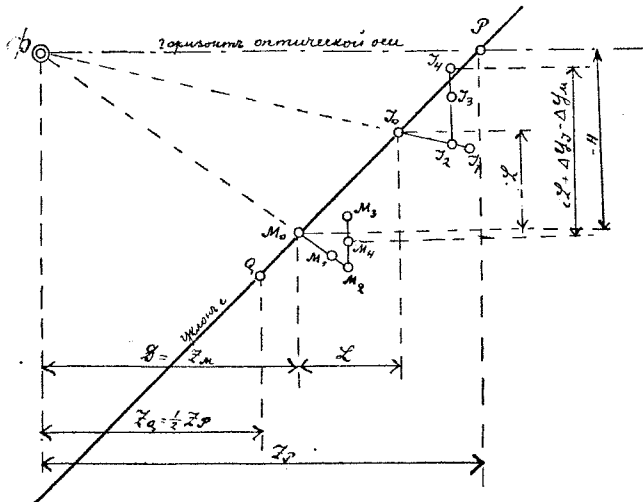
Разсуждая аналогично предыдущему, найдемъ, что если середина между точками  $M$  и  $J$  располагается далѣе точки  $Q$  отъ стоянки, то (Фиг. 23) наибольшая погрѣшность въ опредѣленіи разности

отмѣтокъ точекъ  $J$  и  $M$  будетъ соответствовать слѣдующей комбинаціи знаковъ при  $\Delta a_0$ ,  $\Delta a'$ ,  $\Delta y_0$  и  $\Delta y'$ :

|                     | $\Delta a_0$ | $\Delta a'$ | $\Delta y_0$ | $\Delta y'$ |            |
|---------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| для точки $J$ . . . | —            | +           | +            | +           | . . . (87) |
| для точки $M$ . .   | —            | —           | +            | —           |            |

и наибольшимъ абсолютнымъ значеніямъ этихъ погрѣшностей.

Соответственно этому, наибольшее значеніе погрѣшности въ опредѣленіи отмѣтки точки  $J$  изъ отмѣтки точки  $M$ , или, что то



Фиг. 23.

же, въ опредѣленіи разности отмѣтокъ точекъ  $J$  и  $M$  будетъ равно:

$$\begin{aligned}
 \max. [\Delta Y_J - \Delta Y_M] &= \left[ \frac{B}{a_J - \Delta a_0 + \Delta a'} (y_J + \Delta y_0 + \Delta y') - \frac{B}{a_J} y_J \right] - \\
 &- \left[ \frac{B}{a_M - \Delta a_0 - \Delta a'} (y_M + \Delta y_0 - \Delta y') - \frac{B}{a_M} y_M \right] = \\
 &= \left[ \frac{B}{a_J - 0,000004} (y_J + 0,000015) - \frac{B}{a_J} y_J \right] - \\
 &- \left[ \frac{B}{a_M - 0,000006} (y_M + 0,000005) - \frac{B}{a_M} y_M \right] . . . (88)
 \end{aligned}$$

Поступая въ дальнѣйшемъ аналогично предыдущему, найдемъ выраженіе для  $B$ :

$$B \geq 0,0000313 \frac{iL(D+L) - H\left(\frac{1}{2}D-L\right)}{\Delta Y_{(k)} - 0,0000781 D - 0,0001172 L}, \quad . \quad . \quad (89)$$

гдѣ  $B$ ,  $\Delta Y_{(k)}$ ,  $D$ ,  $L$  и  $H$  выражены въ метрахъ. Выражая  $B$  и  $\Delta Y_{(k)}$  въ саженьяхъ, а  $D$ ,  $L$  и  $H$ —въ верстахъ, получимъ:

$$B \geq 7,81 \frac{iL(D+L) - H\left(\frac{1}{2}D-L\right)}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}, \quad . \quad . \quad (90)$$

откуда и можетъ быть найдено  $B$ .

Такъ, напримѣръ, при превышеніи стоянки фототеодолитовъ на 150 с. = 0,3 версты надъ точкою магистрали и при прочихъ данныхъ, одинаковыхъ съ данными предыдущихъ примѣровъ, базисъ долженъ быть не менѣе

$$7,81 \frac{0,5 \cdot 0,2 (2 + 0,2) + 0,3 \left(\frac{1}{2} \cdot 2 - 0,2\right)}{0,50 - 0,039 \cdot 2 - 0,059 \cdot 0,2} = 9 \text{ саж.}$$

При

$$H = -iL,$$

т. е., если стоянка фототеодолитовъ расположена на отмѣткѣ точки  $J$ , формулы (78) и (89) принимаютъ видъ:

$$B \geq 0,0000469 \frac{iLD}{\Delta Y_{(k)} - 0,0000781 D - 0,0001172 L}, \quad . \quad . \quad (91)$$

гдѣ  $B$ ,  $\Delta Y_{(k)}$ ,  $D$  и  $L$  выражены въ метрахъ; формулы (79) и (90) въ этомъ случаѣ принимаютъ видъ:

$$B \geq 11,72 \frac{iLD}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}, \quad . \quad . \quad . \quad (92)$$

гдѣ  $B$  и  $\Delta Y_{(k)}$  выражены въ саженьяхъ, а  $D$  и  $L$ —въ верстахъ. Формулы (91) и (92) соответствуютъ минимальному значенію  $B$ , откуда слѣдуетъ, что, при одной и той же длинѣ базиса, наибольшая точность въ опредѣленіи отмѣтки точки  $J$  изъ отмѣтки точки  $M$  магистрали будетъ имѣть мѣсто тогда, когда стоянка фототеодолитовъ расположена на отмѣткѣ точки  $J$ .

Формулы (91) и (92) соответствуютъ также тому случаю, когда при опредѣленіи требуемой длинны базиса разность отмѣтокъ

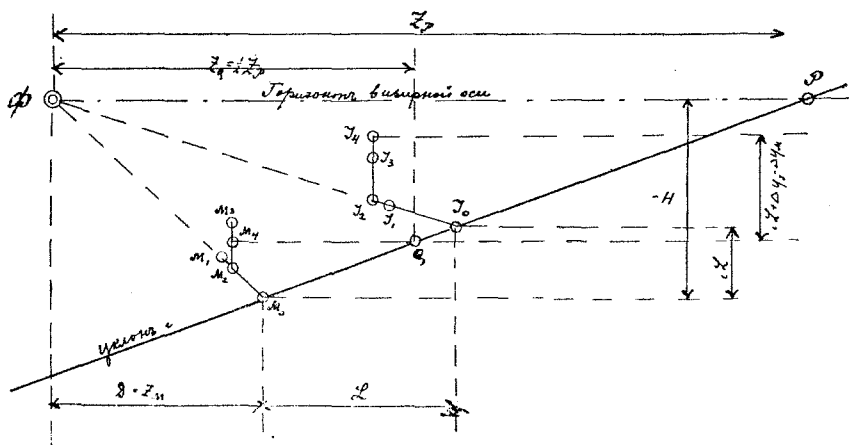
стоянки фототеодолитовъ и снимаемой полосы мѣстности не принимается во вниманіе.

Если же середина между точками  $M$  и  $J$  располагается ближе точки  $Q$ , то (фиг. 24) наибольшая погрѣшность въ опредѣленіи разности отмітокъ точекъ  $J$  и  $M$  будетъ соответствовать слѣдующей комбинаціи знаковъ при  $\Delta a_0$ ,  $\Delta a'$ ,  $\Delta y_0$  и  $\Delta y'$ :

|                     | $\Delta a_0$ | $\Delta a'$ | $\Delta y_0$ | $\Delta y'$ |            |
|---------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|
| для точки $J$ . . . | +            | +           | +            | +           | . . . (93) |
| для точки $M$ . . . | +            | —           | +            | —           |            |

и наибольшимъ абсолютнымъ значеніямъ этихъ погрѣшностей.

Соответственно этому наибольшее значеніе погрѣшности въ



Фиг. 24.

опредѣленіи отмітки точки  $J$ , изъ отмітки точки  $M$ , или, что то же, въ опредѣленіи разности отмітокъ точекъ  $J$  и  $M$  напишется:

$$\begin{aligned}
 \max. [\Delta Y_J - \Delta Y_M] &= \left[ \frac{B}{a_J + \Delta a_0 + \Delta a'} (y_J + \Delta y_0 + \Delta y') - \frac{B}{a_J} y_J \right] - \\
 &- \left[ \frac{B}{a_M + \Delta a_0 - \Delta a'} (y_M + \Delta y_0 - \Delta y') - \frac{B}{a_M} y_M \right] = \\
 &= \left[ \frac{B}{a_J + 0,000006} (y_J + 0,000015) - \frac{B}{a_J} y_J \right] - \\
 &- \left[ \frac{B}{a_M + 0,000004} (y_M + 0,000005) - \frac{B}{a_M} y_M \right] . . . (94)
 \end{aligned}$$

Поступая въ дальнѣйшемъ аналогично предыдущему, найдемъ выраженіе для  $B$ :

$$B \geq -0,0000469 \frac{iL(D+L) + H\left(\frac{1}{3}D + L\right)}{\Delta Y_{(k)} - 0,0000781 D - 0,0001172 L}, \quad (95)$$

гдѣ  $B$ ,  $\Delta Y_{(k)}$ ,  $D$ ,  $L$  и  $H$  выражены въ метрахъ. Выражая  $B$  и  $\Delta Y_{(k)}$  въ саженахъ, а  $D$ ,  $L$  и  $H$ —въ верстахъ, получимъ:

$$B \geq -11,72 \frac{iL(D+L) + H\left(\frac{1}{3}D + L\right)}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}, \quad (96)$$

откуда и можетъ быть найдено  $B$ .

Такъ, напримѣръ, при превышеніи стоянки фототеодолитовъ на 700 саж. = 1,4 версты надъ точкою магистрали и прочихъ данныхъ, одинаковыхъ съ данными предыдущихъ примѣровъ, базисъ долженъ быть не менѣе

$$- 11,72 \frac{0,5 \cdot 0,2(2+0,2) - 1,4\left(\frac{1}{3} \cdot 2 + 0,2\right)}{0,50 - 0,039 \cdot 2 - 0,059 \cdot 0,2} = 28 \text{ саж.}$$

Такимъ образомъ, на основаніи данныхъ: разстоянія  $D$  отъ мѣста стоянки фототеодолитовъ до магистрали, разбитой на снимаемой полосѣ мѣстности; разности отмѣтокъ  $H$  стоянки и какой-либо точки магистрали, изъ отмѣтки каковой точки опредѣляются отмѣтки точекъ мѣстности; поперечнаго уклона мѣстности  $i$ ; ширины  $L$  подлежащей съемкѣ полосы мѣстности въ каждую сторону отъ магистрали, и наибольшей допускаемой погрѣшности  $\Delta Y_{(k)}$  въ отмѣткахъ точекъ мѣстности,—изъ формулъ (72), (78), (80), (89), (91) и (95) въ метрическихъ мѣрахъ, или изъ формулъ (73), (79), (81), (90), (92) и (96)—въ русскихъ мѣрахъ, можетъ быть вычислена требуемая длина  $B$  базиса для каждаго даннаго случая.

Необходимо замѣтить, что въ формулахъ (72) и (73)— $H$  положительно, тогда какъ въ формулахъ (78), (79), (89), (90), (95) и (96)— $H$  отрицательно.

Въ формулы (80), (81), (91) и (92)  $H$  не входитъ вовсе.

Изъ разсмотрѣнія этихъ формулъ слѣдуетъ, что одна и та же допускаемая погрѣшность въ опредѣленіи отмѣтокъ точекъ мѣстности, или, что то же, въ опредѣленіи разностей отмѣтокъ точекъ и точки магистрали, для удаленныхъ точекъ мѣстности требуетъ базисовъ большей длины, чѣмъ для ближайшихъ,—такъ какъ, при замѣнѣ въ вышеприведенныхъ формулахъ  $+L$  черезъ  $-L$ , значенія числителей уменьшаются, тогда какъ значенія знаменателей

увеличиваются; поэтому, съ цѣлью полученія при наименьшихъ базисахъ а ргіогі заданной точности отмѣтокъ всѣхъ точекъ, стоянки слѣдовало бы располагать на отмѣткѣ дальняго (внѣшняго) края снимаемой полосы мѣстности, такъ какъ при

$$H = -iL$$

значенія  $B$  получаются минимальными для наиболѣе удаленныхъ точекъ и достаточными для остальныхъ; однако, въ практикѣ такое расположеніе стоянокъ иногда влечетъ за собою и большее удаленіе стоянки отъ снимаемой мѣстности, т. е. увеличеніе  $D$ ,—что, въ свою очередь, ведетъ съ увеличенію необходимой длины базиса, или уменьшенію точности отмѣтокъ. Поэтому при выборѣ мѣста стоянки приходится руководствоваться, главнымъ образомъ, топографическими свойствами мѣстности, обусловливающими открытый видъ на подлежащую съемеѣ мѣстность, и, если рельефъ мѣстности позволяетъ и расположеніе стоянки на отмѣткѣ дальняго края снимаемой мѣстности не сопряжено съ значительнымъ увеличеніемъ расстоянія до послѣдней,—то выбирать для стоянки мѣсто, имѣющее приблизительно одинаковую отмѣтку съ будущей трассой или нѣсколько превышающую ее.

При съемеѣ съ магистрали выборъ длины базиса въ зависимости отъ наибольшей допускаемой погрѣшности въ опредѣленіи координаты  $X$  точекъ обусловливается тѣми соображеніями, что и выборъ длины базиса въ зависимости отъ наибольшей допускаемой погрѣшности въ опредѣленіи отмѣтокъ точекъ [формулы (47)-(55)].

Дифференцируя второе ур-іе (9), напишемъ

$$dX = -\frac{Z}{a^2} x da + \frac{Z}{a} dx, \quad . \quad . \quad . \quad (97)$$

или, аналогично ур-ію (50),

$$\frac{\Delta X}{Z} = -\frac{Z}{BF^2} x da + \frac{1}{F} \Delta x \quad . \quad . \quad . \quad (98)$$

Если погрѣшность въ опредѣленіи  $X$  не должна превышать  $\Delta X_{(k)}$ , то, на основаніи формулы (98), напишемъ:

$$\Delta X_{(k)} \geq -\frac{Z^2}{BF^2} x \Delta a + \frac{Z}{F} \Delta x \quad . \quad . \quad . \quad (99)$$

Наибольшее значеніе  $x$ , соотвѣтствующее положенію изображенія точки у края пластинки, равняется половинѣ ширины послѣдней, т. е.

$$\max (x) = 54 \text{ мм.} = 0,054 \text{ м.}$$

Подставляя въ ур-іе (99) вмѣсто  $x$ ,  $\Delta a$  и  $\Delta x$  наибольшія ихъ абсолютныя значенія, со знаками, соотвѣствующими maximum'у правой части, получимъ:

$$\Delta X_{(k)} \geq -\frac{Z^2}{BF^2} \cdot 0,054 \cdot (-0,000006) + \frac{Z}{F} 0,000015 \quad . \quad . \quad (100)$$

Замѣчая, что  $F = 0,128$  м., и замѣняя въ формулѣ (100)  $Z$  черезъ  $D$ , гдѣ  $D$  есть дистанція съемки, получимъ:

$$\Delta X_{(k)} \geq 0,00001978 \frac{D^3}{B} + 0,00011719 D, \quad . \quad . \quad (101)$$

откуда

$$B \geq \frac{0,00001978}{\Delta X_{(k)} - 0,00011719 D} \cdot D^2, \quad . \quad . \quad . \quad (102)$$

гдѣ  $B$ ,  $\Delta X_{(k)}$  и  $D$  выражены въ метрахъ. Выражая  $B$  и  $\Delta X_{(k)}$  въ саженьяхъ, а  $D$ —въ верстахъ, получимъ:

$$B \geq \frac{4,94}{\Delta X_{(k)} - 0,059 D} D^2 \quad . \quad . \quad . \quad (103)$$

Формулы (102) и (103) примѣнимы тогда, когда съемка производится по второму способу, т. е. базируется на магистрали, на которой располагаются стоянки фототеодолитовъ,—равно какъ и вообще въ тѣхъ случаяхъ, когда положеніе базиса на планѣ опредѣляется не на основаніи данныхъ фототеодолитной съемки, но независимо отъ послѣдней.

