

Inż. EDMUND WILCZKIEWICZ

ZASADY ZDJĘĆ  
FOTOGRAMOMETRYCZNYCH

LWÓW 

---

---

---

 1930



12469

Inż. EDMUND WILCZKIEWICZ  
ADJUNKT POLITECHNIKI LWOWSKIEJ

# ZASADY ZDJĘĆ FOTOGRAMETRYCZNYCH

FOTOGRAMETRJA  
NAZIEMNA I LOTNICZA

W TEKŚCIE 120 FIGUR

NAKŁADEM AUTORA  
1930

WSZELKIE PRAWA PRZEKŁADU I PRZEDRUKU ZASTRZEŻONE



437861

Z DRUKARNI ZAKŁADU NARODOWEGO IMIENIA OSSOLIŃSKICH WE LWOWIE

KLISZE WYKONANO W ZAKŁADZIE ARTYSTYCZNO-GRAFICZNYM „ARS“ WE LWOWIE

K. 218/88

*Henryk*

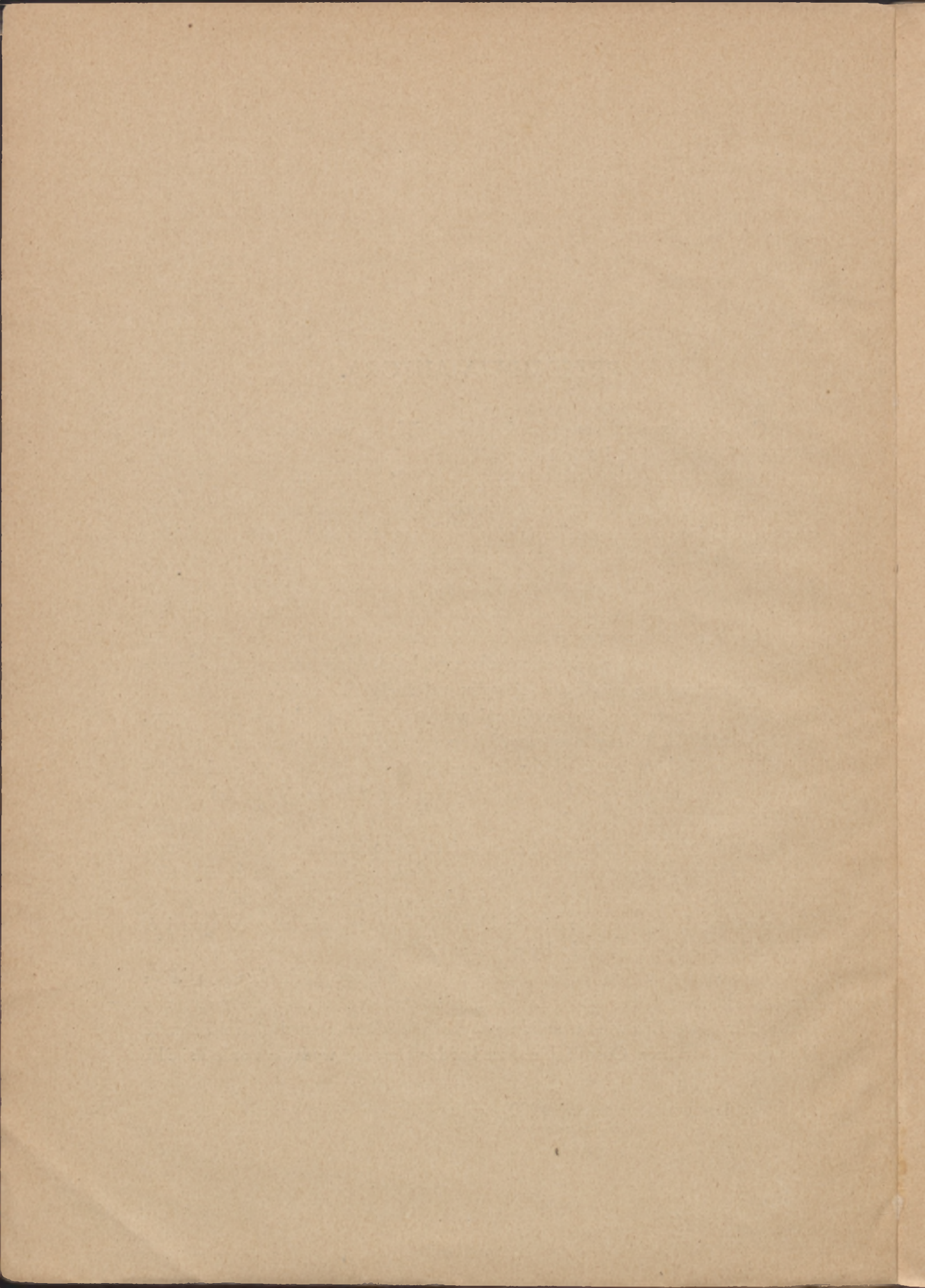
## PRZEDMOWA AUTORA.

Coraz większe zainteresowanie zdjęciami fotogrametrycznymi, a w szczególności fotogrametrią lotniczą, skłoniło mnie do napisania zwięzłego podręcznika, który zatytułowałem „Zasady zdjęć fotogrametrycznych“, bo też czytelnika chcę zapoznać tylko z najważniejszymi wiadomościami z tej dziedziny, odsyłając go dla pogłębienia studjów do przytoczonej literatury, w której czytelnik znajdzie dalsze wskazówki. Szerzej omówiłem fotogrametrię lotniczą, gdyż ona będzie miała u nas największe zastosowanie. W książce pominąłem zupełnie te przyrządy, które obecnie nie są w użyciu, jak i nie podałem rektyfikacji i teorii przyrządów fotogrametrycznych, gdyż uważałem, że byłoby to za wielkim obciążeniem dla czytelnika, który nie mając do dyspozycji przyrządów nie mógłby z jej opisu należycie skorzystać.

Największą trudność sprawiło mi wprowadzenie polskiego słownictwa. Zapatrywania jak należy poszczególne przyrządy i metody nazwać są tak różne, że musiałbym jeszcze kilka lat czekać nim zostaną ostatecznie ustalone wszystkie nazwy spotykane w fotogrametrii. Nie chciałem tak długo zwlekać z napisaniem tej książki, gdyż uważam, że sprawa jest pilna i najszerszy ogół powinien dowiedzieć się o tem, co to jest fotogrametria i czego od niej można wymagać. Niechaj więc czytelnik wybaczy mi te braki, które w słownictwie dostrzeże. Ostatnio dowiaduję się, że przyrząd, który opisuję jako prostownik nazwano przetwornikiem. Nazwy tej nie mogłem przyjąć, gdyż odpowiednie paragrafy były już w druku.

Nakoniec niech mi wolno będzie na tem miejscu podziękować p. Białemu, studentowi Politechniki Lwowskiej za staranne wykonanie rysunków, firmie „Ars“ we Lwowie za solidnie wykonane klisze, oraz drukarni Zakładu Narodowego imienia Ossolińskich, za bardzo staranne wydrukowanie książki.

We Lwowie w czerwcu 1930.



# C Z Ę Ś Ć I.

## Fotogrametrja naziemna.

### 1. Podział zdjęć fotogrametrycznych.

Przez fotogrametrję rozumiemy użycie fotografii dla rekonstrukcji przestrzennych wymiarów odfotografowanego obiektu.

W następujących rozdziałach omówimy tylko geodezyjno-pomiarowe zastosowanie fotogrametrii, a więc rekonstrukcję powierzchni terenu.

W tem zastosowaniu dzielimy fotogrametrję na dwie grupy:

1. *fotogrametrję naziemną* (terrofotogrametrję) i
2. *fotogrametrję lotniczą* (aerofotogrametrję).

Fotogrametrję naziemną dzielimy na *fotogrametrję stolikową* i *stereofotogrametrję*.

Fotogrametrja naziemna opierać się będzie na zdjęciach fotograficznych wykonanych ze stanowisk na terenie, zaś fotogrametrja lotnicza na zdjęciach fotograficznych wykonanych ze samolotu, sterowca lub balonu na uwięzi.

Podział ten podaje również kolejność rozwoju zdjęć fotogrametrycznych.

### 2. Kamera fotograficzna.

Jak wiadomo, jedna z metod wyznaczenia planu sytuacyjnego i wysokościowego polega na pomiarze kątów poziomych i pionowych do poszczególnych punktów terenu, wykonanych na dwu stanowiskach, których odległość i różnica wysokości są znane. Zamiast mierzyć instrumentem każdy kąt z osobna, zastosujemy kamerę fotograficzną, która uchwyci jednocześnie całą wiązkę promieni. Promienie tej wiązki, padając na obiektyw kamery fotograficznej, przejdą przez zewnętrzny punkt główny obiektywu; jeśli obiektyw ich wzajemnego położenia nie zniekształci, to po wyjściu z zewnętrznego punktu głównego, kąty, jakie tworzą promienie między sobą, zostaną wiernie zachowane. Utworzony na kliszy obraz zastąpi nam sam sfotografowany przedmiot, gdy go będziemy obserwować przez obiektyw kamery.

Technika sporządzania nowoczesnych obiektywów spełnia warunek wiernokątności tak dalece, że zachodzące minimalne błędy, są praktycznie bez wpływu na dokładność pomiaru.

Ponieważ fotografowany teren znajduje się zawsze w znacznej odległości od kamery fotograficznej, dlatego stosujemy stałą odległość kliszy od obiektywu, równą długości ogniskowej.

Z obrazu utworzonego na kliszy otrzymujemy kąty poziome i pionowe drogą rachunkową lub też bezpośredniego pomiaru. Aby jednak pomiar ten móc przeprowadzić, musimy obrać pewien układ przestrzenny stale z kamerą

fotograficzną związany. Układ ten tworzą trzy osie, z których jedną jest oś optyczna kamery, dwie dal-  
sze utworzone są przez połączenie umieszczonych w płaszczyźnie styku kliszy z kamerą 4 znaczków w formie klinów (otworków, a najczęściej klinów z otworkami).

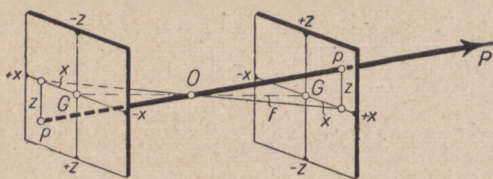


Fig. 1. Współrzędne tłowe punktu na negatywie i pozytywie.

Osie łączące otworki nazywamy *osiemi tłowymi*.

Przez punkt przecięcia się osi tłowych t. zw. punkt główny G (fig. 1.) przechodzi oś optyczna kamery prostopadle do płaszczyzny, jaką tworzą osie tłowe.

Otworki umieszczone są na ramce, której płaszczyzna styku z płytą światłoczułą jest precyzyjnie szlifowana.

Jeżeli płyta światłoczuła w chwili naświetlenia będzie szczelnie przylegała do szlifu ramki, to odfotografowane otworki odtworzą wiernie osie tłowe i punkt główny leżeć będzie na przecięciu się osi tłowych.

Wzajemne położenie otworków i obiektywu kamery fotograficznej w opisanym układzie nazywamy *orientacją wewnętrzną*, zaś położenie osi tłowych i obiektywu względem przestrzennego układu punktów terenu w chwili wykonania zdjęcia fotograficznego nazywamy *orientacją zewnętrzną*.