Такъ, напримѣръ, если стоянка расположена на магистрали, разбитой въ 2 верстахъ отъ снимаемой мѣстности, и погрѣшность въ опредѣленіи координатъ  $X$  точекъ не должна превышать 2 сажень, то базисъ долженъ быть не менѣе.

$$\frac{4,94}{2 - 0,0592} \cdot 2^2 = 10 \text{ саж.}$$

Если для нѣкоторой точки снимаемой мѣстности

$$x = 0,$$

т. е. данная точка находится въ вертикальной плоскости, заключающей оптическую ось объектива лѣваго фототеодолита, или върнѣе—въ плоскости координатныхъ осей  $ZY$ , то формула (98) принимаетъ видъ

$$\frac{\Delta X}{Z} = \frac{1}{F} \Delta X; \quad . \quad . \quad . \quad (98 \text{ bis})$$

такъ какъ наибольшее значеніе правой части равно

$$\frac{0,000015}{0,128} = \infty 0,00012,$$

то наибольшее значеніе возможной погрѣшности  $\Delta X$  будетъ

$$\Delta X = \infty 0,00012 Z = 0,00012 D,$$

т. е. 0,012% отъ  $D$ , независимо отъ длины базиса.

Изъ разсмотрѣнія формулы (102) слѣдуетъ, что общее значеніе

$$\Delta X_{(k)} = \infty 0,00012 D$$

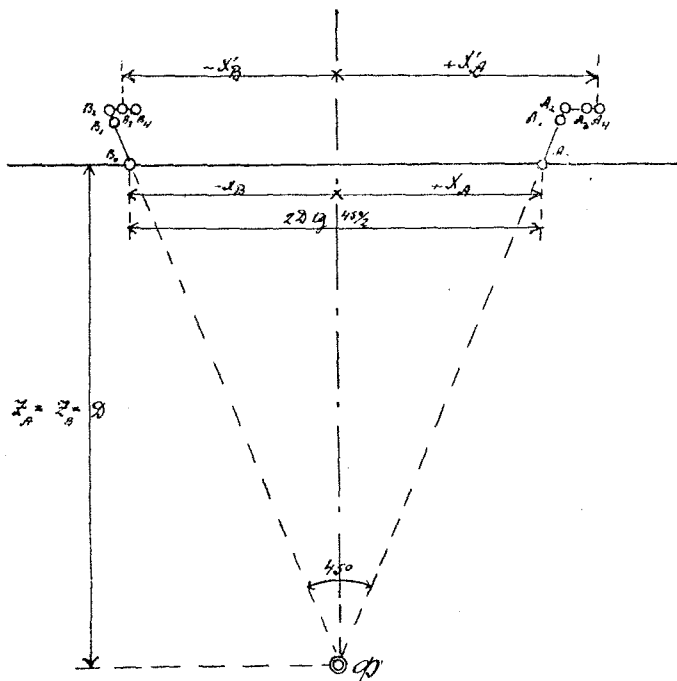
есть предѣлъ наименьшихъ практически достижимыхъ значеній наибольшихъ допускаемыхъ погрѣшностей въ опредѣленіи координатъ  $X$  точекъ мѣстности, такъ какъ при такой, напередъ заданной для всѣхъ точекъ мѣстности, наибольшей погрѣшности въ опредѣленіи координатъ  $X$  точекъ мѣстности, длина базиса

$$B = \infty.$$

Въ случаѣ производства съемки по первому способу, т. е., если на подлежащей съемкѣ полосѣ мѣстности имѣется разбитая и обозначенная магистраль, наличность послѣдней достаточно гарантируетъ планъ отъ возможныхъ погрѣшностей въ разстояніяхъ при нанесеніи точекъ и связкѣ смежныхъ стоянокъ, тѣмъ болѣе, что опредѣленная на основаніи требуемой точности отмѣтокъ длина базиса даетъ обыкновенно достаточную точность и въ опредѣленіи координатъ  $Z$  и  $X$  точекъ мѣстности.

При съемкѣ по третьему способу, т. е. при отсутствіи какой бы то ни было магистрали и при значительномъ разстояніи между контрольными точками или даже отсутствіи послѣднихъ, точность въ опредѣленіи координатъ  $X$  точекъ, вмѣстѣ съ точностью въ опредѣленіи координатъ  $Z$ , будетъ имѣть значеніе какъ при нанесеніи самыхъ точекъ мѣстности на планъ, такъ и—въ особенности—при связкѣ на планѣ участковъ смежныхъ стоянокъ; ошибка въ опредѣленіи координатъ  $X$  или  $Z$  эквивалентна ошибкѣ въ промѣрѣхъ и можетъ быть обнаружена несовпаденіемъ дѣйствительныхъ, опредѣленныхъ тригонометрически, разстояній между контрольными точками съ разстояніями ихъ на планѣ, превышающимъ нѣкоторую, предварительно допущенную, величину; поэтому отсутствіе контрольных точекъ заставитъ предъявлять къ результатамъ всей съемки требованія точности, не превышающія условій, которыми руководствовались при производствѣ съемки въ назначеніи длинъ базисовъ не только въ зависимости отъ допускаемой погрѣшности въ опредѣленіи отмѣтокъ, но и въ зависимости отъ допускаемой погрѣшности въ опредѣленіи координатъ  $Z$  и  $X$  точекъ.

При производствѣ фототеодолитной съемки по третьему способу, т. е. при отсутствіи магистрали, можно задаться, напримѣръ, условіемъ, чтобы погрѣшность въ опредѣленіи длины полосы съемки не превышала нѣкотораго числа сажень на 1 версту, или нѣкотораго  $\%$  отъ общаго протяженія. — Если мы обозначимъ черезъ  $X_A$  и  $X_B$  истинныя координаты крайнихъ—правой  $A$  и лѣвой  $B$ —точекъ, расположенныхъ на подлежащей съемкѣ полосѣ мѣстности въ полѣ



Фиг. 25.

съемки данной стоянки, напримѣръ, связующихъ сигналовъ; черезъ  $X'_A$  и  $X'_B$  вычисленныя координаты тѣхъ же точекъ, и черезъ  $\Delta X_A$  и  $\Delta X_B$ —погрѣшности въ опредѣленіи координатъ, то будемъ имѣть:

$$X'_A - X'_B = (X_A + \Delta X_A) - (X_B + \Delta X_B) , \quad . \quad . \quad (104)$$

откуда:

$$\Delta X_A - \Delta X_B = (X'_A - X_A) - (X'_B - X_B) , \quad . \quad . \quad . \quad (105)$$

гдѣ разность  $\Delta X_A - \Delta X_B$  и будетъ погрѣшностью въ опредѣленіи разстоянія между обѣими крайними точками поля съемки, при допущеніи, что линія, соединяющая обѣ точки, параллельна базису

Какъ усматривается изъ чертежа (фиг. 25), наибольшее значеніе разности  $\Delta X_A - \Delta X_B$  соотвѣтствуетъ наибольшимъ по абсолютной величинѣ значеніямъ  $X'_A$  и  $X'_B$ , соотвѣтствующимъ искаженному расположенію точекъ  $A_2$  и  $B_2$ .

Называя черезъ  $\Delta x_0$  и  $\Delta x'$  погрѣшности при установкѣ шкалы  $x$  и при чтеніи по ней, и сохраняя за  $\Delta a_0$  и  $\Delta a'$  прежнія обозначенія, найдемъ, что наибольшая погрѣшность въ опредѣленіи разстоянія будетъ

$$\begin{aligned} & \max. [\Delta X_A - \Delta X_B] = \\ & = \max. \left[ \frac{B}{a_A - \Delta a_0 - \Delta a'} (x_A \pm \Delta x_0 + \Delta x') - \frac{B}{a_A} x_A \right] - \\ & - \min \left[ \frac{B}{a_B - \Delta a_0 - \Delta a'} (x_B \pm \Delta x_0 - \Delta x') - \frac{B}{a_B} x_B \right]. \quad (106) \end{aligned}$$

Подставляя въ форм. (106) наибольшее значеніе  $x_A = +0,0525$  м. и наименьшее значеніе  $x_B = -0,0525$  м., гдѣ  $0,0525$  м. =  $52,5$  мм. есть половина полезной ширины пластинки, и замѣняя погрѣшности наблюденія  $\Delta a_0$ ,  $\Delta a'$ ,  $\Delta x_0$  и  $\Delta x'$  ихъ наибольшими значеніями, получимъ:

$$\begin{aligned} & \max (\Delta X_A - \Delta X_B) = \\ & = \left[ \frac{B}{a_A - 0,000006} (0,0525 \pm 0,000010 + 0,000005) - \frac{B}{a_A} 0,0525 \right] - \\ & - \left[ \frac{B}{a_B - 0,000006} (-0,0525 \pm 0,000010 - 0,000005) + \right. \\ & \quad \left. + \frac{B}{a_B} 0,0525 \right] \quad \dots \quad (107) \end{aligned}$$

При  $a_A = a_B = a$  ур-іе (107) обращается въ

$$\begin{aligned} \max (\Delta X_A - \Delta X_B) &= 2 \cdot B \left( \frac{0,052505}{a - 0,000006} - \frac{0,0525}{a} \right) = \\ &= 2B \frac{0,052505 a - 0,0525 (a - 0,000006)}{a (a - 0,000006)} = \\ &= 2B \frac{0,000005 a + 0,000000315}{a^2 - 0,000006 a} \quad \dots \quad (108) \end{aligned}$$

Пренебрегая въ знаменателѣ правой части выраженія (108) малой величиной  $0,000006 a$ , получимъ:

$$\max (\Delta X_A - \Delta X_B) = \frac{2B}{a} \left( 0,000005 + \frac{0,000000315}{a} \right). \quad (109)$$

Если  $D$  есть дистанція съемки, то длина снятой полосы мѣстности, равная разстоянію между точками  $A$  и  $B$ , будетъ, при углѣ горизонтальнаго поля съемки въ  $45^\circ$ ,

$$2D \operatorname{tg} \frac{45^\circ}{2}.$$

Если погрѣшность въ опредѣленіи длины не должна превышать  $d$  ‰ отъ послѣдней, то будемъ имѣть

$$d > \frac{\max(\Delta X_A - \Delta X_B)}{2D \operatorname{tg} \frac{45^\circ}{2}} 100 \quad . \quad . \quad . \quad (110)$$

Раздѣляя правую часть ур-ія (109) на  $\frac{2D \operatorname{tg} \frac{45^\circ}{2}}{100}$ , выражая  $a$  въ функціи  $B$  и  $F$ , при  $Z = D$ , и подставляя вмѣсто  $F$  и  $\operatorname{tg} \frac{45^\circ}{2}$  ихъ значенія, получимъ:

$$d > 0,0094 + \frac{D}{B} 0,00464, \quad . \quad . \quad . \quad (111)$$

откуда

$$B > \frac{0,00464}{d - 0,0094} D, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (112)$$

гдѣ  $B$  и  $D$ —въ метрахъ а  $d$ —въ ‰ отъ  $D$ . Если  $B$  выразить въ саженьяхъ,  $D$ —въ верстахъ, и  $d$ —въ  $\frac{\text{саженьяхъ}}{\text{верстахъ}}$ , то формула (112) обратится въ

$$B > \frac{11,608}{d - 0,047} D, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (113)$$

откуда и можетъ быть найдено  $B$ .

Напримѣръ: если разстояніе отъ стоянки до снимаемой полосы мѣстности равняется 1 верстѣ, и погрѣшность въ планѣ не должна превышать 1 сажени на версту длины, то базисъ долженъ быть не менѣе

$$\frac{11,608}{1 - 0,047} \cdot 1 = 12 \text{ саж.}$$

Соединяя формулы (36), (46), (55), (73), (79), (81), (90), (92), (96), (103) и (113) въ одну таблицу и повторяя принятыя обозначенія, будемъ имѣть:

если  $B$ —длина базиса, въ саженьяхъ;

$\Delta Z_{(k)}$ —наибольшая допускаемая погрѣшность въ опредѣленіи координатъ  $Z$  точекъ, въ саженьяхъ;

$\Delta Y_{(k)}$ —наибольшая допускаемая погрѣшность въ опредѣленіи координатъ точекъ, въ саженьяхъ;

$\Delta X_{(k)}$ —наибольшая допускаемая погрѣшность въ опредѣленіи координатъ  $X$  точекъ, въ саженьяхъ;

$d$ —наибольшая допускаемая погрѣшность въ опредѣленіи от-  
мѣтокъ  $X$  точекъ, въ  $\frac{\text{саженьяхъ}}{\text{верстахъ}}$ ;

$D$ —дистанція съемки, въ верстахъ;

$L$  — ширина подлежащей съемкѣ полосы мѣстности въ каждую сторону отъ магистрали, въ верстахъ;

$H$  — превышеніе точки магистрали, изъ отмѣтки которой опредѣляются отмѣтки точекъ мѣстности, надъ стоянкой фото-теодолитовъ, въ верстахъ;

$i$  — поперечный сватъ мѣстности въ сторону стоянки, — то необходимая длина базиса найдется изъ формулъ:

| При съемкѣ по I-му способу съ разбитою на подлежащей съемкѣ мѣстности и обозначенною магистралью.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | При съемкѣ по II-му способу съ разбитой внѣ подлежащей съемкѣ мѣстности магистрали. | При съемкѣ по III-му способу, при отсутствіи магистрали. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| $B \geq \frac{3,91}{\Delta Z_{(k)}} (D^2 + 6DL + 3L^2)$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | $B \geq \frac{11,72}{\Delta Z_{(k)}} D^2$                                           | То же, что и при съемкѣ по I способу.                    |
| <p>при <math>H &gt; 0</math></p> $B \geq 11,72 \frac{iL(D+L) + H\left(\frac{1}{3}D+L\right)}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}$ <p>при <math>H = 0</math></p> $B \geq 11,72 \frac{iL(D+L)}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}$ <p>при <math>0 &gt; H &gt; -iL</math></p> $B \geq 11,72 \frac{iL(D+L) + HL}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}$ <p>при <math>H = -iL</math></p> $B \geq 11,72 \frac{iLD}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}$ <p>при <math>-iL &gt; H &gt; -i(D+L)</math></p> $B \geq 7,81 \frac{iL(D+L) - H\left(\frac{1}{2}D - L\right)}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}$ <p>при <math>-i(D+L) &gt; H</math></p> $B \geq -11,72 \frac{iL(D+L) + H\left(\frac{1}{3}D+L\right)}{\Delta Y_{(k)} - 0,039 D - 0,059 L}$ | $B \geq \frac{3,57}{\Delta Y_{(k)} - 0,059 D} D^2$                                  | То же, что и при съемкѣ по I способу.                    |
| То же, что и при съемкѣ по III способу; обыкновенно даетъ значенія $B$ , меньшія значеній, зависящихъ отъ $\Delta y_{(k)}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | $B \geq \frac{4,94}{\Delta X_{(k)} - 0,059 D} D^2$                                  | $B \geq \frac{11,608}{d - 0,047} D$                      |

Изъ сравненія вышеприведенныхъ формулъ можно вывести заключеніе, что съемка по первому или по третьему способамъ требуетъ, для достиженія заданной точности результатовъ, базисовъ сравнительно меньшей длины, чѣмъ съемка по второму способу; обратно, при базисахъ одинаковой длины, съемка по первому или по третьему способу даетъ большую точность результатовъ, чѣмъ съемка по второму.

Вышеприведенныя формулы, въ основу выводовъ которыхъ входятъ значенія наибольшихъ погрѣшностей: въ установкѣ визирныхъ осей стереомикроскопа на центрахъ мѣтокъ и на остріяхъ, треугольника, въ начальной установкѣ шкалъ, въ совмѣщеніи тождественныхъ изображеній точекъ и въ отсчетахъ по барабану и по шкаламъ—не могутъ претендовать на безусловную точность уже вслѣдствіе того, что значенія упомянутыхъ погрѣшностей, зависящія отъ глазомѣра и остроты зрѣнія каждаго наблюдателя, не являются вообще величинами постоянными; кромѣ того, вліяніе погрѣшности въ опредѣленіи длины самаго базиса, входящей въ результаты опредѣленія координатъ точекъ по формуламъ (9), не введено нами совершенно,—такъ какъ величина этой погрѣшности едва-ли поддается опредѣленію. Также не можетъ быть введено вліяніе погрѣшностей отъ различныхъ причинъ, кроющихся въ механизмахъ стереокомпаратора.

Задавшись наибольшими допускаемыми погрѣшностями или желаемой степенью точности въ опредѣленіи координатъ точекъ подлежащей съемкѣ мѣстности, и переведя линейныя величины допускаемыхъ погрѣшностей въ ‰ отъ различныхъ значеній дистанціи съемки  $D$ , можно составить таблицу или построить кривую длинъ базисовъ, соответствующихъ различнымъ дистанціямъ съемки—разстояніямъ  $D$  между снимаемой полосой мѣстности и стоянкой фототеодолитовъ. Въ виду того, что къ точности отмѣтокъ точекъ обыкновенно прилагаются во много разъ болѣе строгія требованія, чѣмъ къ точности координатъ точекъ въ планѣ, необходимую длину базиса обыкновенно бываетъ достаточно опредѣлить на основаніи лишь требуемой точности отмѣтокъ, причемъ найденная длина базиса будетъ также удовлетворять всѣмъ прочимъ требованіямъ точности.

При работѣ въ полѣ, конечно, нѣтъ возможности опредѣлять значенія  $D$ ,  $H$  и  $i$  точно, и ихъ приходится опредѣлять по картѣ, или глазомѣрно—кромѣ значенія  $D$ , которое можетъ быть сравнительно точно опредѣлено—въ метрахъ—дальномѣромъ (телеметромъ).

На практикѣ далеко не всегда бываетъ удобно или возможно придать базису желаемую длину, — на примѣръ, при съемкѣ узкихъ овраговъ или ущелій съ базисовъ, расположенныхъ въ тальвегѣ, при съемкѣ крутыхъ морскихъ береговъ съ узкаго пляжа, при расположеніи стоянки въ лѣсной прогалинѣ или между деревьями, строениями и другими препятствіями. Въ этихъ случаяхъ поневолѣ приходится ограничиваться базисами, длина которыхъ опредѣляется природными условіями мѣстности.

Базисовъ сравнительно большой длины, при небольшихъ значеніяхъ  $D$ , приходится иногда избѣгать по той причинѣ, что снятыя съ концовъ длиннаго базиса изображенія сильно-пересѣченной или густо заросшей и при этомъ сравнительно близко расположенной мѣстности бываютъ мало похожи одно на другое, и, вслѣдствіе этого, отысканіе на стереокомпараторѣ тождественныхъ точекъ обоихъ негативовъ весьма затрудняется. Кромѣ того, длинные базисы уменьшаютъ полезное поле съемки — какъ это было выяснено уже выше.

Удобныя въ практическомъ и обыкновенно достаточныя въ теоретическомъ отношеніи длины базисовъ, употребляющихся при съемкѣ на желѣзнодорожныхъ изысканіяхъ, обыкновенно заключаются въ предѣлахъ отъ 5 до 20 сажень; при топографическихъ и различныхъ спеціальныхъ съемкахъ примѣняются базисы иногда значительно большей длины.

### Неустранимыя погрѣшности въ опредѣленіи координатъ точекъ.

Въ вышеизложенномъ мы рассматривали лишь погрѣшности, сопровождающія обработку пластинокъ на стереокомпараторѣ, и не принимали во вниманіе погрѣшностей, являющихся слѣдствіемъ неточности въ конструкціи и установкѣ фототеодолита. Такъ, мы предполагали, что фототеодолитъ построенъ и во время съемки можетъ быть установленъ совершенно точно, т. е. что обѣ пластинки помѣщаются во время экспозиціи въ одной вертикальной плоскости, что при этомъ оптическія оси объектива фототеодолита горизонтальны, параллельны между собой и нормальны къ пластинкамъ, и что положеніе мѣтокъ и острія треугольнаго выступа въ точности соответствуетъ истинному положенію координатныхъ осей  $X$ -овъ и  $Y$ -овъ,  $E$ -овъ и  $Y$ -овъ на пластинкахъ. На практикѣ эти условія являются достижимыми лишь въ большей или меньшей степени; различныя отступленія отъ нихъ, вслѣдствіе невозможности

производства повѣрки фототеодолита въ полѣ, не могутъ не только быть исправлены, но даже обнаружены, и величина вызываемыхъ ими погрѣшностей не поддается предварительному опредѣленію. Несмотря на солидность конструкціи, замѣчательную точность исполненія и тщательную установку, употребляющіеся при фототеодолитной съемкѣ сложные приборы не могутъ не разстраиваться отъ употребленія, перевозки и пр.; но, пока вліяніе неизбежной неточности установки и разстройства приборовъ не подлежитъ опредѣленію,—мы принуждены ограничиваться возможно внимательнымъ и тщательнымъ отношеніемъ къ работѣ и осторожнымъ обращеніемъ съ приборами, чтобы не ввести лишъ ошибокъ, которыя могутъ быть избѣгнуты, и повѣрять и—въ нѣкоторыхъ случаяхъ—базировать результаты фототеодолитной съемки на данныхъ, полученныхъ инымъ, достаточно точнымъ путемъ, напр. разбивкою магистральной или триангуляціей. Въ еще болѣе безпомощномъ состояніи мы находимся по отношенію къ другимъ погрѣшностямъ, вызываемымъ упомянутыми уже механическими и оптическими причинами. Но и здѣсь, такъ же какъ и въ отношеніи погрѣшностей наблюденія въ стереокомпараторѣ, первый и третій способъ производства фототеодолитной съемки имѣетъ преимущество большей точности передъ вторымъ способомъ, вслѣдствіе того, что погрѣшности, зависящія отъ конструктивныхъ и оптическихъ причинъ и отчасти—отъ неточности установки фототеодолитовъ во время съемки, входятъ въ результаты съемки по первому и третьему способу въ видѣ разностей, тогда какъ въ результаты съемки по второму способу онѣ входятъ цѣликомъ.

Погрѣшности, зависящія отъ неточности установки фототеодолитовъ во время съемки, главнымъ образомъ происходятъ отъ негоризонтальности координатныхъ осей  $Z$ -овъ и  $X$ -овъ и чувствительно входятъ въ отмѣтки точекъ. Если мы назовемъ уголъ наклона координатной оси  $Z$ -овъ къ горизонту черезъ  $\alpha$  и уголъ наклона оси  $X$ -овъ къ горизонту черезъ  $\beta$ , то величина поправки въ отмѣтки нѣкоторой точки  $J$  отъ негоризонтальности координатныхъ осей  $Z$ -овъ и  $X$ -овъ можетъ быть принята, при производствѣ съемки по второму способу, равной

$$h_1 = Z_J \sin \alpha + X_J \sin \beta . . . . . (114)$$

и при производствѣ съемки по первому способу равной

$$h_1 = (Z_J - Z_m) \sin \alpha + (X_J - X_m) \sin \beta , . . (114 \text{ bis})$$

гдѣ  $Z_m$  и  $X_m$  суть координаты нѣкоторой точки  $M$  магистрали, на основаніи отмѣтки которой вычисляются отмѣтки точек мѣстности. Значенія  $\sin \alpha$  и  $\sin \beta$ , равно какъ и истинная отмѣтка центра объектива лѣваго фототеодолита, при производствѣ съемки по первому способу могутъ быть найдены, если на данной парѣ пластинокъ получились изображенія по крайней мѣрѣ трехъ, не лежащихъ на одной прямой, точекъ магистрали, отмѣтки которыхъ извѣстны; при производствѣ съемки по второму способу, — съ магистрали, поправка эта, вслѣдствіе отсутствія необходимыхъ данныхъ, не можетъ быть введена.

Погрѣшность отъ негоризонтальности координатныхъ осей  $Z$ -овъ и  $X$ -овъ, при производствѣ съемки по первому или второму способу, имѣетъ какъ бы второстепенное значеніе, ибо она входитъ лишь въ значенія отмѣтокъ точекъ мѣстности, относящихся къ каждой данной парѣ пластинокъ, и не вліяетъ на отмѣтки точекъ мѣстности къ послѣдующимъ парамъ пластинокъ и, въ особенности, на связку смежныхъ стоянокъ между собою. Наоборотъ, при производствѣ съемки по третьему способу, эта погрѣшность получаетъ первостепенное значеніе, такъ какъ входитъ во всѣ дальнѣйшія вычисленія отмѣтокъ связующихъ точекъ, центровъ объективовъ лѣвыхъ фототеодолитовъ и точекъ мѣстности для всѣхъ послѣдующихъ стоянокъ. Она можетъ быть введена въ вычисленія такъ же, какъ и при производствѣ съемки по первому способу, — въ случаѣ, если на каждой парѣ пластинокъ получились изображенія по крайней мѣрѣ трехъ контрольныхъ точекъ; однако, такое условіе требуетъ весьма большого количества послѣднихъ. Поэтому, въ случаѣ наличности изображеній отдѣльныхъ контрольныхъ точекъ на нѣкоторыхъ лишь парахъ пластинокъ, погрѣшность отъ негоризонтальности координатныхъ осей  $Z$ -овъ и  $X$ -овъ можетъ быть обнаруживаема и опредѣляема для такихъ паръ пластинокъ, какъ-то: поправка отмѣтокъ, которая и вводится въ видѣ невазки въ отмѣтки точекъ мѣстности, заключающейся между смежными контрольными точками. При отсутствіи контрольныхъ точекъ погрѣшность эта не можетъ быть не только введена, но даже и обнаружена.

Поэтому, съ цѣлью полученія возможно точныхъ результатовъ, необходимо по возможности тщательно устанавливать фототеодолиты по уровню во время съемки. Въ особенности это относится къ лѣвому фототеодолиту, такъ какъ измѣренія на стереокомпараторѣ производятся, главнымъ образомъ, по лѣвой пластинкѣ, и къ координатной оси  $X$ -овъ, — въ виду того, что погрѣшность отъ негори-

горизонтальности оси  $Z$ -овъ, при производствѣ съемки по первому или третьему способу, входить въ видѣ разности, и, если базисъ располагается приблизительно параллельно снимаемой полосѣ мѣстности, — какъ это въ большинствѣ случаевъ и бываетъ, — имѣетъ меньшее значеніе.

Было бы крайне желательно, чтобы заводъ К. Цейсса въ дальнѣйшемъ усовершенствованіи конструируемыхъ имъ фототеодолитовъ нашелъ возможнымъ обезпечить повѣрку фототеодолитовъ въ полѣ и точную установку послѣднихъ по уровню, отвѣчающую горизонтальности координатныхъ осей  $Z$ -овъ и  $X$ -овъ.

При производствѣ фототеодолитной съемки по второму способу, т. е. съ магистральной, и при значительномъ удаленіи мѣста стоянки отъ снимаемой мѣстности, отмѣтки точекъ послѣдней могутъ получиться замѣтно отличающимися отъ истинныхъ вслѣдствіе рефракціи и сферичности земли. Поправка отмѣтокъ отъ совокупности этихъ причинъ можетъ быть принята равной

$$h_2 = -0,000000146 (Z_J^2 + X_J^2) \text{ саж.} \quad . \quad . \quad . \quad (115)$$

Въ случаѣ производства съемки по первому или третьему способу, поправка эта имѣетъ незначительную величину, такъ какъ входить въ видѣ разности.

При производствѣ нѣкоторыхъ спеціальныхъ съемокъ установка фототеодолитовъ происходитъ съ различными отступленіями отъ принятыхъ нами положеній, причемъ зависимость между координатами точекъ мѣстности и положеніемъ изображеній послѣднихъ на пластинкахъ будетъ выражаться формулами, отличными отъ формулъ (9). Обработка результатовъ такихъ съемокъ \*) требуетъ сложныхъ вычисленій и построеній, или замѣняется употребленіемъ спеціальныхъ инструментовъ, описаніе которыхъ выходитъ изъ предѣловъ настоящей статьи.

Тѣмъ не менѣе, *результаты фототеодолитной съемки, тщательно выполненной, оказываются настолько точными, что обыкновенно далеко превышаютъ всѣ предъявляемыя къ съемкѣ на желѣзнодорожныхъ изысканіяхъ требованія, даже при вынужденномъ игнорированіи погрѣшностей, происходящихъ отъ указанныхъ неустранимыхъ причинъ.* Нерѣдко случается, что фототеодолитная съемка, базируемая на магистральной, провѣряетъ эту послѣднюю и

\*) См. соч. Р. Ю. Тиле: „Фототопографія въ современномъ развитіи“ т. II. СПб. 1908-1909, а также указанную въ этомъ томѣ литературу.

обнаруживает незамѣченную ошибку въ ея промѣрѣ или нивелировке. При этомъ результаты фототеодолитной съемки всегда имѣютъ большее значеніе документальности, чѣмъ любой изъ другихъ способовъ съемки.

### Иллюстрація съемки.

Отпечатки съ негативовъ, приложенные къ планамъ \*) или къ проекту, наглядно иллюстрируютъ какъ общій характеръ мѣстности, такъ и отдѣльныя характерныя мѣста, въ родѣ осыпей, обрывовъ, сплывовъ, сбросовъ и обнаженій горныхъ породъ и пр., и даютъ ясное понятіе объ имѣющихся на мѣстности строеніяхъ и угодьяхъ и о растительномъ покровѣ ея.

### Фотографическіе матеріалы и принадлежности.

Предполагая, что читатель знакомъ съ фотографіей практически, мы здѣсь ограничимся лишь нѣкоторыми указаніями, которыя, по нашему мнѣнію, могутъ быть полезны при выборѣ фотографическихъ принадлежностей и матеріаловъ для фототеодолитной съемки и самомъ производствѣ послѣдней, поскольку оно отличается отъ производства обыкновенной ландшафтной съемки.

Выборъ пластинокъ и фотохимическихъ реактивовъ всецѣло зависитъ отъ усмотрѣнія производителя съемки. Важно, чтобы стекло пластинокъ не было слишкомъ тонкимъ, — въ противномъ случаѣ пластинки нерѣдко ломаются при зарядженіи и экспозиціи. Съ цѣлью полученія болѣе точныхъ результатовъ при работѣ на стереокомпараторѣ, многіе авторы рекомендуютъ употреблять пластинки, желатинный слой которыхъ нанесенъ на зеркальномъ стеклѣ; однако, увеличеніе точности результатовъ едва ли будетъ при этомъ замѣтнымъ и оправдывающимъ значительно большую стоимость такихъ пластинокъ; кромѣ того, ихъ не вездѣ можно достать, и изготовляются онѣ немногими лишь фабриками въ ограниченномъ числѣ сортовъ.

Прекрасные результаты даютъ пластинки Agfa „Chromo-Jsolar“, въ особенности — при снимкахъ мѣстности, покрытой растительностью, и вообще при преобладаніи въ ландшафтѣ зеленого и желтого тоновъ, какъ это и бываетъ обыкновенно при лѣтней съемкѣ. Пластинки эти обладаютъ особой чувствительностью въ зеленымъ

---

\*) Отпечатки цѣлесообразно наклеивать на самый планъ, около мѣста базиса соотвѣтствующей фототеодолитной стоянки въ направленіи съемки, если мѣсто стоянки умѣщается на планѣ и отпечатокъ не закрывалъ плана снятой полосы мѣстности.

и желтымъ лучамъ, онѣ противоореолны и имѣютъ громадный просторъ въ продолжительности экспозиціи; требуютъ примѣненія желтаго свѣтофильтра.

При употребленіи желтаго свѣтофильтра, зеленые и желтые тона ландшафта вырабатываются лучше, и голубая дымка воздуха меньше вліяетъ на передержку дали; примѣненіе малыхъ діафрагмъ—4-6 миллиметровъ—увеличиваетъ рѣзкость изображеній. Поэтому, съ цѣлю примѣненія свѣтофильтра и малыхъ діафрагмъ, экспозиція пластинокъ производится преимущественно съ выдержкой.