Orientację wewnętrzną możemy ustalić przez wyznaczenie: a) odległości płaszczyzny tłowej od wewnętrznego punktu głównego obiektywu kamery fotograficznej, oraz zbadanie położenia punktu głównego względem przecięcia się osi tłowych lub b) przez pomiar 4-ch kątów mających wierzchołek w wewnętrznym punkcie głównym obiektywu, a zawartych między promieniem przechodzącym przez przecięcie się osi tłowych i promieniami przechodzącymi przez 4 otworki wyznaczające osie tłowe w danej kamerze fotograficznej.

Wyznaczenie orientacji wewnętrznej i zewnętrznej opisano w osobnych rozdziałach.



### 3. Mierzenie kątów.

1. *Pośrednie.* Znając orientację wewnętrzną i zewnętrzną, możemy przystąpić do mierzenia kątów przy pomocy kliszy fotograficznej. Rozróżniamy 3 przypadki:

1. *Oś optyczna i oś tłowa xx w chwili naświetlenia płyty światłoczułej były poziome.*

Mierząc na kliszy współrzędne tłowe  $x$  i  $z$  dla punktu  $p$  (jako obrazu punktu  $P$ ), obliczamy kąty poziomy  $\alpha$  i pionowy  $\beta$ , jakie tworzy promień przechodzący przez obiektyw kamery do punktu  $P$ , z płaszczyznami pionową i poziomą przechodzącymi przez oś optyczną kamery fotograficznej, przy pomocy wzorów (fig. 2):

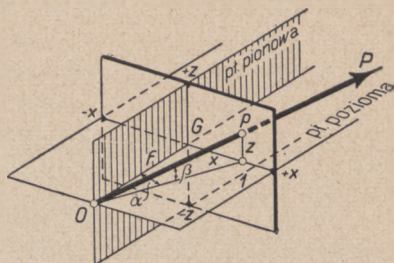


Fig. 2.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{x}{f}, \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{z}{01} = \frac{z}{f \cos \alpha} = \frac{z}{\sqrt{f^2 + x^2}}.$$

2. *Oś optyczna nachylona do poziomu pod kątem  $\nu$ , oś tłowa xx pozioma.*

Oznaczając długość ogniskowej  $\overline{OG} = f$ ,  $\overline{OG'}$  rzut ogniskowej na płaszczyznę poziomą,  $p$  obraz punktu  $P$ , jego współrzędne tłowe  $x$  i  $z$ , rzut punktu  $p$  na płaszczyznę poziomą  $p'$ , otrzymamy z fig. 3, następujące związki:

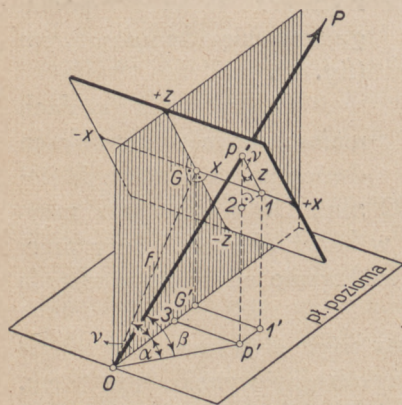


Fig. 3.

$$\begin{aligned} x &= \overline{G1} = \overline{G'1'} = \overline{3p'}, \\ \text{zaś } \overline{03} &= \overline{OG'} - \overline{G'3}, \text{ a ponieważ} \\ \overline{OG'} &= f \cdot \cos \nu, \text{ a} \\ \overline{G'3} &= \overline{p'1'} = \overline{12} = z \cdot \sin \nu, \\ \text{więc } \overline{03} &= f \cdot \cos \nu - z \cdot \sin \nu, \text{ a zatem} \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{\overline{3p'}}{\overline{03}} = \frac{x}{f \cdot \cos \nu - z \cdot \sin \nu}, \\ \text{zaś } \operatorname{tg} \beta &= \frac{\overline{pp'}}{\overline{0p'}}, \text{ a ponieważ} \\ \overline{pp'} &= \overline{p2} + \overline{2p'}, \text{ zas } \overline{p2} = z \cdot \cos \nu, \\ \overline{2p'} &= \overline{11'} = \overline{GG'} = f \cdot \sin \nu, \text{ zatem} \\ \overline{pp'} &= f \cdot \sin \nu + z \cdot \cos \nu, \overline{0p'} = \frac{\overline{03}}{\cos \alpha}, \end{aligned}$$

otrzymujemy więc: 
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{f \cdot \sin \nu + z \cdot \cos \nu}{f \cdot \cos \nu - z \cdot \sin \nu} \cdot \cos \alpha$$

3. *Oś optyczna i oś tłowa xx nachylona do poziomu.*

Dla tego przypadku możnaby również ustawić wzory, na obliczenie

kątów poziomych i pionowych. Ze względu na małe ich zastosowanie, nie będziemy ich wyprowadzać.

Przypadek 1 i 2 spotykamy przy fotogrametrii naziemnej, gdyż wtedy mamy możliwość ustawienia do poziomu osi  $xx$ , a oś optyczną pochylamy tylko dla korzystniejszego uchwycenia fotografowanego terenu.

Przypadek 3 spotykamy przeważnie przy zdjęciach lotniczych. Samolot bowiem nie utrzymuje się stale w pewnej pozycji, zatem nie zezwala na wykonanie zdjęć fotograficznych o ściśle określonych kątach pochylenia osi

optycznej i osi tłowej  $xx$ . Mierzenie ich w czasie lotu napotyka na tak znaczne trudności, że dane, które otrzymujemy przy pomocy urządzeń na kamerze lotniczej, są tylko grubo przybliżone.

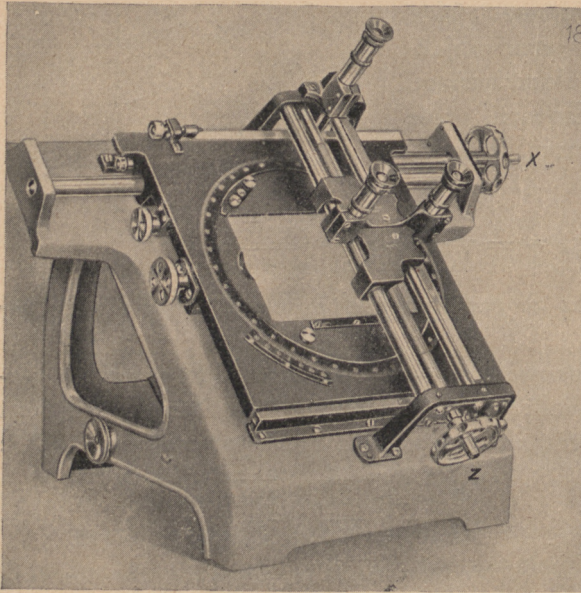


Fig. 4. Komparator firmy Aërotograph.

bie osi, wykonujemy z dokładnością  $0.01-0.02\text{ mm}$ . Do nastawiania przyrządu na punkt służy mikroskop, zaopatrzony w krzyż nitkowy, który przesuwamy przy pomocy śrub  $X$  i  $Z$ . 6-krotne powiększenie mikroskopu ułatwia pracę i zwiększa dokładność nastawienia.

Przy mniej dokładnych pomiarach możemy użyć płytki szklanej z wyrytą na niej siecią linii prostopadłych, których odstępów wynoszą np.  $1\text{ cm}$ .

#### 5. Teodolit do wymierzania klisz.

II. Do bezpośredniego pomiaru kątów dla dowolnie położonej kliszy, służy przyrząd zwany *teodolitem do wymierzania klisz*.

Teodolit do wymierzania klisz składa się z dwu zasadniczych części: a) kamery i b) teodolitu.

Kamera przypomina swoją budową kamerę fotograficzną, posiada więc obiektyw i ramkę z uchwytem na kliszę, umieszczoną w odległości ogniskowej, nie nadaje się jednak do wykonywania zdjęć fotograficznych.

W dalszym opisie przyrządów będziemy różniliśmy *kamerę fotograficzną* i *kamerę lotniczą*, którymi wykonuje się zdjęcia fotograficzne, oraz *kamerę*, która w przyrządach służących do opracowania zdjęć zastępuje kamery poprzednio wymienione.

Kamera w teodolicie do wymierzania klisz firmy Aërotograph jest tak zbudowana, że zezwala na skręcenie i przesunięcie ramki noszącej kliszę celem zmiany położenia osi tło-  
wych kliszy, oraz umożliwia zwiększenie lub zmniejszenie odległości kliszy od środka obiektywu.

Teodolit, którego przedni punkt główny obiektywu lunety leży na osi poziomej i pionowej teodolitu i osi poziomej kamery, oraz umieszczony jest w przednim punkcie głównym obiektywu kamery, służy do mierzenia kątów poziomych i pionowych. Odczyty wykonujemy na kole poziomym i pionowym.

Ponieważ klisza umieszczona jest w odległości ogniskowej od obiektywu kamery, przeto promienie od poszczególnych punktów kliszy po przejściu przez obiektyw kamery padają na obiektyw lunety teodolitu jako promienie równoległe, zatem w ciągu obserwacji nie zmieniamy paralaksy obrazu.

Przystępując do wymierzania kliszy, nadajemy jej takie położenie, jakie miała w chwili naświetlenia. W tym celu przy odczycie zerowym koła pionowego nastawiamy kamerę tak, by oś celowa teodolitu przechodziła przez lewy otworek kliszy, następnie celujemy na prawy otworek, a ukazującą się odchyłkę rozdzielamy, połowę skręcając kliszę w płaszczyźnie ramki, drugą zaś połowę pochylając kamerę około jej osi poziomej. Po kilkakrotnym sprawdzeniu wyżej opisanej czynności, pochylamy kamerę około jej osi poziomej o kąt, pod jakim kamera fotograficzna była nachylona w czasie zdjęcia. Następnie nastawiamy oś celową teodolitu na otworek górny, a limbus podsuwamy na odczyt zerowy, lub na kąt orientacji zewnętrznej. Teraz możemy przystąpić do wymierzania z kliszy kątów poziomych i pionowych podobnie jak to czynimy przy pomiarach w polu. Teren zastępuje obraz na kliszy.

Posługując się identycznymi obiektywami w kamerze fotograficznej

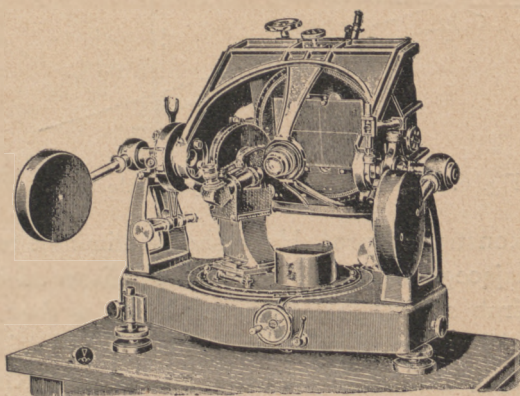


Fig. 5. Teodolit do wymierzania klisz firmy Aërotograph.

i kamerze teodolitu do wymierzania klisz, możemy wyeliminować wszystkie błędy soczewek, które powodują przerysowanie obrazu.

Mając podaną orientację wewnętrzną przez 4 poprzednio opisane kąty, możemy również wyeliminować te błędy, które spowodowane są nieściśmem przyleganiem płyty światłoczułej do ramki kamery fotograficznej. W przypadku tym (fig. 6) osie tłowe nie utworzą kąta prostego na kliszy, a punkt główny leżeć będzie poza przecięciem się tych osi. Także odległość kliszy od obiektywu kamery nie będzie równą długości ogniskowej. Błędy te, jakkolwiek minimalne, mogą spowodować niezdatność kliszy dla dokładnych pomiarów.

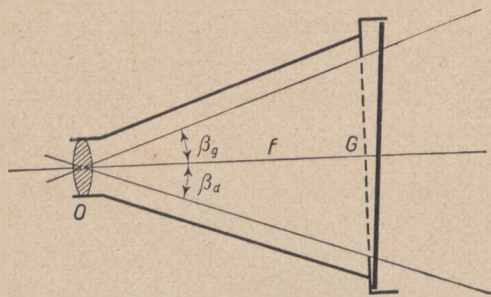


Fig. 6. Wadliwe położenie płyty światłoczułej.

Teodolit do wymierzania klisz, konstrukcji prof. Hugershoffa eliminuje te błędy, za pomocą urządzenia zezwalającego na zmianę odległości kliszy od obiektywu kamery, zaś przy pomocy śrub  $s_v$  i  $s_q$  pochylających kliszę w dwu do osi obiektywu prostopadłych kierunkach. Nadto przy pomocy śrub  $s_x$  i  $s_z$  możemy przesunąć kliszę w kierunku osi tłowych. Kliszę uważamy za dobrze nastawioną, jeżeli kąty odczytane z nastawień celowej na otworki, zgadzają się z kątami otrzymanymi przy wyznaczaniu orientacji wewnętrznej kamery fotograficznej.

Przy zdjęciach lotniczych, dla których nie znamy położenia osi optycznej kamery fotograficznej i osi  $xx$  względem poziomu, mierzymy przy pomocy teodolitu do wymierzania klisz kąty, jakie tworzą promienie do poszczególnych punktów między sobą. Kąty te potrzebne są do wyznaczenia orientacji zewnętrznej.

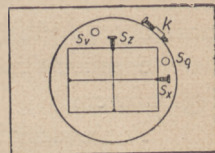


Fig. 7.  
Ramki kamery.

## 6. Orientacja zewnętrzna.

Jak już poprzednio wspomniano, musimy znać dla każdego zdjęcia fotograficznego orientację zewnętrzną, t. j. położenie w przestrzeni środka obiektywu, osi optycznej i osi tłowej  $xx$ . Przy zdjęciach naziemnych prowadzamy oś  $xx$  zawsze do poziomu. Dla wyznaczenia orientacji zewnętrznej wykonujemy przed zdjęciem fotograficznym wszystkie pomiary, konieczne do ustalenia położenia środka obiektywu i osi optycznej. Zakładamy więc sieć triangulacyjną, sieci poligonowe i niwelacyjne, które obejmujemy stanowiska zdjęć fotograficznych. Następnie przed samym zdjęciem mierzymy kąty poziomy i pionowy, jakie będzie zawierała oś optyczna z bokami założonych sieci, i ustalamy wysokość obiektywu ponad terenem.

### 7. Fotogrametrja stolikowa.

Wykonane jedno zdjęcie fotograficzne daje nam wiązkę promieni, z których możemy obliczyć i wykreślić kierunki do poszczególnych punktów; gdzie te punkty się znajdują, nie możemy przy pomocy jednego zdjęcia

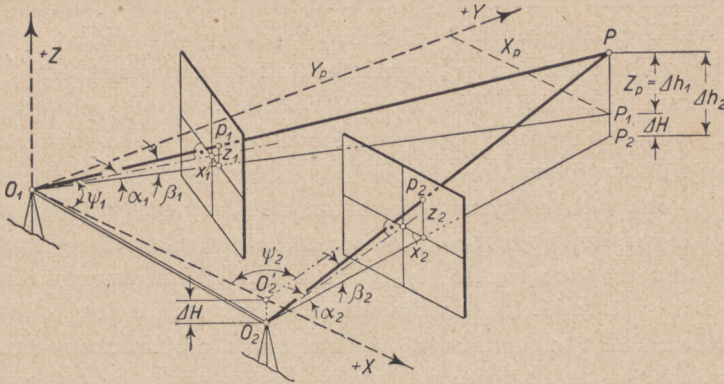


Fig. 8. Fotogrametrja stolikowa.

ustalić. Gdy jednak wykonamy drugie zdjęcie fotograficzne i na podstawie znanej orientacji zewnętrznej wykreślimy kierunki drugiej wiązki promieni, to na przecięciu się odpowiadających sobie kierunków otrzymamy położenie fotografowanego punktu terenu.

Odległość środków obiektywów, uzupełniających się położeń zdjęć fotograficznych, nazywamy *podstawą*. Długość jej obieramy w zależności od odległości punktów terenu i zbieżności osi optycznych.

Wykreślenie planu sytuacyjnego i wysokościowego, przy pomocy dwu zdjęć fotograficznych tego samego terenu, wykonujemy w następujący sposób: przyjmując, że osie optyczne w chwili zdjęcia zajmowały położenie poziome, наносимы на desce rysunkowej podstawę  $b = O_1O_2$  (fig. 9) w podziałce planu, a następnie pod kątami pomierzonymi w polu  $\psi_1$  i  $\psi_2$  kreślimy z punktów  $O_1, O_2$  rzuty osi optycznych na płaszczyznę poziomą. Na tych prostych, w odległości ogniskowej  $f$  lub  $n.f$ , kreślimy prostopadłe, które będą rzutami poziomymi klisz. Jeżeli

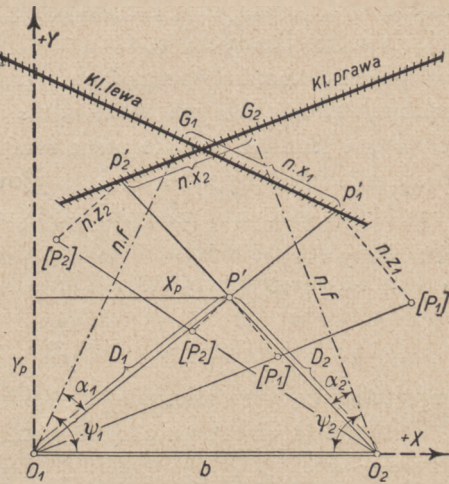


Fig. 9. Graficzna konstrukcja planów.

na rzucie lewej kliszy odetniemy od rzutu punktu głównego  $G_1$  odcinek  $nx_1$  i punkt ten  $p'_1$  połączymy z  $0_1$ , to prosta ta będzie rzutem poziomym promienia do punktu  $P$ . Czyniąc to samo dla kliszy prawej, a więc odcinając od punktu  $G_2$  odcinek  $nx_2$  i łącząc  $p'_2$  z  $0_2$ , otrzymamy promień do punktu  $P$  prawej kliszy. Przecięcie się tych dwóch promieni da nam rzut punktu  $P$ . Celem wyznaczenia wysokości tegoż punktu, kreślimy kład promienia lewego a dla kontroli i prawego. W tym celu z punktu  $p'_1$  kreślimy prostopadłą do  $p'_1 0_1$ , na niej od punktu  $p'_1$  odmierzymy  $n \cdot z_1$ , a punkt ten  $[p_1]$  połączony z  $0_1$ , daje kład promienia lewego na płaszczyznę poziomą. Wykreślając następnie z punktu  $P'$  prostopadłą do  $P' 0_1$ , aż do przecięcia się z prostą  $[p_1] 0_1$ , otrzymamy różnicę wysokości między stanowiskiem lewym (środkiem obiektywu), a wyznaczanym punktem, równą odcinkowi  $P'[P_1]$ , oczywiście w przyjętej podziałce. Kreśląc tak samo dla stanowiska prawego i tworząc z otrzymanych różnic wysokości różnicę, otrzymamy różnicę wysokości stanowisk  $\Delta H$ , która powinna się równać różnicy wysokości otrzymanej z niwelacji. W razie gdyby odchyłka ta  $\delta H$  przekraczała granicę błędu wykresu, świadczyć to będzie, że błędu należy szukać przede wszystkim w identyfikowaniu punktów na kliszach. Dla ułatwienia pracy powiększamy ogniskową  $f$  i współrzędne tłowe  $x$  i  $z$  w takim  $n$ -krotnym stosunku, aby konstrukcja była przejrzystą.

Gdy zamiast współrzędnych tłowych, pomierzono przy pomocy teodolitu do wymierzania klisz kąty poziome i pionowe, wtedy kreślenie planu znacznie się upraszcza. Nanosimy tylko podane kierunki, podobnie jak przy zdjęciach stolikowych.

Trzeci sposób sporządzenia planów opiera się na obliczeniu współrzędnych prostokątnych w układzie, którego początek będzie jedno ze stanowisk, a jedną z osi kierunek rzutu podstawy. Sposób ten stosujemy tylko w wyjątkowych wypadkach i to głównie dla wyznaczenia ważnych punktów.

Mając podane: długość podstawy  $b$ , ogniskową kamery fotograficznej, kąty  $\psi_1$  i  $\psi_2$ , oraz współrzędne tłowe  $x_1, z_1, x_2, z_2$ , obliczamy kąty poziome  $\alpha_1$  i  $\alpha_2$  stosując wzory (fig. 8.):

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{x_1}{f} \qquad \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{x_2}{f},$$

względnie, kąty te mierzymy teodolitem do wymierzania klisz.

Współrzędne prostokątne punktu otrzymamy z równań:

$$X_p = D_1 \cos(\psi_1 - \alpha_1), \qquad Y_p = D_1 \sin(\psi_1 - \alpha_1),$$

przyczem długość  $D_1$  obliczamy z warunku sinusowego dla trójkąta  $0_1 P' 0_2$  (fig. 9):

$$D_1 = b \frac{\sin(\psi_2 - \alpha_2)}{\sin(\psi_1 + \psi_2 - \alpha_1 - \alpha_2)}, \qquad D_2 = b \frac{\sin(\psi_1 - \alpha_1)}{\sin(\psi_1 + \psi_2 - \alpha_1 - \alpha_2)}.$$

Współrzędne  $X_p$   $Y_p$  można obliczyć jeszcze z następujących związków:

$$\operatorname{tg}(\psi_1 - \alpha_1) = \frac{Y_p}{X_p} \quad 1) \qquad \operatorname{tg}(\psi_2 - \alpha_2) = \frac{Y_p}{b - X_p} \quad 2)$$

z równania 1) obliczamy  $Y_p$  i wstawiamy do równania 2), zatem

$$\operatorname{tg}(\psi_2 - \alpha_2) = \frac{X_p \operatorname{tg}(\psi_1 - \alpha_1)}{b - X_p}$$

albo  $(b - X_p) \operatorname{tg}(\psi_2 - \alpha_2) = X_p \operatorname{tg}(\psi_1 - \alpha_1)$ , skąd otrzymamy

$$X_p = \frac{b \operatorname{tg}(\psi_2 - \alpha_2)}{\operatorname{tg}(\psi_1 - \alpha_1) + \operatorname{tg}(\psi_2 - \alpha_2)},$$

zaś  $Y_p = X_p \operatorname{tg}(\psi_1 - \alpha_1) = (b - X_p) \operatorname{tg}(\psi_2 - \alpha_2)$ .

Wysokość punktu obliczamy z boków  $D_1$  i  $D_2$ , oraz kątów pionowych  $\beta_1, \beta_2$ , które mierzymy albo bezpośrednio, albo też obliczymy ze znanych już wzorów

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{z}{\sqrt{f^2 + x^2}}.$$

Różnicę wysokości względem stanowisk instrumentu (środku obiektywu) podają równania:

$$\Delta h_1 = D_1 \sin \beta_1 \qquad \Delta h_2 = D_2 \sin \beta_2.$$

Jeżeli położenie stanowisk podane jest w układzie katastralnym, lub dowolnym, ale obejmującym cały obszar zdjęty fotograficznie, i wysokości stanowisk zostały zaniwelowane, wtedy zamiast kątów  $\psi_1$  i  $\psi_2$  wystąpią azymuty  $a_p'$  i  $a_p''$ , zaś wysokości punktów obliczone będą względem poziomu morza.