Необходимая продолжительность экспозиціи зависитъ, какъ извѣстно, отъ направленія, интенсивности и актиничности освѣщенія, прозрачности воздуха, свѣточувствительности пластинокъ, коэффиціента поглощенія свѣтофильтра и свѣтосилы \*) объектива; при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ, она прямо пропорціональна коэффиціенту свѣтофильтра и обратно пропорціональна свѣточувствительности пластинокъ и квадрату свѣтосилы объектива. Проще всего необходимая продолжительность экспозиціи опредѣляется посредствомъ т. н. актинометровъ; надежный и удобный при употребленіи—актинометръ Винна, имѣющій видъ карманныхъ часовъ. Продолжительность экспозиціи, опредѣленная по актинометру, помножается на коэффиціентъ поглощенія свѣтофильтра; коэффиціентъ этотъ, если онъ неизвѣстенъ, находятъ изъ опыта, для чего, передъ приступомъ къ работамъ, производятъ рядъ экспериментальныхъ снимковъ и, оцѣнивъ ихъ сравнительное достоинство, по лучшему изъ нихъ опредѣляютъ искомый коэффиціентъ.

При моментальной съемкѣ удобно пользоваться затворомъ Торнтонъ-Пикара, помѣщаемымъ передъ объективомъ и не дающимъ при съемкѣ почти никакого сотрясенія; имъ же съ удобствомъ производится съемка съ выдержкой.

Замѣна и проявленіе пластинокъ производится или при помощи складной лабораторіи, или просто въ палаткѣ—съ наступленіемъ темноты. При этомъ крайне желательно имѣть отдѣльную палатку-лабораторію, такъ какъ замѣна и проявленіе пластинокъ въ тѣснотѣ жилыхъ палатокъ нерѣдко сопровождается порчей негативовъ отъ всевозможныхъ случайныхъ обстоятельствъ, — что имѣетъ иногда досадныя и труднопоправимыя послѣдствія, — причемъ проявленіе

---

\*) Свѣтосила объектива измѣряется отношеніемъ дѣйствующаго діаметра отверстія діафрагмы къ главному фокусному разстоянію.

всегда сопровождается порчей вещей обитателей палатки фотохимическими реактивами.

Несмотря на то, что при съемкѣ №№ экспонированныхъ пластинокъ записываются въ полевую книжку,—случается, что одна и та же пластинка бываетъ экспонирована дважды, что ведетъ къ потерѣ двухъ и болѣе паръ снимковъ, что, въ свою очередь, можетъ повлечь за собой нарушеніе связки всей съемки. Обстоятельство это не всегда даже можетъ быть при съемкѣ сразу замѣчено и, будучи всегда сопряжено съ потерей труда и времени, иногда приводитъ къ досаднымъ послѣдствіямъ, такъ какъ связка потерянныхъ стознокъ со смежными не всегда даже вообще можетъ быть восстановлена. Во избѣжаніе возможности вторичной экспозиціи уже экспонированной пластинки, необходимо снабжать неэкспонированные и экспонированные стороны кассетъ какимъ-нибудь отличительнымъ признакомъ, для чего, напримѣръ, послѣ заряженія кассетъ новыми пластинками—на выступающіе винтики шторокъ кассеты, подъ защелку, кладутся кусочки бумаги, которые и будутъ прижаты защелкой. При вдвиганіи кассеты въ пазы рамки камеры защелка шторки отжимается и бумажка выпадаетъ. Такимъ образомъ присутствіе бумажки подъ защелкой кассеты будетъ служить признакомъ того, что соответствующая пластинка—неэкспонированная.

При заряженіи кассетъ необходимо слѣдить, чтобы пластинки не имѣли недостатковъ и были вложены въ кассеты желатиннымъ (матовымъ) слоемъ наружу.

Пластины слѣдуетъ проявлять въ возможно непродолжительномъ времени послѣ съемки, чтобы быть увѣреннымъ въ результатъ и чтобы, въ случаѣ неудачи, послѣдняя могла быть по возможности немедленно исправлена повторной съемкой. Проявленіе пластинокъ впослѣдствіе, по окончаніи работъ, или отсылка ихъ для проявленія на сторону—сопряжены съ неизбѣжнымъ рискомъ неудачи съемки и порчи пластинокъ въ дорогѣ.

Проявителемъ удобно запастись въ видѣ концентрированного раствора,—напр. Agfa „Rodinal“,—или въ видѣ патроновъ,—напр. Nauff „Adurol“. Въ цѣляхъ лучшей выработки деталей, съ успѣхомъ примѣняется такъ наз. медленное проявленіе—посредствомъ раствора въ 1,5-5 разъ слабѣйшаго, чѣмъ нормальный, указываемый на упаковкѣ.

Для фиксажа, вмѣсто 10% раствора гипосульфита, въ жаркомъ климатѣ слѣдуетъ употреблять растворъ т. н. «кислой фиксажной соли», продающейся въ жестяныхъ коробкахъ готовой къ употребленію,—напримѣръ Agfa „Fixir-Salz“.

Употребленіемъ кислаго фиксажа достигается одновременно дубленіе негативовъ, необходимое въ жаркомъ климатѣ во избѣжаніе образованія пузырей желатиннаго слоя. Фиксированіе кислымъ фиксажемъ требуетъ, однако, болѣе времени, чѣмъ гипосульфитомъ.

Фонарь желателенъ свѣчной, надежной конструкціи, съ рубиновымъ стекломъ; послѣднее съ удобствомъ замѣняется появившимся въ послѣднее время въ продажѣ неактивичнымъ краснымъ желатиномъ, продающимся листами. Будучи помѣщенъ между двумя обыкновенными стеклами, желатинъ этотъ даетъ гарантированное неактивичное освѣщеніе; при этомъ въ случаѣ поломки стекло въ дорогѣ, они всюду легко могутъ быть замѣнены новыми.

Посуда желательна небьющаяся: мензурка—целлулоидная, кюветы—изъ целлулоида, металла или папье-маше. Для медленнаго проявленія и фиксированія—удобны, и для промывки—необходимы цинковые бачи, въ которыхъ пластинки помѣщаются вертикально. Проявленіе должно производиться въ посудѣ, въ которой не производится ни фиксированіе, ни промывка негативовъ; количество посуды должно быть рассчитано на одновременное проявленіе и фиксированіе не менѣе 10 и промывку не менѣе 20 пластинокъ; лучше, если эти числа удвоить.

При пользованіи водою, несущою много мути и песку,—какъ это обыкновенно бываетъ въ горной мѣстности,—необходимо дать водѣ предварительно отстояться, во избѣжаніе механическаго поврежденія желатиннаго слоя твердыми частицами.

Ускореніе промывки негативовъ послѣ фиксированія достигается прибавкою къ водѣ небольшого количества надмарганцевокислаго калия или формалина. Быстрое высыханіе негативовъ достигается погруженіемъ промытыхъ негативовъ, съ которыхъ дали стечь водѣ, на нѣсколько минутъ въ спиртъ, замѣщающій воду въ желатинномъ слое; вынутые изъ спирта, негативы высыхаютъ очень скоро.

Храненіе негативовъ удобно въ спеціальныхъ конвертахъ изъ провощенной бумаги, продающихся въ фотографическихъ магазинахъ.

На конвертѣ, заключающемъ одну пару негативовъ, надписывается № стоянки или базиса, серія и №№ негативовъ, а также по возможности выписываются и всѣ остальные, относящіеся къ нимъ, данныя изъ полевой книжки, чтобы, въ случаѣ утраты послѣдней, необходимыя данныя для обработки не были потеряны.

## Личный составъ.

Партія для производства фототеодолитной съемки составляется примѣрно изъ слѣдующихъ лицъ:

инженеръ, производящій съемку;

его помощникъ;

десятникъ, устанавливающій сигналы;

1-2 рабочихъ, по возможности—изъ наиболѣ толковыхъ, подносящіе и снимающіе сигналы;

1-2 рабочихъ для переноски фототеодолита;

2-4 рабочихъ—по числу треногъ—для переноски треногъ и футляровъ со штативами, и

1 рабочий для переноски ящиковъ съ кассетами.

Стальную рейку и ея обойму (въ футлярѣ) лучше не довѣрять рабочимъ, а переносить самому.

Рабочіе при сигналахъ и одинъ изъ рабочихъ при фототеодолитѣ снабжаются топорами или цѣздами.

Въ цѣляхъ успѣшности и быстроты работы, каждому рабочему вѣщается опредѣленная должность, и каждый рабочий переноситъ, раскрываетъ, помогаетъ устанавливать и собираетъ ввѣренный ему приборъ, заботясь о его цѣлости и сохранности.

Для возможности примѣненія комбинированныхъ стояночекъ желательно брать въ поле не менѣе 3 треногъ со штативами; въ виду нерѣдкой поломки треногъ, полезно имѣть запасныя.

Инженеръ и его помощникъ, производящіе съемку, а также десятникъ, устанавливающій сигналы, должны быть снабжены сильными полевыми биноклями съ большимъ полемъ зрѣнія, для различенія отдаленныхъ сигналовъ и подаваемыхъ условныхъ знаковъ о разставленіи и снятіи сигналовъ. Этому назначенію лучше другихъ удовлетворяютъ полевые призматическіе бинокли 6-8 краткаго увеличенія.

Кромѣ достаточнаго количества вѣшекъ съ сигналами, въ поле берется—однимъ изъ рабочихъ при фототеодолитѣ—пеньковая 10-саженная рулетка для измѣренія базисовъ, связокъ и высотъ объектива лѣваго фототеодолита надъ точками магистралей, а также—инженеромъ или его помощникомъ—актинометръ и секундомѣръ. Отсчеты при съемкѣ записываются въ полевую книжку.

## Необходимые приборы и принадлежности.

Наборъ приборовъ и принадлежностей для фототеодолитной съемки состоитъ, примѣрно, изъ слѣдующихъ предметовъ:

- 1 полевой фототеодолитъ, съ свѣтофильтромъ, моментальнымъ затворомъ и пр. принадлежностями, съ ящиками для переноски и перевозки;
  - не менѣе 3 штативовъ съ марками, прицѣлами и отвѣсами— въ футлярахъ;
  - не менѣе 4 треногъ, съ ящиками для перевозки;
  - 1 стальная рейка для измѣренія базиса, съ футляромъ и ящикомъ для перевозки;
  - 1 обойма для установки рейки, съ кожанымъ чехломъ;
  - 20 двойныхъ кассетъ, въ 2 кожаныхъ чехлахъ, вмѣщающихъ по 10 кассетъ каждый;
  - нѣсколько запасныхъ кассетъ—на случай поломки;
  - 1 коза для переноски фототеодолита;
  - 3 полевыхъ призматическихъ бинокля въ футлярахъ;
  - 1 стальная рулетка длиною въ 10 с.;
  - 2 пеньковыхъ рулетки „ „ 10 с.;
  - 1 актинометръ;
  - 1 секундомеръ;
  - сигналы
  - вѣшки
  - топоры, палы
  - полевая книжка
- } въ достаточномъ количествѣ;
- инструменты и матеріалы для чистки, смазки, мелкой починки и упаковки приборовъ, какъ-то: молотокъ, клещи, раздвижной ключъ, отвертки, остро-и плоскогубцы, напильники, буравчики, тиски, шурупы, масленка, тряпки, наждачный порошокъ, костяное масло, керосинъ, вазелинъ и пр.

Фотографическія принадлежности состояются изъ слѣдующихъ предметовъ:

- 1 фонарь съ запасными стеклами и неактивнымъ желатиномъ;
- 1 мензурка целлулоидная на 200 см.<sup>3</sup>;
- 6 кюветовъ 18×24 см.;
- 2 бака оцинкованныхъ 9×12 см., по 18-ти мѣстъ;

2 станка для сушки негативовъ  $9 \times 12$  см., по 18-ти мѣстъ;  
 пластинки  
 проявитель  
 фиксажная соль  
 конверты для негативовъ  
 $\frac{1}{2}$  ф. надмарганцевоокислаго калия или 500 см.<sup>3</sup> раствора  
 40% формалина;

въ достаточномъ количествѣ;

$\frac{1}{4}$  в. денатурированнаго спирта (въ танкѣ).

Какъ выше было указано, кюветки замѣняются, для медленнаго проявленія, соответствующимъ количествомъ цинковыхъ баковъ, необходимо все же имѣть нѣсколько кюветовъ—для отдѣльнаго проявленія, спиртовой ванны и пр.

Количество пластинокъ и фотохимическихъ продуктовъ должно быть, для запаса, увеличено по крайней мѣрѣ на 20% противъ расчетнаго. Перечень необходимыхъ принадлежностей дополняется ведрами, кувшиномъ, полотенцами, и—въ случаѣ необходимости—складной лабораторіей.

### Вспомогательные приборы.

Къ набору приборовъ для фототеодолитной съемки заводитъ К. Цейссъ прилагаетъ призматическій бинокль-дальномѣръ—т. н. «телеметръ», и небольшую металлическую мензулу, снабженную запасомъ раздѣленныхъ на градусы бумажныхъ дисковъ.

Дальномѣръ употребляется для опредѣленія разстояній до снимаемой мѣстности (въ метрахъ) при выборѣ длины базисовъ, а мензула, устанавливаемая на штативѣ, служитъ для предварительнаго выбора мѣста стоянки и для нанесенія на дискъ азимутовъ базисовъ, а также азимутовъ сигналовъ и различныхъ характерныхъ точекъ мѣстности.

Однако, эти приборы въ поле обыкновенно не берутся и, по нашему мнѣнію, не являются необходимыми при производствѣ фототеодолитной съемки на желѣзнодорожныхъ изысканіяхъ.

### Послѣдовательность манипуляцій при съемкѣ.

Манипуляціи, относящіяся къ установкѣ приборовъ и производству отсчетовъ и экспозиціи, приведены ниже въ ихъ послѣдовательности.

По выборѣ мѣста для стоянки опредѣляется, при помощи телеметра, по картѣ, или глазомѣрно, приблизительное разстояніе до

подлежащей съемкѣ полосы мѣстности, а также поперечный уклонъ и превышеніе надъ мѣстомъ стоянки, въ зависимости отъ какихъ данныхъ находится необходимая длина базиса. На выбранномъ для стоянки мѣстѣ устанавливается тренога и на нее помѣщается штативъ, который приводится въ горизонтальное положеніе по круглому уровню; на штативъ устанавливается фототеодолитъ. Визированіемъ по прицѣламъ фототеодолита опредѣляется горизонтальное и вертикальное поле съемки, причемъ, въ зависимости отъ послѣдняго, объективная доска устанавливается въ требуемое положеніе; препятствія къ съемкѣ, въ видѣ попадающихъ въ поле съемки и закрывающихъ видъ на мѣстность деревьевъ, кустовъ и пр., вырубаются. Опредѣляется требуемое положеніе связующихъ и другихъ сигналовъ, которые и устанавливаются въ назначенныхъ мѣстахъ; мѣста устанавливаемыхъ сигналовъ, ихъ знакъ или № записываются въ полевую книжку. Визированіемъ по переднимъ прицѣламъ фототеодолита дается направленіе базиса, въ другомъ концѣ котораго, на разстояніи требуемой длины базиса, устанавливается вторая тренога со штативомъ, который приводится въ горизонтальное положеніе и въ пятовое отверстіе котораго вставляется марка. Кроки стоянки и расположеніе базиса по отношенію къ снимаемой полосѣ мѣстности и къ магистрали зарисовываются въ полевую книжку, съ занесеніемъ топографическихъ данныхъ.

Установка фототеодолита провѣряется по точному уровню, и визированіемъ по острію магнитной стрѣлки визирная ось объективнаго конца трубы фототеодолита устанавливается въ плоскости магнитнаго меридіана: сначала грубо—отъ руки, и окончательно—вращеніемъ барабана. Лимбъ освобождается, и его нуль подводится отъ руки подъ индексъ микроскопа I фототеодолита и окончательно устанавливается микрометрически по микроскопу; при этомъ линія нулей горизонтальнаго лимба фототеодолита будетъ приведена къ плоскости меридіана, послѣ чего лимбъ въ этомъ положеніи зажимается.