Odnośne wzory znajdzie czytelnik w podręcznikach miernictwa.

## 8. Stereofotogrametrja.

Wszystkie dotychczas opisane sposoby kreślenia planów na podstawie wykonanych dwu zdjęć fotograficznych, mają tę wadę, że identyfikowanie punktów na kliszach czy też odbitkach napotyka na znaczne trudności, które w terenie jednostajnie pokrytym, np. łąkami, tylko przy pomocy gęstej sygnalizacji możemy pokonać. Tereny takie są jednym z głównych celów zastosowania metody fotograficznej. Trudności te usuwa *stereofotogrametrja*, oparta na naszej zdolności stereoskopowego widzenia. Wiadomo, że obserwując założone do stereoskopu dwa zdjęcia tego samego przedmiotu, wykonane z dwu stanowisk, dają plastyczny obraz tego przedmiotu. Aby zdjęcia te wykorzystać dla celów pomiarowych, wykonajmy następujące doświadczenie. Połóżmy na każdy obraz w równej odległości od osi tłowej  $xx$  szpilkę, to zauważymy, że obok plastycznie występującego przedmiotu ukaże

się nam również przestrzennie zawieszona jedna szpilka. Jeśli jedną ze szpilek będziemy zbliżali do drugiej, to odniesiemy wrażenie, że szpilka przestrzenna zbliża się ku nam. Oddalając szpilki od siebie, będziemy mieli wrażenie oddalania się szpilki przestrzennej. Gdy szpilki rozsuniemy tak daleko, że odstęp ich będzie się równać rozstawowi naszych oczu, szpilka plastyczna ukaże się w nieskończonej dali.

Możemy również nastawić jedną ze szpilek na dowolny punkt obrazu, a drugą tak długo przesuwając, by szpilka plastyczna oparła się na tym punkcie plastycznego modelu. To, cośmy wykonali, to nic innego, jak wyszukanie odpowiadającego punktu na drugiej kliszy, położenie którego wskazuje ostrze szpilki oglądane okiem nieuzbrojonym.

Wyżej opisany sposób jest zasadą, na której opiera się stereofotogrametria. Zamiast szpilek umieszczamy w systemie obserwacyjnym znaczki mierzące, które w lunetach zastępują krzyż nitkowy. Zamiast przesuwania szpilek, poruszamy klisze. Łącząc klisze z podziałkami, mamy możliwość mierzenia przesunięć klisz, które, jak to w dalszych wywodach poznamy, posłużą nam do kreślenia planów. Trudność wyszukiwania, odpowiadających sobie punktów na obu kliszach, zmniejsza się wielokrotnie, gdyż daleko łatwiej jest operować na plastycznie widzianym modelu terenu, niż na oddzielnych kliszach. Oczywiście jest, że obserwator musi posiadać zdolność stereoskopowego widzenia.

### 9. Strefa neutralna przy zdjęciach stereoskopowych.

Aby zdać sobie sprawę, w jakich granicach możemy korzystać ze zdjęć stereoskopowych, musimy zbadać granice, w których obserwator ocenić może plastykę widzianego terenu.

Z codziennego życia wiemy, że przedmioty bliższe widzimy plastyczniej niż dalsze. Istnieje jednak granica, poza którą nie potrafimy odczuć plastyczności, a tem samem ustalić odległości dwu punktów. To samo odnosi się do sztucznie w stereoskopie utworzonego modelu terenu. Granica ta nie jest obojętna dla pomiarów, które na modelu mamy wykonać.

Wiemy, że oczy nasze przestają rozróżniać dwa punkty, jeżeli odległość między nimi jest mniejszą od pewnej granicy, która zależy od odległości tych punktów od obserwatora i ostrości jego wzroku.

Na podstawie szeregu badań ustalono, że ostrość wzroku waha się w granicach  $1/3'$  do  $1'$  i więcej. Przyjmiemy najczęściej w literaturze spotykaną średnią wartość równą  $1/2'$ . Kąt ten posłuży nam do obliczenia strefy, w obrębie której nie potrafimy ocenić odległości między dwoma punktami.

Jeżeli punkt 1 będzie leżał na promieniu dochodzącym do lewego oka, a punkt 2 na tym samym promieniu, ale w takiej od punktu 1 odległości, by promienie z punktów 1 i 2, dochodzące do prawego oka, tworzyły ze



sobą kąt  $1/2'$  to wtedy odniesiemy wrażenie, że widzimy tylko jeden punkt. Na wycinku między promieniami  $Op_1$  i  $Op_2$  nie będziemy mogli przeprowadzić żadnych pomiarów. Dla pewnej odległości  $d$  powstanie przestrzeń między dwiema do naszych oczu równoległymi płaszczyznami, którą według Clerca nazwiemy *strefą neutralną*.

Aby jej głębokość obliczyć, utwórzmy następującą proporcję (fig. 10):

$$d_1 : b = (d_2 - d_1) : a,$$

przyczem  $d_1$  oznacza odległość punktu 1,  $b$  rozstaw oczu (podstawa), zaś  $a$  wielkość pomocniczą, której znaczenie później poznamy.

Ponieważ kąt  $\delta$  jest bardzo mały, możemy przyjąć  $a \approx \frac{\delta'}{\rho'} \cdot d_2$ . Po wstawieniu tego równania do proporcji otrzymamy:

$$d_1 = \frac{b \cdot d_1}{\left(b - d_1 \frac{\delta'}{\rho'}\right)} \quad \text{lub} \quad d_2 = \frac{d_1}{\left(1 - d_1 \frac{\delta'}{\rho' b}\right)} \quad 1)$$

Podstawiając w równaniu 1),  $b = 0.065 \text{ mm}$ ,  $\delta = 1/2'$  i przyjmując za  $d$  różne wartości, otrzymamy głębokości stref neutralnych:

$d_1 =$	1	10	100	447	$m$
$d_2 - d_1 =$	0.002	0.229	28.823	$\infty$	$m$

Z obliczenia wynika, że dla  $d = 450 \text{ m}$ , strefa neutralna sięga do nieskończoności. O słuszności tych obliczeń przekonać się możemy w terenie płaskim.

Strefę neutralną zmniejszamy przez zwiększenie rozstawu oczu (podstawy).

Zwiększenie rozstawu oczu przeprowadzamy praktycznie w ten sposób, że z dwu stanowisk wykonujemy dwa zdjęcia fotograficzne, które następnie zakładamy do stereoskopu, stereokompatora, czy też stereoautografu i w tych przyrządach dopiero obserwujemy przedmiot fotografowany, odnosząc to samo wrażenie jakbyśmy mieli oczy rozstawione w odległości wykonanych zdjęć.

Zdjęcia stereofotogrametryczne w zasadzie wykonujemy tak, by osi kamer fotograficznych, dla dwu odpowiadających sobie zdjęć, były do siebie równoległe.

## 10. Paralaksa pozioma.

Przyjmując, że osie optyczne zdjęć fotograficznych są prostopadłe do podstawy i poziome, otrzymamy dla zdjęć stereofotogrametrycznych, bardzo proste związki na obliczenie współrzędnych prostokątnych punktu.

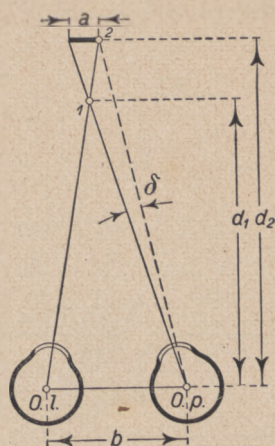


Fig. 10.

Aby je wyprowadzić, obserwujemy punkt, który z nieskończoności porusza się będzie ku nam po promieniu do lewego stanowiska i zauważmy, jakie zmiany wywoła ten ruch w współrzędnych tłowych obu klisz. Gdy punkt

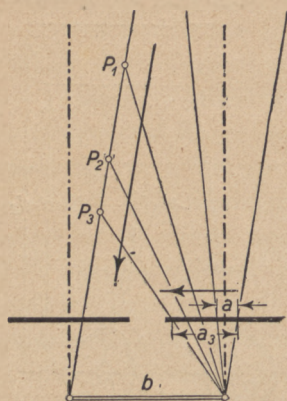


Fig. 11. Powstawanie paralaksy poziomej.

leży w nieskończoności, to współrzędne tłowe obu klisz będą sobie równe i tego samego znaku. Jeżeli jednak punkt będzie się ku nam zbliżać, wtedy współrzędna tłowa  $x$ , lewej kliszy nie zmieni się, natomiast zmieni się współrzędna tłowa kliszy prawej (fig. 11). Obraz punktu na prawej kliszy przesunie się w kierunku kliszy lewej. Przesunięcie to, będzie tem większe, im bliżej nas znajdzie się ruchomy punkt. Oznaczając je przez  $a$  otrzymamy równanie:  $a = x_1 - x_2$  (fig. 13).

Przesunięcie  $a$  nazywamy *paralaksą poziomą*.

Obserwując zmiany położenia obrazów punktu, poruszającego się w płaszczyźnie pionowej równoległej do podstawy  $b$ , zauważymy, że zmieniają się wprawdzie współrzędne tłowe tego punktu na obu kliszach, ale paralaksa pozioma pozostaje ta sama.

Weźmy pod uwagę dwa punkty  $P$  i  $P''$ . Obrazy tych punktów na kliszach są  $p'_1$  i  $p'_2$ , oraz  $p''_1$  i  $p''_2$ . Paralaksę  $a$  dla punktu  $P$  otrzymamy z podobieństwa trójkątów  $PAO_2$  i  $p'_2[p'_1]O_2$ , zaś dla punktu  $P''$  z podobieństwa trójkątów  $P''BO_2$  i  $p''_2G_2O_2$ , zatem (fig. 13):

$$\frac{b}{Y_p} = \frac{a}{f} \quad \text{i} \quad \frac{b}{Y_p} = \frac{P''_2G_2}{f},$$

a ponieważ  $Y, f$  i  $b$  są dla obu punktów te same, wobec tego i paralaksa pozioma musi być ta sama, zatem  $a = p''_2G_2$ .

### 11. Obliczenie współrzędnych przestrzennych ze stereogramu.

Z powyżej wyprowadzonego równania, obliczamy współrzędną  $Y$  wzorem:

$$Y_p = \frac{b}{a} f.$$

Z podobieństwa trójkątów  $PP''O_1$  i  $p'_1G_1O_1$  otrzymamy:

$$\frac{X_p}{x_1} = \frac{Y_p}{f}, \text{ a ponieważ } Y_p = \frac{b}{a} f, \text{ zatem } X_p = \frac{b}{a} x_1.$$

Podobnie z rzutu bocznego otrzymamy:

$$Z_p = \frac{b}{a} z_1.$$

Widzimy więc, że dla określenia przestrzennego punktu wystarczy pomierzyć współrzędne tłowe punktu lewej kliszy, paralaksę, oraz znać długość podstawy  $b$  i ogniskową kamery fotograficznej  $f$ .