На марку штатива, установленнаго въ другомъ концѣ базиса, помѣщается обойма рейки, и въ обойму вкладывается рейка; пересѣченіе волосковъ зрительной трубы обоймы направляется точно на подвѣшенный къ фототеодолиту отвѣсъ, причемъ рейка будетъ нормальна къ базису; въ этомъ положеніи обойма съ рейкой закрѣпляются ласточкой. Барабанъ фототеодолита устанавливается на отсчетъ 10,000, фототеодолитъ отпускается и труба его направляется отъ руки на середину рейки такъ, чтобы центръ концентрическихъ окружностей совпадалъ съ центромъ объектива трубы

обоймы. Въ этомъ положеніи фототеодолитъ закрѣпляется, послѣ чего, вращеніемъ барабана фототеодолита и микрометра при трубѣ его, послѣдняя точно направляется попеременно на одинъ и на другой конецъ рейки, опредѣляемый привычнымъ къ ней прицѣломъ или острымъ ребромъ соответствующаго кольца; при этомъ по шкалѣ и барабану фототеодолита производятся отсчеты, соответствующіе визированію на тотъ и другой конецъ рейки, и записываются въ полевую книжку; отсчеты повторяются нѣсколько разъ \*).

Въ случаѣ комбинированной стоянки—изъ двухъ или трехъ базисовъ, базисы располагаются подъ углами между собою, не превышающими  $45^{\circ}$ ; направленія ихъ назначаются визированіемъ по переднимъ прицѣламъ повернутаго на соответствующій уголъ фототеодолита. Въ концахъ второго и третьаго базиса устанавливаются треноги со штативами, приводимыми въ горизонтальное положеніе по круглымъ уровнямъ; въ пятовые отверстія штативовъ вставляются марки, на которыя послѣдовательно помѣщается обойма съ рейкой, причемъ послѣдовательно измѣняются всѣ базисы, расходящіеся изъ одной общей точки, въ которой помѣщается фототеодолитъ. Въ случаѣ, если для предварительной разбивки всѣхъ нужныхъ базисовъ число взятыхъ въ поле треногъ и штативовъ оказывается недостаточнымъ, или если базисы располагаются не расходящимися изъ одной точки, а въ видѣ ломаной линіи, — разбивка и измѣреніе первыхъ двухъ базисовъ можетъ быть произведена изъ общей ихъ точки согласно вышеизложенному, разбивка же и измѣреніе третьаго базиса производится изъ точки, общей одному изъ первыхъ двухъ и третьему базисамъ, лишь по совершеніи всѣхъ манипуляцій и экспозицій пластинокъ, относящихся къ первымъ двумъ базисамъ.

По окончаніи измѣренія каждаго базиса рейка съ обоймою снимается и замѣняется прицѣломъ; послѣ измѣренія всѣхъ расходящихся изъ точки установки фототеодолита базисовъ приступаютъ къ экспозиціи пластинокъ, начиная съ тѣхъ, которыя относятся къ установленному фототеодолиту.

Рычагъ зеркала передъ объективомъ ставится соответственно положенію объективной доски; діафрагмъ объектива дается желаемый діаметръ отверстія; объективъ закрывается крышкой, или затворъ взводится для экспозиціи.

Нажимомъ на боковые захваты камеры освобождается передняя

\*) Безразлично, справа или слѣва отъ фототеодолита находится рейка, а также, на который конецъ рейки визированіе происходитъ раньше или позже.

рамка, изъ которой вынимается матовое стекло; въ пазы прижимной рамки вставляется трафаретъ соответствующей серіи пластинокъ; на мѣсто матоваго стекла вставляется кассета съ очереднымъ № пластинки, причемъ предварительно необходимо убѣдиться, что послѣдняя не экспонирована; серія и № пластинки записываются въ полевую книжку; нумераторъ ставится на соответствующій № пластинки; пластинка устанавливается въ плоскости, параллельной данному базису, для чего труба фототеодолита наводится на середину прицѣла, помѣщеннаго на штативѣ въ другомъ концѣ базиса, причемъ наведеніе это достигается: грубое—отъ руки, послѣ чего установка фототеодолита исправляется по уровню, и точное—вращеніемъ барабана; по условленному микроскопу фототеодолита производится отсчетъ азимута базиса и записывается въ полевую книжку; по актинометру опредѣляется продолжительность экспозиціи; шторка изъ кассеты вынимается, и рамка съ кассетой прижимается къ камерѣ до тѣхъ поръ, пока боковые захваты не станутъ въ соответствующее положеніе и будутъ удерживать кассету прижатой къ камерѣ; послѣ этого производится экспозиція пластинки, причемъ объективъ фототеодолита, въ случаѣ попаданія въ него лучей солнца, долженъ быть затѣненъ; по совершеніи экспозиціи, боковые захваты освобождаются, рамка съ кассетой отходитъ отъ камеры, въ кассету двигается шторка, и кассета вынимается изъ камеры. Такимъ же образомъ съ того же фототеодолита производятся экспозиціи пластинокъ, относящихся къ другимъ базисамъ, имѣющимъ общую съ первымъ базисомъ точку въ мѣстѣ первоначальной установки фототеодолита, причемъ всѣ манипуляціи по установкѣ фототеодолита, отсчетамъ азимутовъ и экспозиціи пластинокъ повторяются въ той же послѣдовательности.

Когда, такимъ образомъ, съ установленнаго въ общемъ концѣ нѣсколькихъ базисовъ фототеодолита произведены экспозиціи пластинокъ, соответствующихъ каждому изъ базисовъ,—фототеодолитъ снимается съ штатива, на которомъ былъ установленъ; вмѣсто фототеодолита въ пятовое отверстіе штатива вставляется марка съ прицѣломъ. Съ одного изъ штативовъ, соответствующихъ другому концу какого-либо изъ сходящихся въ мѣстѣ первоначальной установки фототеодолита базисовъ, снимается прицѣлъ и марка, и на штативѣ помѣщается фототеодолитъ, устанавливаемый точно по уровню. Визированіемъ трубой фототеодолита на середину марки другого конца базиса,—въ которомъ фототеодолитъ былъ уже установленъ и съ котораго была уже произведена экспозиція пластинки,—фототеодо-

лѣтъ устанавливается въ положеніе, соотвѣтствующее параллельности плоскости пластинки базису; новой установки лимба фототеодолита по меридіану и производства отсчетовъ по микроскопамъ или по барабану больше не требуется. По установкѣ фототеодолита въ требуемомъ положеніи, производится экспозиція соотвѣтствующей парной пластинки, послѣ чего фототеодолитъ снимается, переносится и устанавливается для экспозиціи слѣдующей парной пластинки на слѣдующій штативъ, и т. д.

По совершеніи экспозиціи всѣхъ пластинокъ, подается условный знакъ о снятіи ненужныхъ болѣе сигналовъ и установкѣ новыхъ — для слѣдующей стоянки; базисы измѣряются для контроля рулеткой, и приборы снимаются, разбираются и укладываются для переноски.

Въ случаѣ, если съемка производится съ магистральной, необходимо измѣрить высоту центра объектива, установленнаго надъ точкою магистральной фототеодолита, и опредѣлить уголъ между магистралью и однимъ изъ базисовъ; если же базисы расположены въ сторонѣ отъ магистральной, то связка съ магистралью устанавливается посредствомъ измѣренія горизонтальнаго заложенія длины и опредѣленія азимута линіи, связующей одинъ изъ концовъ базисовъ, въ которомъ установленъ фототеодолитъ, съ одной изъ точекъ магистральной. Для этого въ выбранной точкѣ магистральной устанавливается тренога со штативомъ и маркой, и на марку помѣщается обойма съ рейкой. Опредѣленіе длины заложенія связующей линіи и азимута послѣдней производится аналогично опредѣленію длины и азимута базисовъ; для опредѣленія превышенія центра объектива, установленнаго въ связующемъ концѣ базиса фототеодолита надъ связующей точкою магистральной, труба фототеодолита направляется на связующую точку магистральной такимъ образомъ, чтобы визированіе на точку происходило вправо отъ наблюдателя; произведеніе изъ длины горизонтальнаго заложенія связующей линіи на  $tg$  угла, прочтеннаго, съ соотвѣтствующимъ знакомъ, по вертикальному лимбу фототеодолита, будучи прибавлено къ отмѣткѣ связующей точки магистральной, дастъ отмѣтку центра объектива установленнаго въ связующемъ концѣ базисовъ фототеодолита.

Въ случаѣ магнитныхъ аномалій, связка производится съ двумя точками магистральной, для чего опредѣляются длины заложенія двухъ связующихъ линій, углы между послѣдними и однимъ изъ базисовъ и превышеніе центра объектива установленнаго въ связующемъ концѣ базисовъ фототеодолита надъ одной изъ точекъ магистральной.

Точка стоянки фототеодолита и точки магистральной, между ко-

торыми произведена связка, записываются въ полевую книжку, куда также зарисовывается схема связки и заносятся всѣ отсчеты и данныя послѣдней.

Если во время съемки съ одной стоянки условія освѣщенія замѣтно не измѣнились, то нѣтъ надобности опредѣлять продолжительность экспозиціи для каждой пластинки отдѣльно, и достаточно ограничиться лишь однимъ опредѣленіемъ, произведеннымъ передъ экспозиціей первой пластинки.

Нѣкоторыя описанныя здѣсь манипуляціи, въ зависимости отъ условій расположенія базисовъ и усмотрѣнія производителя съемки, могутъ быть производимы, конечно, и въ другой послѣдовательности, отличной отъ вышеприведенной, — какъ это выясняется изъ практики съемки, — или вовсе опущены, — напр., опредѣленіе азимутовъ базисовъ при съемкѣ мѣстности съ разбитою на ней и обозначенной сигналами магистралью.

### Производительность фототеодолитной съемки.

Время, потребное на одну комбинированную стоянку изъ двухъ базисовъ, при отсутствіи необходимости производства связки базисовъ съ магистралью, можно приблизительно опредѣлить въ 15-20 минутъ; количество стоянокъ, которыя можно сдѣлать въ день, зависитъ отъ условій мѣстности, разстояній между стоянками, обученности личнаго состава и продолжительности рабочаго дня; послѣдній бываетъ вообще меньше рабочаго дня при другой съемкѣ по той причинѣ, что въ ранніе и поздніе часы дня освѣщеніе бываетъ недостаточно активнично и снимки выходятъ неудачными; освѣщеніе становится достаточно активничнымъ обыкновенно лишь часа черезъ  $1\frac{1}{2}$ , послѣ восхода солнца, а часа за  $1\frac{1}{2}$ -2 до заката солнца активничность освѣщенія начинаетъ быстро падать и фототеодолитную съемку приходится кончать.

Вообще въ одинъ день рѣдко удается произвести съемку болѣе чѣмъ съ 10 двойныхъ стоянокъ; поэтому запаса изъ 20-ти кассетъ съ 40 пластинками обыкновенно вполне хватаетъ на цѣлый рабочий день.

Линейный дневной успѣхъ съемки — т. е. протяженіе заснятой въ 1 день полосы мѣстности — всецѣло зависитъ, кромѣ упомянутыхъ причинъ, отъ разстоянія, на которомъ производится съемка, и условія расположенія стоянокъ, — и потому колеблется въ самыхъ широкихъ предѣлахъ.

## Инструменты для разбивки магистралей.

Хотя фототеодолитъ, какъ показываетъ его названіе, представляетъ собою универсальный инструментъ, однако, употребленіе его въ качествѣ обыкновеннаго углоѣрнаго инструмента является неудобнымъ, главнымъ образомъ вслѣдствіе его громоздкости и отсутствія сѣтки въ трубѣ; поэтому для разбивки магистралей желательно имѣть гониометръ или теодолитъ. Въ виду того, что фототеодолитная съемка обыкновенно примѣняется вмѣстѣ съ тахеометрическою, — наличность теодолита, снабженнаго дальномѣромъ, является необходимой.

Пикетажъ и нивелировка магистралей производятся обычнымъ способомъ.

### Полевая книжка.

Образецъ полевой книжки, въ которую заносятся всѣ необходимыя данныя для обработки пластинокъ на стереокомпараторѣ и вычерчиванія плана, — въ предположеніи, что обработка и вычерчиваніе будетъ производиться другими, непричастными къ полевымъ работамъ произведенной съемки, лицами, — приведенъ на слѣдующей страницѣ. Всѣ послѣдующія вычисленія: точной длины базисовъ и пр. производятся уже при опредѣленіи координатъ точекъ мѣстности.

Въ случаѣ производства фототеодолитной съемки безъ предварительной разбивки магистралей — данныя ситуации опредѣляются глазоѣрно съ мѣста стоянки, и взаимны отсутствующихъ данныхъ пикетажа въ полевой книжкѣ зарисовывается возможно подробное кроки снимаемой мѣстности. Названія отдѣльныхъ предметовъ и мѣстъ записываются, и на нѣкоторые изъ нихъ, равно какъ и на различныя характерныя точки мѣстности, берутся азимуты.

На заглавномъ листѣ книжки пишутся опредѣленные опытнымъ путемъ: поправка азимутовъ и коэффициенты поправки длины базисовъ, — которые и принимаются во вниманіе при вычисленіи координатъ точекъ мѣстности и вычерчиванія плана.

Въ книжкѣ имѣется для каждой стоянки по 3 графы для базисовъ, — что соответствуетъ производству комбинированныхъ тройныхъ стоянокъ. Комбинированныя стоянки съ большимъ числомъ базисовъ на изысканіяхъ употребляются крайне рѣдко, и потому 3 графы для базисовъ обыкновенно бываетъ достаточно.

Въ случаѣ магнитныхъ аномалій, когда азимуты не могутъ быть взяты, соответствующія графы азимутовъ въ полевой книжкѣ должны быть замѣнены графами угловъ между базисами, между связками и пр.

# ПОЛЕВАЯ КНИЖКА.

| Стоянна № .....

| (Кроки мѣстности).

| Связующіе сигналы. | Сигналы на магистралах. |
|--------------------|-------------------------|
|                    |                         |
|                    |                         |
|                    |                         |
|                    |                         |

| Названія точекъ мѣстности. | Азимуты. |
|----------------------------|----------|
|                            |          |
|                            |          |
|                            |          |
|                            |          |

(Лѣвая страница).

|                                    |  |  |  |
|------------------------------------|--|--|--|
| Серія и №№ пласти-<br>нонь.        |  |  |  |
| Базисы.                            |  |  |  |
| Отсчеты по барабану.               |  |  |  |
| Длина рейки.                       |  |  |  |
| Азимуты базисовъ.                  |  |  |  |
| Приблизительная длина<br>базисовъ. |  |  |  |

(Кроки раасположенія базисовъ и магистралей).

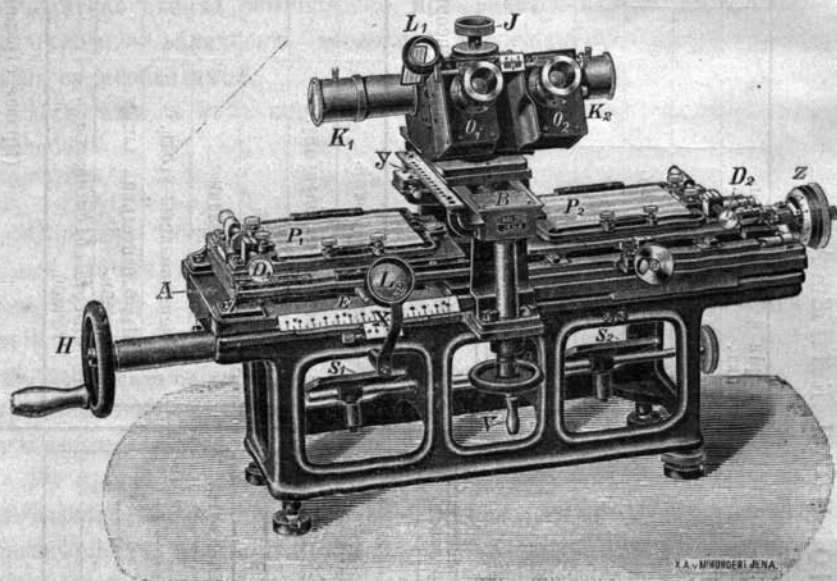
|                        |                                  |  |  |
|------------------------|----------------------------------|--|--|
| Съемка съ магистралей. | Связующія точки.                 |  |  |
|                        | Отсчеты по барабану.             |  |  |
|                        | Длина рейки.                     |  |  |
|                        | Азимутъ связи.                   |  |  |
|                        | Вертикальный уголъ.              |  |  |
|                        | Приблизительная длина<br>связки. |  |  |
|                        | Высота объектива надъ<br>точкой. |  |  |

(Правая страница).

### Стереокомпараторъ.

Вычисленіе координатъ точекъ мѣстности производится на основаніи измѣренныхъ на пластинкахъ—негативахъ или діапозитивахъ—входящихъ въ ур-ія (9) величинъ  $a=x-\xi$ ,  $x$  и  $y$  для этихъ точекъ.

Примѣнявшееся въ прежнее время измѣреніе этихъ линейныхъ величинъ непосредственно, при помощи циркуля и масштаба, не



Фиг. 26.

обладало достаточною для практическихъ цѣлей точностью; въ настоящее время оно производится при помощи спеціальнаго оптическаго приспособленія—стереокомпаратора.

Конструкція стереокомпаратора модели *D*, предназначенной для обработки пластинокъ размѣромъ  $9 \times 12$  см., состоитъ въ слѣдующемъ (фиг. 26).

На сквозной чугунной рамѣ, снабженной вывинчивающимися ножками, для солидной установки на рабочемъ столѣ, посредствомъ винтовой передачи и маховичка *H* передвигается на продольныхъ салазкахъ, вправо или влево относительно наблюдателя, плоская рама *A*; величина перемѣщенія рамы *A* отъ нѣкотораго ея начального положенія измѣряется по снабженной ноніусомъ шкалѣ *X*.

На плоской рамѣ *A* помѣщаются 2 рамки: лѣвая *P*<sub>1</sub> и правая *P*<sub>2</sub>, въ которыя вставляются пластинки, укрѣпляемые въ рамкахъ

зажимами; винты  $D_1$  и  $D_2$  служат для приведения рамок съ вставленными въ нихъ пластинками въ надлежащее положеніе.

Лѣвая рамка  $P_1$  можетъ нѣсколько перемѣщаться вдоль рамы  $A$  и закрѣпляться въ желаемомъ положеніи винтомъ  $E$ ; правая рамка  $P_2$  можетъ перемѣщаться вдоль рамы  $A$  посредствомъ винтовой передачи и барабана  $Z$ ; величина перемѣщенія правой рамы  $P_2$  относительно ея нѣкотораго начального положенія вправо и, слѣдовательно, относительно положенія лѣвой закрѣпленной рамки  $P_1$ , т. е. величина увеличенія раздвиженія одна отъ другой рамокъ  $P_1$  и  $P_2$ ,—измѣряется по шкалѣ и барабану  $Z$  числомъ оборотовъ винта; мертвый его ходъ уничтожается пружиной.

Правая рамка  $P_2$ , кромѣ того, можетъ перемѣщаться поперекъ рамы  $A$  посредствомъ винта  $C$ .

Посредины длины чугунной рамы укрѣпленъ поперечный мостъ  $B$ , на которомъ посредствомъ винтовой передачи и маховичка  $V$  передвигается, въ поперечномъ относительно передвиженія рамы  $A$  направленіи, столикъ съ привинчиваемой къ нему посредствомъ винта  $I$  оптической частью прибора—стереомикроскопомъ; величина перемѣщенія столика съ стереомикроскопомъ отъ нѣкотораго начального ихъ положенія измѣряется по снабженной нониусомъ шкалѣ  $Y$ .

Точность нониусовъ шкалъ  $X$  и  $Y$ —0,02 мм.; какъ выше мы допустили, отсчетъ по этимъ шкаламъ возможно производить, оцѣнивая на глазъ относительное положеніе смежныхъ дѣленій нониуса между смежными дѣленіями шкалы, съ точностью до 0,01 мм. Винтъ  $Z$  имѣетъ шагъ въ 1 мм., и барабанъ его раздѣленъ по окружности на 100 дѣленій; оцѣнивая на глазъ показаніе индекса барабана съ точностью до  $\frac{1}{10}$  промежутка между дѣленіями, мы можемъ дѣлать отсчеты по барабану съ точностью до  $\frac{1}{1000}$  его оборота или до 0,001 мм.

Стереомикроскопъ—6-кратнаго увеличенія; въ его окуляры  $O_1$  и  $O_2$ , черезъ систему чечевицъ и призмъ, попадаютъ лучи черезъ объективы  $K_1$  и  $K_2$ , оптическія оси которыхъ направлены внизъ, нормально къ соотвѣствующимъ пластинкамъ  $P_1$  и  $P_2$ ; объективы могутъ закрываться блендами.

Дѣйствуя маховичками  $H$  и  $V$ , мы можемъ поставить изображеніе на лѣвой пластинкѣ  $P_1$  любой точки мѣстности подъ центромъ лѣваго объектива  $K_1$  стереомикроскопа; посредствомъ барабана  $Z$  и винта  $C$  мы можемъ подвести изображеніе той же точки мѣстности на правой пластинкѣ подѣ центръ праваго объектива  $K_2$ ;

при этомъ оба изображенія одной и той же точки мѣстности на обѣихъ пластинкахъ, при одновременномъ наблюдении въ окуляры  $O_1$  и  $O_2$ , будутъ казаться совмѣщенными въ одно, при чрезвычайномъ стереоскопическомъ эффектѣ всей помѣщающейся въ полѣ зрѣнія мѣстности.

Если при нѣкоторомъ начальномъ положеніи обѣихъ пластинокъ  $P_1$  и  $P_2$ , при которомъ центры осей координатъ пластинокъ, вставленныхъ надлежащимъ образомъ въ стереокомпараторъ, находились бы точно подъ центрами соотвѣствующихъ объективовъ  $K_1$  и  $K_2$ , отсчеты по барабану  $Z$  и по шкаламъ  $X$  и  $Y$  были бы соотвѣственно равны: 0,  $x_0$  и  $y_0$ , и, при совмѣщеніи подъ центрами обѣихъ объективовъ тождественныхъ на обѣихъ пластинкахъ изображеній какой-либо точки мѣстности, соотвѣствующие отсчеты были бы  $z_i$ ,  $x_i$  и  $y_i$ , — то значенія величинъ  $a$ ,  $x$  и  $y$  для вычисленій координатъ этой точки мѣстности относительно центра объектива лѣваго фототеодолита по формуламъ (9) будутъ:

$$\left. \begin{aligned} a &= x - \xi = z_i \\ x &= x_i - x_0 \\ y &= y_i - y_0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (116)$$

Работа на стереокомпараторѣ, такимъ образомъ, сводится къ совмѣщенію, расположеніемъ подъ центрами обѣихъ объективовъ, тождественныхъ изображеній точекъ мѣстности, и къ производству при этомъ по барабану  $Z$  и шкаламъ  $X$  и  $Y$  отсчетовъ значеній  $z_i = a$ ,  $x_i$  и  $y_i$ , послѣ чего координаты точекъ мѣстности по формуламъ (9) могутъ быть найдены вычисленіемъ.

### Установка стереокомпаратора.

Установка стереокомпаратора для работы состоитъ въ установкѣ стереомикроскопа, — зависящей отъ зрѣнія наблюдателя, и установкѣ пластинокъ — негативовъ или діапозитовъ — въ требуемое для производства измѣреній положеніе. Стереомикроскопъ устанавливается по зрѣнію и главному разстоянію наблюдателя.

Установка окуляровъ по зрѣнію наблюдателя производится надъ каждымъ окуляромъ отдѣльно вращеніемъ окуляра до того положенія, при которомъ нанесенные на стеклѣ, помѣщенномъ за окуляромъ, баллонъ съ обращеннымъ внизъ крестикомъ и масштабы будутъ ясно видны наблюдателю и не будутъ имѣть параллакса

при перемѣщеніи глаза наблюдателя отъ одного края окуляра къ другому.

Положеніе окуляра указывается индексомъ на шкалѣ; опредѣливъ однажды нужное положеніе окуляровъ, наблюдатель въ слѣдующій разъ устанавливаетъ послѣдніе сразу по шкалѣ. Такъ какъ глаза наблюдателя вообще могутъ быть неодинаковы, то и соотвѣтствующія показанія окулярныхъ шкалъ могутъ не быть равны между собою.

Послѣ установки окуляровъ по зрѣнію, послѣдніе устанавливаются по главному разстоянію наблюдателя посредствомъ помѣщенного надъ окулярами винта; вращеніемъ послѣднего окуляры сдвигаются или раздвигаются до того положенія, пока оба свѣтлые круга поля зрѣнія окуляровъ, при одновременномъ наблюденіи въ оба окуляра, не совмѣстятся въ одинъ кругъ, причемъ глаза наблюдателя не должны испытывать никакого напряженія.

Глазное разстояніе указывается на шкалѣ винта, и, будучи однажды опредѣлено, въ слѣдующій разъ устанавливается наблюдателемъ по шкалѣ сразу на требуемую величину.

Установку окуляровъ слѣдуетъ производить особенно тщательно, такъ какъ отъ работы при неправильной установкѣ зрѣніе наблюдателя крайне утомляется.

Пластины,—т. е. негативы или діапозитивы,—закладываются въ рамки: снятая съ лѣваго конца базиса пластинка—въ лѣвую рамку, и снятая съ праваго конца базиса пластинка—въ правую рамку; негативы при этомъ должны быть обращены желатинымъ слоемъ внизъ, а діапозитивы—вверхъ; такимъ образомъ изображеніе мѣстности будетъ имѣть естественный видъ. Пластины укрѣпляются въ рамкахъ неподвижно посредствомъ зажимовъ и освѣщаются помѣщенными внутри рамы зеркалами  $S_1$  и  $S_2$ ; необходимо убѣждаться, что пластины послѣ закрѣпленія зажимовъ не болтаются въ рамкахъ, такъ какъ измѣнившееся во время работы на стереомпараторѣ положеніе пластинокъ нарушаетъ правильность ихъ установки и ведетъ къ неправильнымъ отсчетамъ.

По вставленіи пластинокъ, оптическая часть прибора ставится, посредствомъ маховичка у праваго окуляра, на разстояніе рѣзкаго изображенія пластинокъ при разсматриваніи ихъ въ окуляры, и въ этомъ положеніи закрѣпляется зажимомъ, помѣщеннымъ на задней стѣнѣ стереомикроскопа.

Установка обѣихъ пластинокъ въ правильное начальное положеніе обуславливается параллельностью осей координатъ  $X$  и  $Z$

пластинокъ направленію продольныхъ передвиженій рамки  $A$ , и осей координатъ  $U$  и  $Y$  пластинокъ направленію поперечныхъ передвиженій стереомикроскопа; начальное положеніе лѣвой пластинки соотвѣтствуетъ при этомъ визированію въ стереомикроскопъ на центръ координатныхъ осей лѣвой пластинки.

Какъ было выше упомянуто, оси  $U$ -овъ и  $Y$ -овъ обозначаются на пластинкахъ двумя мѣтками, расположенными посрединѣ ширины пластинки у ея верхняго и нижняго краевъ, а оси  $X$ -овъ и  $Z$ -овъ остріемъ треугольнаго выступа съ правой стороны пластинки; направленіе визирныхъ осей стереомикроскопа опредѣляется крестикомъ баллона, помѣщеннаго въ центрѣ поля зрѣнія каждой трубы стереомикроскопа. Правильная установка пластинокъ, обусловливающая параллельность координатныхъ осей пластинокъ направленіямъ перемѣщенія рамы  $A$  и стереомикроскопа, будетъ достигнута, если оба крестика, направленные на верхнія, опредѣляющія оси координатъ  $U$  или  $Y$ , мѣтки обѣихъ пластинокъ, при перемѣщеніи стереомикроскопа внизъ, т. е. къ наблюдателю, упадутъ на нижнія мѣтки.

Послѣдующимъ приведеніемъ крестика лѣваго окуляра къ уровню треугольнаго выступа лѣвой пластинки, т. е. къ центру ея координатъ, и отсчетовъ по шкаламъ  $X$  и  $Y$ —къ нѣкоторымъ начальнымъ отсчетамъ  $x_0$  и  $y_0$  достигается начальная установка шкалъ, соотвѣтствующая визированію на центръ координатъ лѣвой пластинки.

Въ виду того, что въ формулы (9) входятъ лишь величины  $x$ ,  $y$  и  $a$ , изъ которыхъ первыя двѣ относятся къ лѣвой пластинкѣ, а третья—есть разность  $x-\xi$ , не зависящая отъ взаимнаго положенія координатныхъ осей  $X$ -овъ и  $Z$ -овъ на пластинкахъ, то для производства отсчетовъ этихъ величинъ на стереокомпараторѣ и для начальной установки барабана и шкалъ—необходима начальная установка визирной оси лѣвой трубы стереомикроскопа на центръ координатъ лѣвой пластинки, и визирной оси правой трубы—лишь вообще на ось координатъ  $Y$ -овъ правой пластинки; какое при этомъ занимаетъ визирная ось правой трубы положеніе по высотѣ пластинкѣ—безразлично.

Установка визирной оси правой трубы на оси координатъ  $Y$ -овъ правой пластинки достигается, подобно предыдущему, установкою визирной оси правой трубы по мѣткамъ правой пластинки.

Точность установки визирныхъ осей стереомикроскопа по координатнымъ осямъ  $U$ -овъ и  $Y$ -овъ пластинокъ всецѣло зависитъ,

такимъ образомъ, отъ точности установки крестика, помѣщеннаго въ центрѣ поля зрѣнія каждаго окуляра, на серединѣ мѣтки; крестикъ помѣщается на нижней, продолженной части фигуры, имѣющей видъ баллона и позволяющей установить центръ крестика на серединѣ мѣтки съ большою точностью. О правильности установки крестика можно судить по сравнительной величинѣ площадей луночекъ, отсѣваемыхъ баллономъ на подведенной подъ нею мѣткѣ, — какъ показано на фиг. 27.

При равенствѣ площадей обѣихъ луночекъ достигается помѣщеніе вертикальнаго діаметра баллона на серединѣ мѣтки.

Установка производится сначала по отношенію къ лѣвой пластинкѣ, а потомъ — правой. Установка лѣвой пластинки производится слѣдующимъ образомъ:

Закрывъ бленду праваго объектива стереомикроскопа, подводимъ посредствомъ вращенія маховичковъ *H* и *V* крестикъ лѣваго окуляра на середину одной изъ мѣтокъ — напр. верхней — лѣвой пластинки; не трогая маховичка *H*, — маховичкомъ *V* подводимъ крестикъ къ уровню нижней мѣтки; установленный на середину верхней мѣтки, крестикъ на середину нижней мѣтки при этомъ сразу не попадаетъ. Вращая винтъ *D*<sub>1</sub>, поворачиваемъ рамку *P*<sub>1</sub> съ лѣвой пластинкой до тѣхъ поръ, пока горизонтальное разстояніе между крестикомъ и нижней мѣткой не уменьшится на половину, послѣ чего устанавливаемъ крестикъ точно по серединѣ нижней мѣтки при помощи маховичковъ *H* и *V*. Затѣмъ, вращая одинъ маховичекъ *V*, снова переводимъ крестикъ къ верхней мѣткѣ, середина которой съ нимъ уже не совпадаетъ, — хотя и менѣе, чѣмъ было у нижней; снова подводимъ крестикъ на середину верхней мѣтки, дѣйствуя сначала винтомъ *D*<sub>1</sub>, пока горизонтальное разстояніе между крестикомъ и центромъ мѣтки не уменьшится на половину, и затѣмъ, устанавливая точно крестикъ на середину мѣтки маховичками *H* и *V*, снова маховичкомъ *V* переводимъ крестикъ въ нижней мѣткѣ и т. д. Съ каждымъ разомъ несовпаденіе крестика и мѣтокъ дѣлается все меньше, и на 4-5 разъ обыкновенно достигается полное совпаденіе центровъ крестика и обѣихъ мѣтокъ, т. е. что крестикъ, установленный на центръ верхней мѣтки пластинки, переводится вращеніемъ одного лишь маховичка *V* на центръ нижней мѣтки; при этомъ ось *У*-овъ лѣвой пластинки будетъ лежать въ



Фиг. 27.