Zestawione powyżej wzory odnoszą się do tak zwanego normalnego przypadku stereofotogrametrii, gdy osie optyczne są poziome i prostopadłe do podstawy. Zdjęcia normalne stosowane w początkach stereofotogrametrii wymagały zbyt dużej ilości podstaw, to też z biegiem czasu, gdy przyrządy

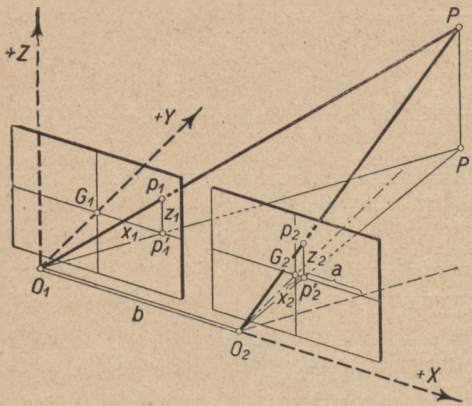


Fig. 12. Zdjęcie stereofotogrametryczne normalne.

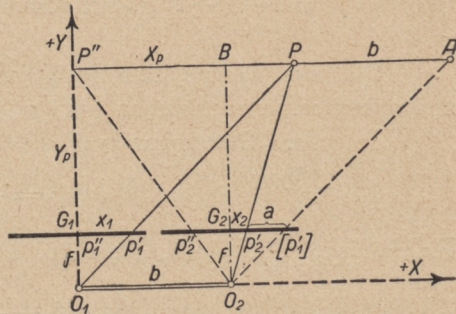


Fig. 13. Rzut poziomy zdjęcia stereofotogrametrycznego.

oraz metody obliczeniowe i wykreślne zostały udoskonalone, rozszerzono również i zakres wykorzystania zdjęć wszelkiego rodzaju. Obecnie możemy wykonać dwa dowolne zdjęcia tego samego terenu i na ich podstawie wykreślić żądane plany, rzuty i przekroje. Do tematu tego powrócimy przy omawianiu przyrządów i metod wykreślnych.

## 12. Obliczenie długości podstawy.

Zachodzi teraz pytanie, jak wielką powinna być podstawa, by strefy neutralne, a tem samem błędy od niej zależne, leżały w granicach żądanej dokładności.

Zastępując przedmiot stereogramem wykonanym z podstawy  $b$  i kamerą o ogniskowej  $f$ , i obserwując go w stereoskopie o ogniskowej okularów  $F$ , otrzymamy ze wzoru na współrzędną  $Y$ :

$$a = \frac{b}{Y} \cdot f.$$

Aby jak poprzednio wyznaczyć strefę neutralną, zmienimy paralaksę o taką wielkość, by ona przez nasze oczy nie została zauważona, zatem:

$$a - a' = bf \left( \frac{1}{Y} - \frac{1}{Y'} \right) \quad 1)$$

zmiana ta w stereoskopie ujęta będzie wzorem  $F \cdot \frac{\delta'}{\varrho'}$  otrzymamy więc:

$$bf \left( \frac{1}{Y} - \frac{1}{Y'} \right) = \frac{F \cdot \delta'}{\varrho'} \quad 2),$$

skąd

$$Y' = \frac{bf}{\frac{bf}{Y} - \frac{F\delta'}{\varrho'}} \quad 3),$$

tworząc różnicę  $Y - Y'$ , wyznaczamy strefę neutralną dla zdjęć stereoskopowych.

Dla nas ważniejszym jest, jak długą należy obierać podstawę, aby strefa neutralna zachowana była w pewnych granicach.

Ze wzoru 2 otrzymamy:

$$b = \frac{YY'F\delta'}{\varrho'(Y - Y')}.$$

Przyjmując, że  $Y'$  mało się różni od  $Y$ , możemy napisać:

$$b = \frac{Y^2 F \delta'}{\varrho' f (Y - Y')} \quad 4).$$

Wzór ten pozwala na obliczenie podstawy, dla podanej szerokości strefy neutralnej, ogniskowej kamery i stereoskopu, oraz odległości punktów.

Zakładając, że  $Y - Y' = 0,50 \text{ m}$ ,  $f = 0,18 \text{ m}$ ,  $F = 0,10 \text{ m}$  otrzymamy:

$$b = \frac{Y^2 \cdot 0,5 \cdot 0,10}{3438 \cdot 0,18 \cdot 0,50}$$

$Y$	500	1000	1500	2000	3000
$b$	40·37	161·50	363·40	646·00	1453·50

Jeżeli przy zdjęciach z samolotu, dla których różnice odległości punktów od podstawy są stosunkowo nieznaczne, możemy łatwo ustalić długość podstawy, to dla zdjęć naziemnych trudność zwiększa się przez to, że zwiększając podstawę, uzyskujemy mniejszą strefę neutralną dla dalszych punktów; równocześnie jednak tracimy możliwość opracowania punktów bliskich podstawy. Nowa ta trudność polega na tem, że obrazy przedmiotów bardzo bliskich podstawy, różnią się na kliszach tak znacznie, że nie jesteśmy w stanie utworzyć plastycznego modelu.

Dobre widzenie stereoskopowe posiadamy w granicach od 10 do 200-krotnego rozstawu oczu. Granica tworzenia plastyki możliwa jest do 4-krotnej długości podstawy.

Wybierając podstawę, musimy się zdecydować na maksymalny błąd (strefę neutralną) dla punktów najdalszych i jakie punkty najbliższe mamy przedstawić na planie.

W praktyce przyjmujemy długość podstawy równą  $\frac{1}{10}$  średniej odległości punktów, które mamy przedstawić na planie.

### 13. Stereokomparator.

*Stereokomparator* jest to przyrząd zbudowany na zasadzie stereoskopu, służący do wymierzania współrzędnych tłowych lewej kliszy i paralaksy poziomej. Składa się on z trzech zasadniczych części: podstawy, wózka i mikroskopów. W podstawie są umieszczone dwie śruby, jedna z nich  $X$  przesuwa wózek po podstawie w kierunku osi  $xx$ , druga  $Z$  przesuwa mikroskopy w kierunku osi  $zz$ . Przesunięcia te odczytujemy przy pomocy nonjuszy na podziałkach  $x$  i  $z$  z dokładnością  $0,02\text{ mm}$ . Początek obu podziałów nie odpowiada położeniu punktu głównego, lecz jest przesunięty poza skraj kliszy, a to z tego względu, by przy odczytach nie zachodziły pomyłki w znakach. Na wózku są umieszczone uchwyty kliszy, które przy pomocy śrub  $J$  i  $J'$ , możemy skręcać w płaszczyźnie wózka,

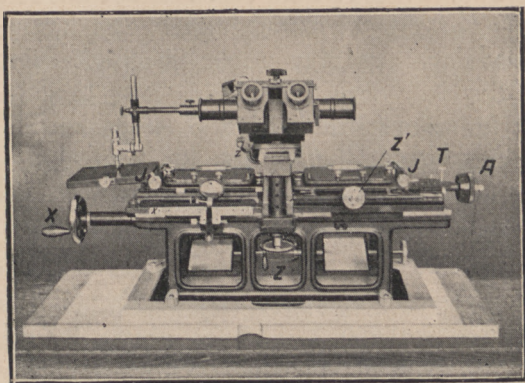


Fig. 14. Stereokomparator firmy Zeiss.

przez co mamy możliwość ułożenia osi tłowych równoległe do osi stereokomparatora. Kliszę prawą możemy wykonywać trzy ruchy, jeden obrotowy, o którym wyżej wspomniano, drugi w kierunku osi  $zz$ , przy pomocy śruby  $Z'$  i trzeci w kierunku osi  $xx$ . Przesunięcie kliszy w kierunku osi  $zz$  okazuje się wtedy konieczne, jeżeli stanowiska zdjęć fotograficznych nie były na tej samej wysokości, co powoduje wystąpienie *paralaksy pionowej*, zmieniającej się z rosnącą odległością punktów terenu. Przesuwając kliszę prawą przy pomocy śruby  $A$  w kierunku osi  $xx$ , zbliżamy lub oddalamy ją od kliszy lewej, zatem mierzymy paralaksę poziomą. Dokładność odczytu paralaksy poziomej wynosi  $0,01\text{ mm}$ .

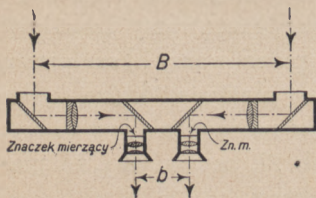


Fig. 15. System obserwacyjny w stereokomparatorze.

Dwa mikroskopy o 6-krotnym powiększeniu połączone razem, stanowią system obserwacyjny. System ten jest uwidoczniony na fig. 15. Zwiększenie rozstawu oczu z  $b$  na  $B$  pozwala na swobodne przesuwanie kliszy względem siebie, poza tem wraz z powiększeniem mikroskopów zwiększa granicę dokładności. Podobnie jak w lunetach mierniczych, posługujemy się przy wymierzaniu kliszy osiami celowymi, które łączą znaczki mierzące ze środkiem obiektywu mikroskopów.

Do oświetlenia kliszy posiadamy dwa ruchome lusterka.

Przystępując do wymierzania klisz, musimy je zestroić. W tym celu po założeniu klisz do ramek, zamykamy okular prawy i patrząc przez okular lewy, obserwujemy, czy przy ruchu śrubą  $Z$  celowa przechodzi przez odfotografowane otworki: górny i dolny. Jeśli otrzymamy odchyłkę, usuwamy ją, rozdzielając po połowie ruchem śruby  $J$  i  $X$ . Kontrolujemy i poprawiamy odchyłki tak długo, aż usuniemy zupełnie błąd nierównoległości osi tłowej  $zz$  do osi przyrządu  $ZZ$ . Następnie nastawiamy zero przesuwalnego nonjusza na okrągłą cyfrę podziałki  $x$ . Dla kontroli przechodzimy na znaczkii poziome, badając, czy przy ruchu śruby  $X$  celowa przechodzi przez oba znaczkii (otworki), oczywiście kliszy już nie można skręcić, wobec czego możemy tylko skonstatować, czy w czasie zdjęcia nie zaszła jaka niedokładność; poczem nastawiamy zero nonjusza na okrągłą cyfrę podziałki  $z$ . Błędy osadzenia otworków w kamerze fotograficznej muszą być znane przed pracami polowymi. Zupełnie podobnie postępujemy z kliszą prawą, posługując się przy usuwaniu odchyłki śrubami  $J$ ,  $Z$  i  $A$ . Następnie nastawiamy celową lewego mikroskopu na jeden z otworków, otwieramy oba okulary i przesuwamy kliszę prawą śrubami  $Z'$  i  $A$  tak długo, by celowa prawego mikroskopu przeszła przez odpowiadający otworek prawej kliszy. Jeszcze raz kontrolujemy wszystkie otworki i w razie potrzeby usuwamy odchyłki, poczem po sprzęgnięciu śruby  $A$  nastawiamy podział i bębnek na odczyt zerowy. Jeśli kontrola wykaże, że odchyłki niema, sprzęg  $T$  zwalniamy. Klisze są zestrojone, wobec czego można przystąpić do ich wymierzania.

Rozpoczynając wymierzanie, nastawiamy celową lewego mikroskopu na punkt, którego położenie mamy wyznaczyć, posługując się śrubami  $X$  i  $Z$ . Następnie obserwujemy kliszę prawą, podsuwając ją przy pomocy śruby  $A$ , a w razie różnicy wysokości stanowisk i śrubą  $Z'$  tak długo, by celowa prawego mikroskopu przeszła przez odpowiadający punkt kliszy prawej, co wtedy ma miejsce, gdy patrząc obu oczami widzimy plastyczny znaczek, oparty na punkcie plastycznie widzianego modelu terenu. Jak z powyższego toku postępowania wynika, w stereokomparatorze nie przesuwamy znaczków mierzących, jak to miało miejsce w stereoskopie, ale przesuwamy klisze prawą do lewej i obie równocześnie. Tracimy przez to na plastycie, która tylko w pobliżu osi celowej jest doskonała i to wtedy, gdy nastawienie jest dobre.