визирной плоскости лѣвой трубы стереомикроскопа, и перемѣщенія послѣдняго посредствомъ маховичка  $V$  будутъ совершаться параллельно оси  $Y$ -овъ лѣвой пластинки. Такъ какъ направленіе перемѣщеній рамы  $A$ —посредствомъ маховичка  $H$ —нормально направленію перемѣщеній стереомикроскопа—посредствомъ маховичка  $V$ ,—то перемѣщенія рамы  $A$  и пластинокъ посредствомъ маховичка  $H$  будутъ совершаться параллельно оси  $X$ -овъ лѣвой пластинки.

Слѣдовательно, если  $x_0$  и  $y_0$  будутъ отсчеты по шкаламъ  $X$  и  $Y$  при нѣкоторомъ начальномъ положеніи рамы  $A$  и стереомикроскопа, при которомъ крестикъ лѣваго окуляра совпадаетъ съ центромъ координатныхъ осей лѣвой пластинки, а  $x_i$  и  $y_i$  —отсчеты по тѣмъ же шкаламъ при совпаденіи крестика лѣваго окуляра съ изображеніемъ нѣкоторой точки  $J$  на той же пластинкѣ, то величины  $x$  и  $y$  для этой точки будутъ соответственно равны:

$$\left. \begin{aligned} x &= x_i - x_0 \\ y &= y_i - y_0 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (117)$$

какъ того и требуютъ два послѣднихъ ур-ія (116).

Аналогично вышеизложенному совершается и установка правой пластинки; при этомъ бленда праваго объектива открывается, бленда лѣваго—закрывается, и установка пластинки производится вращеніемъ барабана  $Z$ , маховичка  $V$  и винта  $D_2'$ , маховичекъ же  $H$ , по установкѣ лѣвой пластинки и при установкѣ правой, остается неподвижнымъ.

По установкѣ, такимъ образомъ, координатныхъ осей  $Y$ -овъ и  $Y$ -овъ пластинокъ въ плоскостяхъ визирныхъ осей соответствующихъ трубъ стереомикроскопа, начальный отсчетъ по барабану  $Z$ , соответствующій начальной величинѣ раздвиженія между собой координатныхъ осей  $Y$ -овъ и  $Y$ -овъ пластинокъ, приводится къ нулю,—для чего винтовой валъ барабана зажимается особымъ винтикомъ, рычажекъ шкалы цѣлыхъ оборотовъ вала освобождается, послѣдняя приводится къ нулевому показанію индекса и закрѣпляется въ этомъ положеніи рычажкомъ; лѣвая же часть барабана, имѣющая видъ обода съ нанесенными дѣленіями и вращающаяся съ легкимъ треніемъ по правой, ставится на нулевое показаніе индекса.

Иногда шкалы цѣлыхъ оборотовъ вала барабана сразу привести къ нулевому показанію не удастся, такъ какъ просторъ перемѣщенія шкалы можетъ оказаться недостаточнымъ; въ такомъ случаѣ необходимо сдѣлать нѣсколько поворотовъ барабаномъ  $Z$ , чтобы при-

ведение шкалы цѣлыхъ оборотовъ вала къ нулю стало возможнымъ; перемѣщеніе правой рамки  $P_2$  отъ вращения барабана слѣдуетъ компенсировать такимъ же числомъ оборотовъ маховичка  $H$ , пока мѣтки правой пластинки снова не попадутъ подъ крестикъ праваго окуляра, послѣ чего, освободивъ рычажекъ  $E$ , сдвинуть лѣвую рамку  $P_1$  въ сторону перемѣщенія правой рамки  $P_2$  настолько, чтобы мѣтки лѣвой пластинки приходились около плоскости визирной оси лѣваго окуляра; въ этомъ положеніи лѣвая рамка  $P_1$  зажимается винтомъ  $E$ , мѣтки лѣвой пластинки снова точно устанавливаются подъ крестикомъ лѣваго окуляра вращеніемъ маховичка  $H$ , а мѣтки правой пластинки—подъ крестикомъ праваго окулятора вращеніемъ барабана  $Z$ , послѣ чего приведеніе шкалы цѣлыхъ оборотовъ вала  $Z$  къ нулю можетъ быть исполнено.

Такъ какъ винтовой валъ и барабанъ  $Z$  прикрѣпленъ къ рамѣ  $A$  и передвигается вмѣстѣ съ послѣднею при вращеніи маховичка  $H$ , то, вращая при визированіи въ лѣвый окуляръ на изображеніе какой-либо точки мѣстности на лѣвой пластинкѣ, барабанъ  $Z$ —для визированія на изображеніе той же точки мѣстности въ правый окуляръ на правой пластинкѣ, мы этимъ самымъ перемѣщаемъ координатную ось  $Y$ -овъ правой пластинки относительно такой же оси лѣвой пластинки на величину разности координатъ  $x$  изображеній точки мѣстности

$$x - \xi = a,$$

которая и отсчитывается сразу по шкалѣ и окружности барабана  $Z$ .

Послѣ установки барабана  $Z$  и его шкалы на нулевое показаніе, устанавливается шкала  $X$  на нѣкоторый начальный отсчетъ  $x_0$ , соотвѣтствующій совмѣщенію крестика лѣваго окуляра съ центромъ координатныхъ осей лѣвой пластинки; для этого, убѣдившись, что крестикъ лѣваго окуляра поставленъ точно на центрѣ мѣтки лѣвой пластинки, подвигиваемъ винтъ при ноніусѣ шкалы  $X$  до ближайшаго круглаго отсчета,—напр., 65,00,—который и принимается за начальный  $x_0$  и записывается въ соотвѣтствующемъ мѣстѣ бланка.

Наконецъ, устанавливается на начальный отсчетъ шкала  $У$ , для чего вращеніемъ маховичковъ  $H$  и  $V$  крестикъ лѣваго микроскопа наводится на остріе треугольника на правомъ углу лѣвой пластинки; положеніе острія этого треугольника по высотѣ соотвѣтствуетъ горизонту оптической оси объектива фототеодолита и опредѣляетъ положеніе оси  $X$ -овъ на пластинкѣ. По совмѣщеніи

крестика съ остріемъ треугольника, показаніе шкалы  $U$  приводится, подвинчиваніемъ нониуса, къ ближайшему круглому отсчету, который принимается за начальный  $y_0$  и записывается въ соответствующемъ мѣстѣ бланка.

### Работа на стереокомпараторѣ.

Обработка установленной вышеописаннымъ образомъ въ стереокомпараторѣ пары пластинокъ—негативовъ или діапозитивовъ—состоитъ въ слѣдующемъ.

Закрывъ бленду праваго объектива и открывъ бленду лѣваго, подводимъ, вращеніемъ маховичковъ  $H$  и  $V$ , изображеніе на лѣвой пластинкѣ опредѣляемой точки мѣстности подъ крестикъ лѣваго окуляра; послѣ этого бленду лѣваго объектива закрываемъ, открываемъ бленду праваго и вращеніемъ барабана  $Z$  и винта  $C$  подводимъ изображеніе той же точки на правой пластинкѣ подъ крестикъ праваго окуляра. Если теперь открыть бленду лѣваго окуляра и посмотрѣть одновременно въ оба окуляра, то оба изображенія точки будутъ казаться наблюдателю совмѣщенными въ одно, причемъ получается поразительный эффектъ стереоскопическаго изображенія всей мѣстности, помѣщающейся въ полѣ зрѣнія; оба крестика кажутся однимъ, упاداющимъ въ пространство на опредѣленную точку мѣстности; конфигурація послѣдней осязается до малѣйшихъ подробностей рельефа,—гораздо сильнѣе, чѣмъ въ натурѣ, ибо мы какъ бы разсматриваемъ рельефную модель мѣстности, воспроизведенную въ точномъ соответствіи съ натурой въ масштабъ во столько разъ меньшемъ натурального, во сколько разъ наше глазное разстояніе меньше длины базиса съемки. По совмѣщеніи обоихъ изображеній выбранной точки, дѣлаемъ отсчеты:  $z_i$  — по барабану  $Z$ ,  $x_i$  — по шкалѣ  $X$  и  $y_i$  — по шкалѣ  $Y$ , которые записываемъ на бланкѣ въ графѣ данной точки, послѣ чего переходимъ къ совмѣщенію изображеній слѣдующей точки, и т. д.

При нѣкоторомъ навыкѣ въ работѣ открываніе и закрываніе блендъ объективовъ становится излишнимъ, и наблюдатель производитъ совмѣщеніе изображеній точекъ на обѣихъ пластинкахъ при открытыхъ блендахъ.

Винтъ  $C$  правой пластинки въ начальной установкѣ пластинокъ не участвуетъ и шкалы не имѣетъ; вращеніемъ его компенсируется разность горизонтовъ центровъ объективовъ обоихъ фототеодолитовъ, которая, какъ мы видѣли, въ формулы (9) для опредѣленія координатъ точекъ мѣстности не входитъ и потому обы-

кновенно не опредѣляется вовсе, кромѣ нижеслѣдующихъ случаевъ.

При съемкѣ съ магистральной, а также при связкѣ съемки съ различныхъ базисовъ одной комбинированной стоянки бываетъ, что известна отмѣтка центра объектива праваго фототеодолита, тогда какъ для вычисленія отмѣтокъ точекъ мѣстности необходимо знать отмѣтку центра объектива лѣваго фототеодолита. Последняя опредѣляется въ этихъ случаяхъ на стереокомпараторѣ слѣдующимъ образомъ.

Предположимъ, что начальный отсчетъ по шкалѣ  $U$  былъ  $y_0$ , а отсчетъ по той же шкалѣ для изображенія на лѣвой пластинкѣ нѣкоторой произвольной точки  $J$ , при совмѣщеніи обоихъ изображеній, былъ  $y_i$ ; тогда, если  $H_i$  есть отмѣтка точки и  $H_0$  — отмѣтка центра объектива лѣваго фототеодолита, то, сохраняя прежнія обозначенія, будемъ имѣть

$$H_i = H_0 + \frac{B}{a}(y_i - y_0) \quad . \quad . \quad . \quad (118)$$

Приведемъ посредствомъ маховичка  $V$  стереоскопъ снова въ начальное положеніе, при которомъ отсчетъ по шкалѣ  $U$  будетъ  $y_0$ , и, не трогая болѣе маховичка  $V$  и дѣйствуя лишь маховичкомъ  $H$  и винтомъ  $C$ , приведемъ остріе треугольника правой пластинки подъ крестикъ праваго окуляра, послѣ чего, не трогая болѣе винта  $C$  и дѣйствуя маховичками  $H$  и  $V$ , подведемъ подъ крестикъ праваго окуляра изображеніе точки  $J$  на правой пластинкѣ.

Дѣйствуя затѣмъ маховичками  $H$  и  $V$  и не трогая винта  $C$ , приведемъ остріе треугольника правой пластинки подъ крестикъ праваго окуляра; пусть при этомъ отсчетъ по шкалѣ  $U$  будетъ  $y'_0$ , тогда, если  $H'_0$  есть отмѣтка центра объектива праваго фототеодолита, напомнимъ, сохраняя прежнія обозначенія:

$$H_i = H'_0 + \frac{B}{a}(y_i - y'_0) \quad . \quad . \quad . \quad (119)$$

На основаніи ур-ій (118) и (119) напомнимъ:

$$H_0 = H'_0 + \frac{B}{a}(y_0 - y'_0) \quad . \quad . \quad . \quad (120)$$

или

$$H_0 - H'_0 = \frac{B}{a}(y_0 - y'_0) \quad , \quad . \quad . \quad . \quad (121)$$

откуда можемъ вычислить отмѣтку центра объектива лѣваго фототеодолита по данной отмѣткѣ центра объектива праваго фототеодолита, или разность этихъ отмѣтокъ.

Строго говоря, членъ  $\frac{B}{a} (y_i - y_0)$  формулы (118) выражаетъ превышеніе точки  $J$  надъ плоскостью координатъ  $ZX$ , отнесенной къ лѣвому фототеодолиту согласно фиг. 1, тогда какъ членъ  $\frac{B}{a} (y_i - y'_0)$  формулы (119) выражаетъ превышеніе точки  $J$  надъ плоскостью координатъ— $Z\Xi$ , аналогичной  $ZX$  и отнесенной къ правому фототеодолиту; поэтому разность этихъ членовъ, будетъ равняться разности отмѣтокъ центровъ объективовъ обоихъ фототеодолитовъ лишь въ томъ случаѣ, если обѣ вышеупомянутыя плоскости координатъ горизонтальны, что возможно лишь при идеально-точной установкѣ обоихъ фототеодолитовъ. Поэтому значенія разности  $H_0 - H'_0$ , опредѣленные на основаніи совмѣщенія различныхъ точекъ мѣстности, вообще нѣсколько отличаются другъ отъ друга; за истинное значеніе разности приходится брать среднее изъ ея значеній, полученное на основаніи совмѣщенія различныхъ точекъ, расположенныхъ какъ въ правой, такъ и въ лѣвой части пластинокъ, въ предѣлахъ снимаемой полосы мѣстности и возможно ближе къ будущей трассѣ.

Для бесконечно удаленной точки равенство (121) обращается въ

$$H_0 - H'_0 = \frac{B}{0} (y_0 - y'_0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (122)$$

Такъ какъ  $H_0 - H'_0$  есть величина конечная и  $B$  отлично отъ нуля, то

$$y_0 = y'_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (123)$$

и ур-іе (122) ведетъ къ неопредѣленности.

Нанесенные на стеклѣ внутри трубъ стереомикроскопа, вмѣстѣ съ баллономъ, горизонтальные и вертикальный масштабы служатъ для упрощенія производства отсчетовъ при опредѣленіи размѣровъ правильныхъ контуровъ, напримѣръ, фасадовъ зданій. При этомъ оба крестика баллоновъ устанавливаются на одну изъ подлежащихъ опредѣленію точекъ, напримѣръ, середину основанія, для которой и производятся отсчеты по барабану  $Z$  и шкаламъ  $X$  и  $Y$ ; отсчетъ  $y$ , соотвѣтствующій, напримѣръ, коньку крыши зданія, найдется изъ отсчета  $y$ , соотвѣтствующаго серединѣ основанія, сложеннаго съ отсчетомъ по масштабу, отсѣкаемымъ на послѣднемъ конькомъ крыши. Если базисъ расположенъ параллельно фасаду зданія, то такимъ же образомъ,—изъ отсчета  $x$ , соотвѣтствующаго серединѣ основанія, и отсчетовъ по горизонтальнымъ

масштабамъ, отсѣкаемыхъ на послѣднихъ контуромъ фасада, могутъ быть найдены соотвѣтствующіе длинѣ контура отсчеты  $x$ .

Количество опредѣляемыхъ точекъ мѣстности, равно какъ выборъ и порядокъ опредѣленія ихъ всецѣло зависятъ отъ усмотрѣнія наблюдателя, условій и рельефа мѣстности, количества вышедшихъ подробностей, желаемой степени точности плана и быстроты работы. Такъ какъ поле зрѣнія стереомикроскопа сравнительно мало—оно обнимаетъ собою на пластинкѣ кругъ, діаметромъ около 12 мм.—то наблюдатель можетъ обозрѣвать разомъ сравнительно небольшую площадь мѣстности, что, при постоянномъ отрываніи глазъ наблюдателемъ отъ микроскоповъ въ шкаламъ, для производства отсчетовъ, и при однообразномъ видѣ и рельефѣ мѣстности ведетъ къ забыванію наблюдателемъ уже разсмотрѣнныхъ мѣстъ и къ повторному опредѣленію координатъ такихъ точекъ, координаты которыхъ были уже разъ опредѣлены.