Zmieniając nieznacznie położenie śrub  $X$ ,  $Z$  lub  $A$ , zauważymy, że plastyczny znaczek oddala się lub zbliża do modelu terenu.

Nastawienie przyrządu na następny punkt terenu uzyskamy, starając się śrubami tak operować, by plastycznie widziany znaczek, oparł się na tym punkcie modelu, który chcemy na planie przedstawić. Sposób ten sprawia początkującemu trudności, a jest nie możliwy do wykonania dla tych obserwatorów, którzy mają wadę oczu.

Wybór punktów zależy od rzeźby terenu. Możemy wybierać punkty o stałej wielkości  $x$  lub stałej paralaksie  $a$ , otrzymując na planie profile;

albo wybierać punkty charakterystyczne, podobnie jak przy zdjęciach tachymetrycznych, między którymi interpolujemy warstwicę. Wreszcie dla ustalonych wysokości warstw, możemy obliczać ziemniące się  $z_1$  i  $a$  ze wzoru

$$z_1 = \frac{Z \cdot a}{b} \text{ i dla nich wyszukać punkty na pla-}$$

stycznym modelu. Najkorzystniejsze jest kombinowanie wszystkich sposobów. I tak np. warstwicę, leżącą bardzo blisko wysokości lewego stanowiska, dobrze jest szukać sposobem ostatnio opisanym, inne tylko wtedy, jeżeli stok przebiega równoległe do podstawy. Punkty charakterystyczne obieramy w pobliżu warstw, co nam o tyle łatwo przychodzi, że równoległe z pracą na stereokomparatorze postępować powinna praca wykreślna. Profilami posługujemy się tylko wyjątkowo.

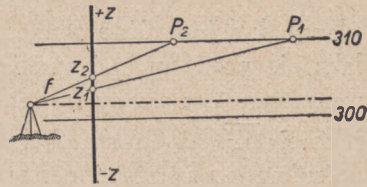


Fig. 16.

#### 14. Kreślenie planów stereofotogrametrycznych.

Odczytane na stereokomparatorze daty, tylko dla bardzo ważnych punktów kontrolnych, są podstawą do obliczenia współrzędnych przestrzennych, zazwyczaj służą one do graficznego sporządzenia planu.

Z szeregu istniejących konstrukcyj podamy jedną, która najlepiej odpowiada wymogom szybkiego i dokładnego kreślenia.

Na środku papieru rysunkowego obieramy prostą poziomą (fig. 17),

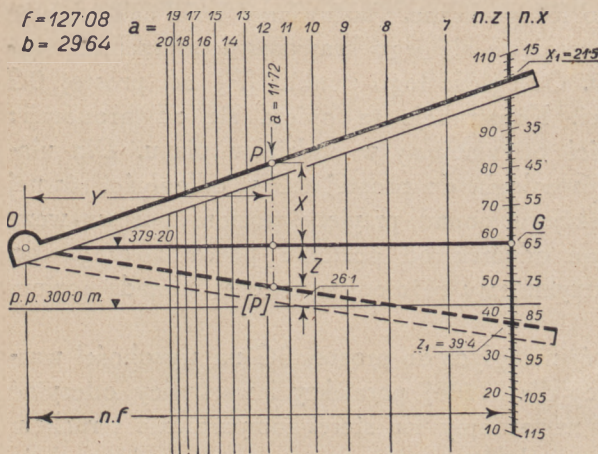


Fig. 17. Graficzne kreślenie zdjęć normalnych.

na niej od punktu 0 odmierzymy  $n$ -krotną długość ogniskowej  $f$  w  $mm$ , zatem  $OG = nf$ . W punkcie  $G$  kreślimy prostopadłą do  $OG$  i na niej odcinamy podziałkę, której odstęp kresek równa się tylu milimetrom, ile razy zwiększyliśmy ogniskową (np.  $n = 4$ , wtedy odstęp kresek wynosi  $4 mm$ ). Wykonany rysunek przedstawia nam  $n$ -krotnie powiększoną kamerę, przyczem  $O$  jest środkiem obiektywu zaś podziałka kliszą w rzucie. Po-

nieważ rzutu kliszy będziemy używali raz jako pionowego dla osi  $zz$ , drugi raz jako poziomego dla osi  $xx$ , przeto opisujemy go podwójnie. Opis ten rozpoczynamy od punktu głównego  $G$ , wpisując te cyfry, jakie ustaliliśmy

przy zestrzajaniu klisz. Kierunek wzrastających cyfr odpowiada kierunkowi cechowania podziałek na stereokomparatorze. Następnie obliczamy linie równych paralaks, wstawiając do wzoru  $Y = \frac{b}{a} f \cdot c$  ( $c$  oznacza podziałkę planu) kolejno różne wartości na paralaksę  $a$ . Odstępy linii równych paralaks nie powinny być mniejsze jak  $2\text{ mm}$ , a większe jak  $10\text{ mm}$ , gdyż praca wykreślna jest wtedy utrudniona. Obliczone wartości na  $Y$  odmierzamy na prostej  $\overline{OG}$  od punktu  $O$  i w punktach tych kreślimy prostopadłe. Proste te opisujemy cyframi im odpowiadających paralaks.

Teraz możemy przystąpić do kreślenia planu. W punkcie  $O$  przymocujemy linjał, którego jedna krawędź przechodzi przez punkt obrotu. Aby znaleźć położenie punktu, dla którego wykonaliśmy odczyty na stereokomparatorze, nastawiamy lineał na podziałce  $x$  na odczytaną wartość (np.  $x_1 = 21,5$ ) i szukamy przecięcia się krawędzi linjału z linią równej paralaksy (np.  $a = 11,72$ ). Gdy takiej linii nie znajdziemy, to interpolujemy pomiędzy sąsiednimi liniami. Zinterpolowany punkt lub punkt przecięcia się linjału z linią równej paralaksy podaje położenie szukanego punktu na planie. Konstrukcja ta wynika z wyprowadzonych poprzednio wzorów:  $X : x_1 = Y : f$ . Na wykresie zaś  $X \cdot c : x_1 \cdot n = Y \cdot c : f \cdot n$ . Ponieważ w obrębie kresek podziałki i linii równych paralaks musimy interpolować, dlatego podane powyżej odległości kresek i linii mogą być niewystarczające i należy je zagęścić, gdy żądana dokładność kreślenia planu tego wymaga.

Podobnie postępujemy przy wyznaczeniu różnicy wysokości szukanego punktu ponad lewe stanowisko fotograficzne. Nastawiamy linjał na podziałce  $z$  (np.  $z_1 = 39,4$ ) i szukamy przecięcia się jego krawędzi z poprzednio wyszukaną linią równej paralaksy. Odległość tego punktu  $[P]$  od prostej  $OG$  jest szukaną różnicą wysokości. Konstrukcja ta opiera się na proporcji:  $Z : z_1 = Y : f$ . Różnicę wysokości otrzymujemy w podziałce planu. Dla ułatwienia pracy kreślimy linię równoległą do prostej  $OG$  w odległości równej różnicy wysokości środka obiektywu ponad przyjęty poziom porównawczy (np.  $pp\ 300,00\text{ m}$ ). Odmierzając odcinek od poziomu porównawczego do wyznaczonego punktu  $[P]$ , otrzymujemy różnicę wysokości ponad poziom porównawczy.

Wykreślając szereg linii równoległych do prostej  $OG$  na wysokości warstwic, możemy przy ich pomocy dla każdej paralaksy i warstwicy odczytać odpowiadające  $z$ . Odczyty te nastawiamy na stereokomparatorze i ruchem śruby  $X$  przesuwamy obie klisze tak długo, by plastyczny znaczek oparł się na modelu terenu. Sytuację punktu warstwicy wyznaczamy jak poprzednio.

Również i kreślenie profili możemy opracować przez kombinowanie odczytów na desce rysunkowej i stereokomparatorze. W tym celu nastawiamy linjał na punkty wykreślonego profilu, odczytujemy na desce rysunkowej



paralaksę i współrzędną tłową  $x$ . Odczyty te nastawiamy na stereokomparatorze i ruchem śruby  $Z$  szukamy punktu na optycznym modelu terenu, znajdując tem samym trzecią wartość potrzebną do określenia wysokości punktu. Profile rysujemy w kładzie lub na oddzielnych arkuszach.

### 15. Zdjęcia skręcone, zbieżne i pochylone.

Jedna para zdjęć (stereogram), wykonana prostopadłe do podstawy, obejmuje tę część terenu, którą odfotografowano na obu kliszach (fig. 18). Stereogramu takiego nie potrafimy całkowicie wykorzystać, gdyż punkty o zbyt dużej paralaksie (bliskie podstawy) są trudne, a nawet niemożliwe do nastawienia w stereokomparatorze, punkty zaś dalekie są mało dokładne. Zwiększając podstawę, tem samym zmniejszamy pole wykorzystania klisz. Fig. 18 podaje nam pole, w obrębie którego dla zdjęć stereofotogrametrycznych normalnych możliwe jest wykreślenie punktów. Aby lepiej wykorzystać obrane stanowiska fotogrametryczne, wykonujemy zdjęcia fotograficzne o równomiernie w lewo i prawo skręconych osiach optycznych kamery fotograficznej. Na stanowisku lewym i prawym, oprócz zdjęcia o osi prostopadłej do podstawy, wykonujemy jeszcze dwa zdjęcia, jedno o osi skręconej do podstawy pod kątem  $60^\circ$ , drugie pod kątem  $120^\circ$ . Zdjęcia o równoległych osiach opracowujemy oddzielnie.

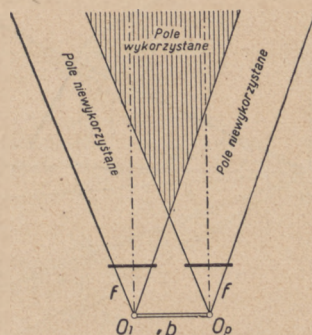


Fig. 18. Pole wykorzystania zdjęć normalnych.

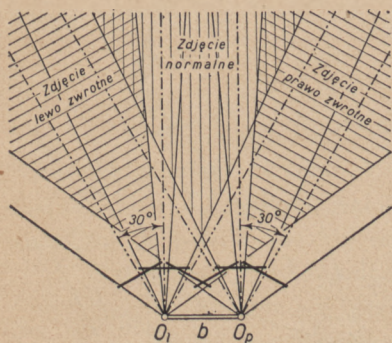


Fig. 19. Pole wykorzystania zdjęć normalnych, prawo i lewo skręconych (zwrotne).

Fig. 19 podaje pole, jakie przy pomocy tych zdjęć może być opracowane na planie.

Zanim przystąpimy do szczegółowego omówienia zdjęć lewo i prawo skręconych, należy rozpatrzyć wszystkie rodzaje zdjęć fotogrametrycznych, jakie w praktyce mają zastosowanie. I tak przy fotogrametrii naziemnej rozróżniamy następujące przypadki:

#### 1. Zdjęcia normalne:

a) Osie optyczne poziome i prostopadłe do podstawy, stanowiska obiektywów kamery na tej samej wysokości (w praktyce tylko wyjątkowo spotykane).

b) Osie optyczne poziome i prostopadłe do podstawy, stanowiska obiektywów kamery na różnej wysokości.

2. Zdjęcia prawo i lewo skręcone. Osie optyczne poziome i równomiernie skręcone.
  3. Zdjęcia zbieżne (rozbieżne). Osie optyczne poziome, względem siebie i podstawy skręcone. Granica zbieżności zazwyczaj określona.
  4. Zdjęcia pochylone. Osie optyczne pochylone do poziomu i zbieżne.
- Wszystkie te przypadki z wyjątkiem pierwszego utrudniają obliczenie współrzędnych i kreślenie planów.

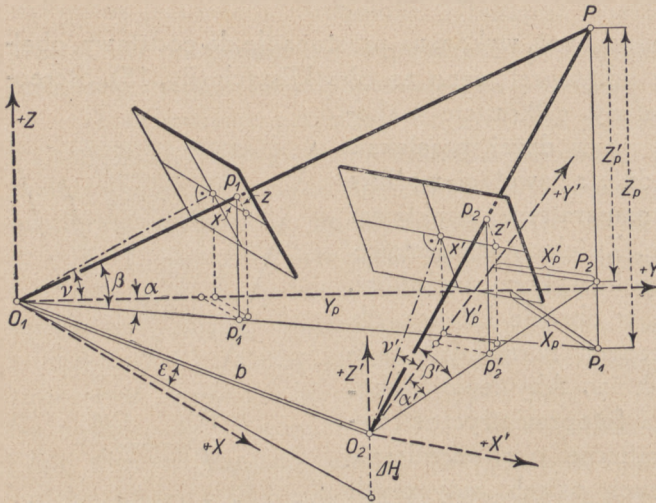


Fig. 20. Zdjęcia pochylone i skręcone.

współrzędnych i kreślenie planów.

Aby dojść do wzorów na współrzędne przestrzenne dla poszczególnych przypadków, wyprowadzimy je dla przypadku 4-tego, jako najogólniejszego, a z nich będziemy mogli otrzymać równania dla wszystkich innych.

W tym celu przyjmijmy następujące oznaczenie:  $f$  ogniskowa kamery,  $b$  podstawa, t. j. długość pro-

stej łączącej środki obiektywów  $O_1$  i  $O_2$ ,  $\epsilon$  kąt pochylenia podstawy do poziomu o znaku dodatnim, jeśli prawe stanowisko jest wyżej położone aniżeli lewe.

$\varrho_1$  kąt poziomy, jaki tworzy rzut poziomy lewej osi optycznej kamery z prostą poziomą, prostopadłą do podstawy, o znaku dodatnim, jeśli oś optyczna jest skręcona w sensie wskazówki zegaru.

$\varrho_2$  kąt poziomy, jaki tworzy rzut poziomy prawej osi optycznej z prostą poziomą, prostopadłą do podstawy, o znaku dodatnim jak wyżej.

$\nu$  kąt pionowy lewej osi optycznej względem płaszczyzny poziomej o znaku dodatnim, jeśli oś pochylona jest do góry.

$\nu'$  kąt pionowy prawej osi optycznej względem płaszczyzny poziomej, o znaku dodatnim, jeśli oś pochylona jest do góry.

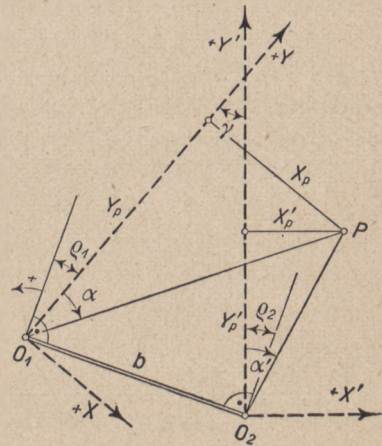


Fig. 21. Rzut poziomy do fig. 20.

$\gamma$  kąt, jaki tworzą ze sobą rzuty poziome osi optycznych, o znaku dodatnim, przy zbieżności osi optycznych.

Współrzędne przestrzenne punktu  $P$  ( $X_p, Y_p, Z_p$ ) odnoszą się do układu, którego początek leży w środku obiektywu lewego stanowiska. Płaszczyzna  $XY$  jest poziomą, płaszczyzna  $YZ$  pionowa i przechodzi przez lewą oś optyczną, zaś płaszczyzna  $XZ$  jest do nich prostopadłą. Dodatnie kierunki osi układu uwidoczniono na fig. 20 i 21. Współrzędne tłowe lewej kliszy oznaczono  $x$  i  $z$ , zaś prawej  $x'$  i  $z'$ . Drugi układ pomocniczy ma początek układu w środku obiektywu prawego stanowiska i jest względem pierwszego układu skręcony w płaszczyźnie  $XY$  o kąt  $\gamma$ . W układzie tym współrzędne dowolnego punktu  $P$  oznaczono  $X_p', Y_p'$  i  $Z_p'$ .

Stosując wzory wyprowadzane na str. 3, otrzymamy dla kąta poziomego następujące równanie:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{X_p}{Y_p} = \frac{x}{f \cos \nu - x \sin \nu} \quad \text{zatem} \quad X_p = Y_p \frac{x}{f \cos \nu - z \sin \nu}, \quad 1)$$

zaś dla kąta pionowego:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{Z_p}{\sqrt{Y_p^2 + X_p^2}} = \frac{f \sin \nu + z \cos \nu}{f \cos \nu - z \sin \nu} \cdot \frac{Y_p}{\sqrt{Y_p^2 + X_p^2}},$$

zatem

$$Z_p = Y_p \frac{f \sin \nu + z \cos \nu}{f \cos \nu - z \sin \nu}, \quad 2)$$

analogicznie dla drugiego układu otrzymamy:

$$X_p' = Y_p' \frac{x'}{f \cos \nu' - z' \sin \nu'} \dots \quad 3) \quad Z_p' = Y_p' \frac{f \sin \nu' + z' \cos \nu'}{f \cos \nu' - z' \sin \nu'} \dots \quad 4)$$

Współrzędne jednego układu możemy przeliczyć na współrzędne drugiego układu przy pomocy równań:

$$\left. \begin{aligned} Z_p' &= Z_p - b \sin \varepsilon \\ X_p' &= [X_p - b \cos \varepsilon \cos \varrho_1] \cos \gamma + [Y_p - b \cos \varepsilon \sin \varrho_1] \sin \gamma \\ Y_p' &= [X_p - b \cos \varepsilon \cos \varrho_1] \sin \gamma - [Y_p - b \cos \varepsilon \sin \varrho_1] \cos \gamma \end{aligned} \right\} \dots \quad 5)$$

Wstawiając równania 1, 2 do ostatnio wypisanych równań 5, obliczamy współrzędną  $Z_p'$ , jako trzecią współrzędną punktu, wyrażoną przez kąty pomierzone w polu i odczyty na stereokomparatorze.

Wykonując w równaniach wskazane działanie, otrzymamy:

$$\begin{aligned} X_p' &= X_p \cos \gamma + Y_p \sin \gamma - b \cos \varepsilon \cos (\varrho_1 + \gamma) \\ Y_p' &= -X_p \sin \gamma + Y_p \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\varrho_1 + \gamma), \end{aligned}$$

a po wstawieniu równań 1 i 3,

$$Y_p' \frac{x'}{f \cos \nu' - z' \sin \nu'} = Y_p \frac{x}{f \cos \nu - z \sin \nu} \cos \gamma + Y_p \sin \gamma - b \cos \varepsilon \cos (\varrho_1 + \gamma),$$

$$Y_p' = -Y_p \frac{x}{f \cos \nu - z \sin \nu} \sin \gamma + Y_p \cos \gamma + b \cos \varepsilon \sin (\varrho_1 + \gamma).$$

Rugując w tych równaniach  $Y_p'$ , otrzymamy po wymnożeniu i uporządkowaniu według współczynników ostateczny wzór na  $Y_p$ :

$$Y_p = \frac{b \left\{ \begin{array}{l} x' f \cos \varepsilon \sin (\varrho_1 + \gamma) \cos \nu - x' z \cos \varepsilon \sin (\varrho_1 + \gamma) \sin \nu - \\ - z f \cos \varepsilon \cos (\varrho_1 + \gamma) \cos \nu' \sin \nu + z z' \cos \varepsilon \cos (\varrho_1 + \gamma) \sin \nu \sin \nu' - \\ - z' f \cos \varepsilon \cos (\varrho_1 + \gamma) \sin \nu' \cos \nu + f^2 \cos \varepsilon \cos (\varrho_1 + \gamma) \cos \nu \cos \nu' \end{array} \right\} \dots \text{I).}}{x x' \sin \gamma + x f \cos \gamma \cos \nu' + x' z \cos \gamma \sin \nu - x z' \cos \gamma \sin \nu' - x' f \cos \gamma \cos \nu - \\ - z f \sin \gamma \sin \nu \cos \nu' + z z' \sin \nu \sin \nu' \sin \gamma - z' f \sin \gamma \cos \nu \sin \nu' + \\ + f^2 \sin \gamma \cos \nu \cos \nu'}.$$

Posługując się tem równaniem, oraz równaniami:

$$X_p = Y_p \frac{x}{f \cos \nu - z \sin \nu} \dots \text{II),} \quad Z_p = Y_p \frac{f \sin \nu + z \cos \nu}{f \cos \nu - z \sin \nu} \dots \text{III),}$$

możemy po wstawieniu kątów podać, dla każdego poprzednio wymienionego przypadku, wzory na współrzędne przestrzenne punktu.

Równania na współrzędne punktu dla zdjęć lewo i prawo skrzyżowanych otrzymamy podstawiając w równaniach I, II, III,  $\nu = \nu' = \gamma = 0^\circ$ :

$$X = Y \frac{x}{f}, \quad Z = Y \frac{y}{f}, \quad Y = \frac{b(f \cos \varrho + x' \sin \varrho) \cos \varepsilon}{x - x'} \dots \text{V).}$$

Dla zdjęć zbieżnych lub rozbieżnych po podstawieniu  $\nu = \nu' = 0^\circ$  otrzymamy:

$$X = Y \frac{x}{f}, \quad Z = Y \frac{y}{f}, \\ Y = \frac{b f [f \cos \varepsilon \cos (\varrho_1 + \gamma) + x' \cos \varepsilon \sin (\varrho_1 + \gamma)]}{[x x' + f^2] \sin \gamma + f(x - x') \cos \gamma} \dots \text{VI).}$$

Wstawiając za  $x - x' = a$  (paralaksa pozioma), możemy po odpowiednim przekształceniu wzorów podać równania krzywej, odpowiadającej rzutowi poziomemu powierzchni, na której znajdują się wszystkie punkty o równej paralaksie.

W tym celu obliczamy  $x'$  i wstawiamy do równania V, które przyjmie następującą formę:

$$Y = \frac{b [f \cos \varrho + (x - a) \sin \varrho] \cos \varepsilon}{a},$$

a wstawiając do tego równania:

$$x = Y \frac{X}{f},$$

otrzymamy po uporządkowaniu:

$$Y^2 a - X b \cos \varepsilon f \sin \varrho - Y b \cos \varepsilon [f \cos \varrho - a \sin \varrho] = 0 \dots \quad 6)$$

Porównując to równanie z ogólnem równaniem linii krzywej 2-go rzędu:

$$Ax^2 + 2Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0,$$

przekonamy się, że nasza krzywa jest *parabolą*, gdyż  $B^2 - AC = 0$ .