Мѣстность, подлежащая съемкѣ на желѣзнодорожныхъ изысканіяхъ, обыкновенно представляетъ полосу сравнительно небольшой ширины, простирающуюся болѣе или менѣе параллельно базису. Такъ какъ при этомъ изображеніе подлежащей съемкѣ мѣстности будетъ занимать на пластинкѣ сравнительно небольшую часть высоты послѣдней и всю ея ширину, то вообще удобнѣе производить разсмотрѣніе пластинокъ въ порядкѣ послѣдовательнаго опредѣленія точекъ, имѣющихъ болѣе или менѣе одинаковое значеніе  $X_i$ ; въ виду меньшихъ размѣровъ изображенія полосы мѣстности по высотѣ пластинки, чѣмъ по ширинѣ, наблюдатель при этомъ скорѣе возвращается къ только что разсмотрѣнной и еще имъ не забытой мѣстности, чѣмъ при разсмотрѣніи пластинокъ въ порядкѣ послѣдовательнаго опредѣленія точекъ, имѣющихъ приблизительно одинаковое значеніе  $y_i$ .

При очень неправильной конфигураціи мѣстности, напримѣръ, при размытыхъ косогорахъ, оврагахъ, скалахъ и пр. бываетъ удобнѣе опредѣлять послѣдовательно точки тальвеговъ и водораздѣловъ, такъ какъ правильное соединеніе точекъ въ треугольники для вычерчиванія плана въ горизонталяхъ при сильно пересѣченномъ рельефѣ мѣстности бываетъ весьма затруднительнымъ. При этомъ на бланкахъ, въ графѣ «примѣчаній», отмѣчаются точки, принадлежащія одному и тому же тальвегу, склону или водораздѣлу.

Для удобства производства отсчетовъ, нониусы при шкалахъ  $X$  и  $Y$  стереокомпаратора снабжены лупами; отсчетъ по нониусу  $Y$  производится въ зеркальце, устанавливаемое въ надлежащее положе-

ніе; стеклянная пластинка, помѣщенная между шкалой и зеркальцемъ, служить для освѣщенія нониуса.

Во время работы слѣдуетъ остерегаться трогать винты  $D_1$  и  $D_2$ , такъ какъ это ведетъ къ нарушенію правильности установки пластинокъ; во избѣжаніе возможности такого нарушенія можно переставить винты  $D_1$  и  $D_2$  съ ихъ обоймами одинъ на мѣсто другого, причемъ головки ихъ будутъ обращены къ задней сторонѣ стереокомпаратора.

### Обстановка работы на стереокомпараторѣ.

Стереокомпараторъ слѣдуетъ устанавливать на столѣ передъ окномъ, снабженнымъ шторой—въ случаѣ возможности попаданія солнечныхъ лучей, и на нѣкоторомъ разстояніи отъ окна. Въ случаѣ необходимости производить работу на стереокомпараторѣ при электрическомъ освѣщеніи,—2 лампочки накаливанія подвѣшиваются внутри чугунной рамы надъ зеркалами  $S_1$  и  $S_2$  и служатъ для освѣщенія пластинокъ снизу, а третья лампочка подвѣшивается надъ шкалой  $U$  и служитъ для освѣщенія шкалъ, барабана и рабочего стола. Лампочки слѣдуетъ предпочтительно примѣнять съ металлическими нитями, такъ какъ при употребленіи выдѣляющихъ большое количество тепла лампочекъ съ угольными нитями, пластинки, вставленные и зажатые въ предварительно нагрѣтомъ стереокомпараторѣ, могутъ лопнуть отъ расширенія при нагрѣваніи.

Отсутствіе дневного или электрическаго освѣщенія сильно затрудняетъ работу на стереокомпараторѣ. При работѣ съ керосиновыми лампами 2 лампы ставятся передъ зеркалами  $S_1$  и  $S_2$  и освѣщаютъ пластинки; кромѣ того необходимо озаботиться освѣщеніемъ шкалъ, барабана и рабочего стола.

Во время работы при искусственномъ освѣщеніи доступъ непосредственныхъ лучей отъ источниковъ свѣта къ глазамъ наблюдателя долженъ быть прегражденъ. Работа при искусственномъ освѣщеніи, даже при электрическомъ, утомляетъ глаза наблюдателя гораздо болѣе, чѣмъ работа при дневномъ освѣщеніи,—уже утомительная сама по себѣ. Если бы работа по наблюденію въ окуляры и производству отсчетовъ по барабану и шкаламъ могла быть раздѣлена, при соотвѣтствующемъ измѣненіи въ расположеніи шкалъ на стереокомпараторѣ, одновременно между двумя наблюдателями, то утомленіе зрѣнія наблюдателя было бы въ значительной мѣрѣ уменьшено, такъ какъ на зрѣніе, кромѣ постоян-

ной напряженности, особенно утомительно дѣйствуетъ поперемянное приспособляваніе глазъ наблюдателя отъ смотрѣнія въ окуляры къ производству отсчетовъ по шкаламъ и барабану и обратно.

*Взъ предупрежденіе глазныхъ заболѣваній, окуляры стереомикроскопа необходимо держать въ крайней чистотѣ, и, передъ приступомъ къ наблюденіямъ,—обтирать ватой, смоченной въ 0,5% растворъ сулемы.*

Смазка трущихся частей производится костьюнымъ телеграфнымъ масломъ; отъ разборки стереомикроскопа заводъ К. Цейсса предостерегаетъ.

Работу на стереокомпараторѣ слѣдуетъ производить по возможности въ свободномъ отъ пыли помѣщеніи; по окончаніи наблюдений стереокомпараторъ оберегается отъ пыли закрываніемъ блендъ объективовъ и покрываніемъ всего прибора чехломъ; при болѣе долговременномъ бездѣйствіи, стереомикроскопъ снимается съ механической части стереокомпаратора, и оба прибора укладываются въ спеціальныя ящики. Для перевозки стереокомпаратора служить особый ящикъ съ мягкой обивкой, въ который помѣщаются ящики съ приборами.

Для обработки полученныхъ наблюдателямъ при работѣ на стереокомпараторѣ результатовъ, съ цѣлью полученія достаточныхъ данныхъ для составленія плана въ горизонталяхъ снятой мѣстности, было въ различное время предложено много приборовъ, посредствомъ которыхъ эти данныя получаютъ механическимъ путемъ; въ 1909 году заводъ К. Цейсса выпустилъ универсальный приборъ, при помощи котораго точки мѣстности съ ихъ отмѣтками и горизонтами наносятся на планъ автоматически, во время самой работы на стереокомпараторѣ; при этомъ могутъ быть допущены различныя отступленія отъ обычныхъ условій производства съемки;—напримѣръ, не требуется, чтобы обѣ пластинки лежали во время экспозиціи въ одной плоскости, чтобы оптическія оси объективовъ были параллельны, и пр. Введеніе такихъ отступленій отъ принятыхъ нами условій съемки чрезвычайно усложнило бы опредѣленіе координатъ точекъ мѣстности по формуламъ, уже, конечно, отличнымъ отъ формулъ (9), тогда какъ въ универсальномъ приборѣ вліяніе всѣхъ этихъ отступленій отъ обычныхъ условій съемки на значенія координатъ точекъ мѣстности вводится чисто-механическимъ путемъ. Высокая стоимость универсальнаго прибора—для усовершенствованной модели 1911 г. она опредѣляется въ 14.000 р.—можетъ, однако, воспрепятствовать его распространенію.

Какъ этотъ, такъ и другіе, простѣйшіе приборы имѣютъ своей цѣлью сбереженіе времени и труда, затрачиваемаго на вычисленіе координатъ точекъ и нанесеніе послѣднихъ на планъ; однако, вслѣдствіе высокой стоимости болѣе сложныхъ приборовъ и несовершенства простѣйшихъ, примѣненіе какъ тѣхъ, такъ и другихъ рѣдко оправдывается на практикѣ, тѣмъ болѣе, что пользованіе существующими приборами вводитъ въ планъ новыя погрѣшности, анулирующія все значеніе принятой при съемкѣ степени точности, и при этомъ едва ли даетъ экономію во времени или въ трудѣ, по сравненію съ обычнымъ способомъ вычисленій координатъ точекъ по формуламъ (9) при помощи арифмометра или логарифмической линейки и нанесеніемъ точекъ на планъ при помощи непосредственнаго откладыванія ихъ координатъ.

Поэтому мы ограничимся здѣсь описаніемъ вычислительнаго способа обработки полученныхъ на стереокомпараторѣ данныхъ для полученія координатъ точекъ въ планѣ и ихъ отмѣтокъ и обычнаго способа нанесенія точекъ на планъ; при этомъ замѣтимъ, что производство вычисленій при отсутствіи арифмометра или, по крайней мѣрѣ, сообразно съ меньшими требованіями точности, представляемой къ плану, — логарифмической линейки, — крайне затруднительно, и неминуемо задерживаетъ всю работу по нанесенію точекъ и вычерчиванію плана въ горизонталяхъ.

На слѣдующей стр. приведенъ образецъ бланка, на которомъ записываются отсчеты по барабану и шкаламъ стереокомпаратора и производится вычисленіе координатъ точекъ мѣстности. Графы бланковъ заполняются въ нижеуказанной послѣдовательности.

Графы (2), (6), (9) и (13) заполняются во время работы на стереокомпараторѣ: въ графѣ (2) записываются отсчеты  $a$  по барабану  $Z$ , въ графѣ (6) — отсчеты  $x_i$  по шкалѣ  $X$ , въ графѣ (9) — отсчеты  $y_i$  по шкалѣ  $Y$ , и въ графѣ (13) — примѣчанія; въ графахъ (6) и (9) для точки „0“ записываются начальные отсчеты  $x_0$  и  $y_0$ , соответствующіе начальнымъ отсчетамъ по шкаламъ  $X$  и  $Y$  стереокомпаратора.

Въ графѣ (7) выписываются разности  $x_i - x_0 = x$ , а въ графѣ (10) разности  $y_i - y_0 = y$  для каждой точки съ соответствующими знаками (+) или (—).

Въ графѣ (3), при пользованіи арифмометромъ, выписываются величины  $\frac{1}{a}$ , обратныя величинамъ  $a$  графы (2); онѣ легко нахо-

[illegible]

дятся изъ таблицъ справочной книги, напр., „Nütte“ I, стр. 2-23, съ точностью до 3-го десятичнаго знака. Величину  $a$  слѣдуетъ искать въ столбцѣ „1.000  $\frac{1}{n}$ “; тогда величина  $\frac{1}{a}$ , увеличенная въ 1.000 разъ, найдется въ столбцѣ „ $n$ “. При пользованіи логарифмической линейкой графа (3) остается незаполненной.

По заполненіи данныхъ заголовка листа соответствующими данными полевой книжки и по опредѣленіи точной длины базиса  $B$ , заполняется графа (4) послѣдовательнымъ умноженіемъ величины  $B$  на значенія изъ графы (3); при пользованіи логарифмической линейкой графа (4) заполняется непосредственно на основаніи данныхъ графы (2). При опредѣленіи значеній графы (4) для наиболѣе важныхъ—напр., магистральныхъ, связующихъ или контрольных точекъ, соответствующія значенія графы (4) опредѣляются при помощи арифмометра или непосредственнымъ дѣленіемъ величины  $B$  на соответствующія значенія изъ графы (2).

Графа (5)—координатъ  $Z$  точекъ—заполняется послѣдовательнымъ умноженіемъ значеній графы (4) на величину главнаго фокуснаго разстоянія  $F$  объектива фототеодолита, которымъ производилась съемка; это разстояніе означается на пластинкѣ фотографически въ верхней ея части.

Графа (8)—координатъ  $x$  точекъ—заполняется послѣдовательнымъ умноженіемъ значеній графы (4) на соответствующія значенія графы (7).

Графа (11)—координатъ  $y$  точекъ—заполняется послѣдовательнымъ умноженіемъ значеній графы (4) на соответствующія значенія графы (10).

При этомъ графы (5), (8) и (11) заполняются построчно послѣдовательнымъ умноженіемъ соответствующаго значенія графы (4) на величину  $F$  и на соответствующія значенія графы (7) и (10).

Если отмѣтка центра объектива лѣваго фототеодолита неизвестна, то она опредѣляется изъ данныхъ графы (11), на основаніи извѣстныхъ или опредѣленныхъ ранѣе отмѣтокъ магистральныхъ, связующихъ или контрольных точекъ. Графа (12)—отмѣтокъ  $H$  точекъ мѣстности—заполняется суммированіемъ отмѣтки центра объектива лѣваго фототеодолита съ соответствующими значеніями графы (11).

Значенія графъ (5), (8) и (12) даютъ искомыя координаты расположенія точекъ въ планѣ и отмѣтки послѣднихъ,—необходимыя для составленія плана мѣстности въ горизонталяхъ.

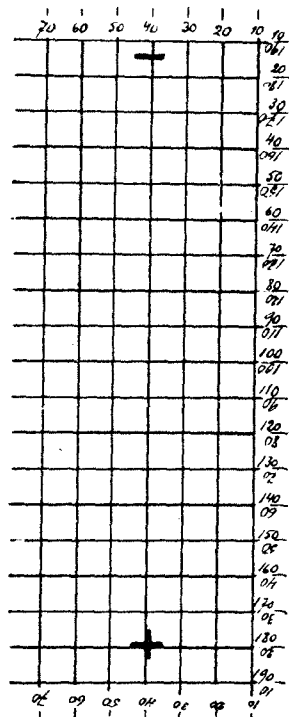
При пользованіи арифмометромъ, заполненіе графъ и вычисленіе координатъ и отмѣтокъ точекъ производится весьма быстро—со скоростью около 50 точекъ въ часъ, приблизительно равной скорости работы на стереокомпараторѣ.

### Нанесеніе точекъ на планъ.

Нанесеніе точекъ на планъ, по вычисленнымъ ихъ координатамъ, производится слѣдующимъ образомъ.

Въ случаѣ не слишкомъ большихъ значеній  $z$ , когда базисъ на планѣ помѣщается и можетъ быть показанъ, положеніе его опредѣляется или непосредственно, или согласно изложенному выше, на основаніи координатъ предварительно нанесенныхъ на планъ связующихъ, магистральныхъ или контрольных точекъ; нормально къ базису проводится оптическая ось объектива лѣваго фототеодолита, которая и будетъ осью  $Z$ -овъ.

Нанесеніе точекъ на планъ, по ихъ координатамъ, съ удобствомъ производится при помощи спеціальнаго прямоугольника, вырѣзаннаго изъ клѣтчатой въ томъ же масштабѣ, въ которомъ чертится планъ (фиг. 28).



Фиг. 28.

При нанесеніи на планъ точекъ, для которыхъ  $x > 0$ , прямоугольникъ прикладывается длинной стороной съ дѣленіями къ прочерченной оптической оси объектива лѣваго фототеодолита справа отъ послѣдней—если смотрѣть по направленію возрастающихъ  $z$ -овъ, т. е. по направленію стѣмки,—причемъ на линіи базиса должно приходиться число, соответствующее величинѣ  $z$  данной точки, положеніе которой и намѣчается уколомъ карандаша у края короткой стороны со знакомъ (+) прямоугольника противъ числа, соответствующаго координатѣ  $x$  точки. У точки выписывается ея № и отмѣтка.

При нанесеніи на планъ точекъ, для которыхъ  $x < 0$ , поступаютъ аналогично предыдущему, съ тою лишь разницей, что прямоугольникъ прикладывается длинной стороной съ дѣленіями къ прочерченной оптической оси объектива лѣваго фототеодолита слѣва

отъ послѣдней, и положеніе точки намѣчается у короткой стороны со знакомъ (—) прямоугольника.

Если значенія  $z$ -овъ таковы, что базисъ на планъ не умѣщается, то прочерчивается лишь оптическая ось объектива лѣваго фототеодолита, и откладываніе  $z$ -овъ производится не отъ базиса, а отъ нѣкоторой, произвольно выбранной на оси  $Z$ -овъ точки, расположенной въ разстояніи 100, 200, 300 и т. д. саж. отъ базиса и умѣщающейся на чертежѣ; при этомъ координаты  $z$  точекъ откладываются соотвѣтственно уменьшенными.

У базисовъ надписываются ихъ №№ и азимуты, и нанесенныя точки соединяются между собою въ порядкѣ указаній графы (13), послѣ чего планъ въ горизонталяхъ вычерчивается обычнымъ способомъ.

В. Залеманъ.