Celem zbadania tej paraboli (a właściwie gromady parabol, gdyż dla każdej wartości paralaksy otrzymamy inną parabolę), dodajmy obustronnie do równania 6) wyraz  $\frac{[b \cos \varepsilon (f \cos \varrho - a \sin \varrho)]^2}{4a}$ , wtedy po uporządkowaniu współczynników niewiadomych otrzymamy:

$$a \left[ Y - \frac{b \cos \varepsilon (f \cos \varrho - a \sin \varrho)}{2a} \right]^2 = + (b \cos \varepsilon f \sin \varrho) \cdot \left[ X + \frac{b \cos \varepsilon (f \cos \varrho - a \sin \varrho)^2}{4a f \sin \varrho} \right],$$

w równaniu tem oznaczają:  $\frac{b \cos \varepsilon (f \cos \varrho - a \sin \varrho)}{2a}$  przesunięcie osi  $Y$ ,

$\frac{b \cos \varepsilon (f \cos \varrho - a \sin \varrho)^2}{4a f \sin \varrho}$  przesunięcie osi  $X$ , zaś

$\frac{+ b \cos \varepsilon f \sin \varrho}{a} = 2p$  parametr paraboli. Wstawia-

jąc w równanie 6) współrzędne stanowiska lewego  $X=0, Y=0$  i współrzędne stanowiska prawego  $X=b \cos \varepsilon \cos \varrho, Y=b \cos \varepsilon \sin \varrho$ , przekonamy się, że one spełniają nasze równania, zatem parabola przechodzi przez oba stanowiska. Ponieważ współrzędne te spełniają równania dla każdej wartości paralaksy, przeto wszystkie parabole przechodzą przez lewe i prawe stanowisko fotografometryczne.

Postępując w ten sam sposób jak poprzednio dla zdjęć zbieżnych, dochodzimy do następującego równania krzywej:

$$\begin{aligned} X^2 f \sin \gamma - X Y a \sin \gamma + Y^2 (f \sin \gamma + a \cos \gamma) - \\ - X b f \cos \varepsilon \sin (\varrho + \gamma) - Y b \cos \varepsilon [f \cos (\varrho + \gamma) - \\ - a \sin (\varrho + \gamma)] = 0, \end{aligned}$$

jest to równanie krzywej rzędu 2-go, przedstawiające *elipsę*, gdyż utworzona różnica  $B^2 - AC$  mniejszą jest od zera.

$$B^2 - AC = a^2 \sin^2 \gamma - f \sin \gamma (f \sin \gamma + a \cos \gamma).$$

Aby wyznaczyć położenie poszczególnych elips w przyjętym układzie, szukamy kierunku osi głównej, określonego wzorem:

$$\operatorname{tg} 2\omega = \frac{2B}{A-C} = - \frac{2a \sin \gamma}{f \sin \gamma - f \sin \gamma + a \cos \gamma} = - 2 \operatorname{tg} \gamma.$$

Następnie szukamy położenie środka elipsy:

$$X_0 = \frac{CD - BE}{B^2 - AC}, \quad Y_0 = \frac{AE - BD}{B^2 - AC},$$

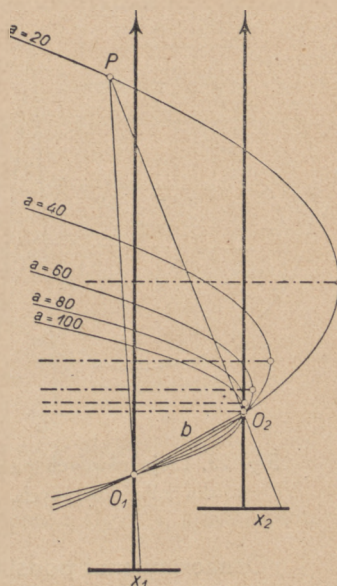


Fig. 22. Linja równych paralaks dla zdjęć prawo skręconych.

wreszcie wymiaru pół osi elipsy:  $(a) = \sqrt{-\frac{N}{L}}$ ,  $(b) = \sqrt{-\frac{N}{M}}$ , przyczem

$$L = A + C + \sqrt{4B^2 + [A - C]^2}, \quad N = 2 \frac{AE^2 - 2BDE + CD^2}{B^2 - AC} + 2F,$$

$$M = A + C - \sqrt{4B^2 + [A - C]^2},$$

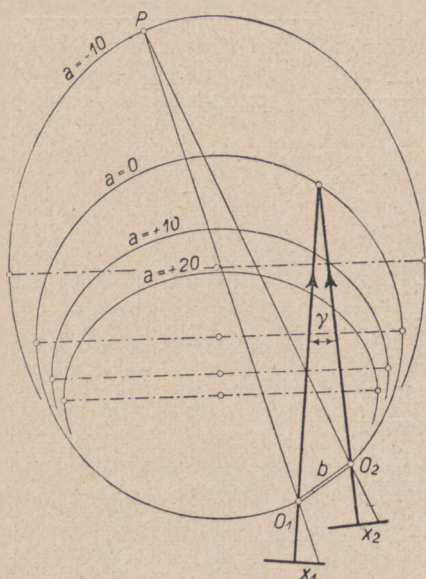


Fig. 23. Linje równych paralaks dla zdjęć zbieżnych.

Wszystkie elipsy przechodzą przez oba stanowiska fotogrametryczne, gdyż ich współrzędne spełniają równanie elipsy, poza tem wszystkie elipsy przechodzą przez jeden punkt na osi  $XX$ , którego współrzędne są:

$$Y_1 = 0, \quad X_1 = \frac{+b \cos \varepsilon \sin(\varrho + \gamma)}{\sin \gamma}.$$

### 16. Graficzny sposób kreślenia planów ze zdjęć lewo i prawo skręconych.

Wyżej wyprowadzone wzory linii równych paralaks nie mogą być z reguły stosowane, z tego powodu, że praca przygotowawcza (obliczenie i wykreślenie tylko niezbędnie koniecznych części łuków paraboli) byłaby zbyt kosztowna. Z tego powodu posługujemy się w praktyce metodą daleko prostszą, opartą na podobieństwie trójkątów.

Oznaczmy rzut podstawy na płaszczyznę poziomą  $b = b' \cos \varepsilon$ , to zauważymy, że wzór  $Y = \frac{b}{a} (f \cos \varrho + x' \sin \varrho)$  różni się od odpowiadającego mu wzoru dla zdjęć normalnych zasadniczo tylko tem, że w miejscu stałej ogniskowej  $f$ , występuje ogniskowa zmienna  $f' = f \cos \varrho + x' \sin \varrho$ , a więc zależna od  $x'$ . Tę zmienną ogniskową musimy oznaczyć na desce rysunkowej podziałką lub szeregiem prostych równoległych. Zatem na desce rysunkowej nanosimy podobnie jak przy zdjęciach normalnych prostą, na niej od punktu  $O$  odmierzymy  $n \cdot f$  w  $mm$ . W tej odległości kreślimy prostopadłą, na której odcinamy podziałkę dla  $x$  i  $z$ . Następnie w odstępnie  $bck$  kreślimy równoległą  $NN$  do prostej  $OG$ . Przyczem  $c$  oznacza podziałkę planu, zaś  $k$  wielokrotność, która musi być tak dobrana, by prosta  $NN$  wypadła w dość znacznej odległości od prostej  $OG$ . Zamiast podziałki dla paralaksy kreślimy szereg linii równoległych do prostej  $NN$  w odstępach  $nka$  w  $mm$ , a zmienną ogniskową zaznaczamy szeregiem linii prostopadłych do  $NN$ . Do ich wykreślenia

obliczamy  $nf \cos \varphi$  w mm i w tym odstępzie od  $O$  kreślimy pierwszą prostopadłą, a od niej następne prostopadłe w odstępach  $nx' \sin \varphi$ .

Dla zdjęć skręconych wykonujemy odczyty na stereokomparatorze, tak jakby one były zdjęciami normalnymi. Z odczytów  $x$  i  $a$  obliczamy  $x'$ .

Chcąc znaleźć położenie punktu, szukamy prostej oznaczonej cyfrą  $x$ , a dla niej szukamy punktu przecięcia się z prostą oznaczoną paralaksą  $a$ . Do punktu tego przykładamy linjał i wyznaczamy przecięcie się  $S$  linjału z prostą  $NN$ . W punkcie  $S$  kreślimy prostopadłą do  $NN$  i na niej znajdujemy położenie i wysokości punktu  $P$ , po nastawieniu linjału na odczyty  $x$  i  $z$ . Konstrukcja ta opiera się na proporcji, którą możemy odczytać z fig. 24, a mianowicie:

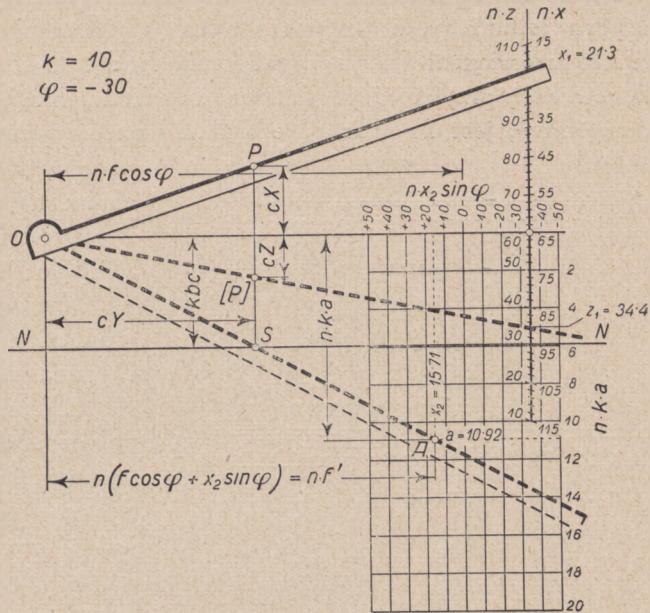


Fig. 24. Graficzne kreślenie zdjęć skręconych ( $\varphi = \rho$ ).

$$\frac{cY}{nf'} = \frac{kbc}{nka}$$

Dla przypadków zdjęć zbieżnych i pochylonych musimy najprzód wykonać przeliczenia współrzędnych tłowych, co pociąga za sobą tak znaczny nakład pracy, że graficzne kreślenie planu stosujemy tylko wyjątkowo, dlatego też nie będziemy tych sposobów omawiali.

### 17. Przyrządy do mechanicznego kreślenia planów.

Wszystkie dotychczas omawiane sposoby kreślenia planów są żmudne i kosztowne. To też od czasu, gdy zrozumiano zalety zdjęć fotogrametrycznych, starało się szereg konstruktorów złączyć pracę kreślarza z pracą obserwatora, przez dodanie do stereokomparatora szeregu dźwigni, które, przenosząc ruchy wykonywane w czasie nastawień na punkty modelu terenu, umożliwiają mechaniczne kreślenie planów.

Pierwszym takim przyrządem był perspektograf Hauka (w r. 1883), lecz

nie okazał się on praktycznym. Drugie rozwiązanie podał Scheinpflug (w r. 1898), a mianowicie przy użyciu podwójnej projekcji na ekran. Rozwiązanie to omówione będzie przy zdjęciach lotniczych. Następna konstrukcja podana została przez Thompsena (w r. 1907), jako pierwsza dźwigniowa, nadająca się do użytku, jednak tylko przy punktowem opracowaniu planu. Stosunkowo najlepsze rozwiązanie tego zagadnienia podał Orel (w r. 1908), to też jego konstrukcję przyjęto i po dalszem udoskonaleniu, przyrząd, nazwany *stereoautografem*, jest do dzisiaj jednym z najprecyzyjniejszych przyrządów, przy

pomocy których możemy drogą mechaniczną, otrzymać plany sytuacyjne i wysokościowe, dla wykonanych zdjęć fotogrametrii naziemnej.

Pierwszy model stereoautografu nadawał się wyłącznie do opracowania zdjęć normalnych.

*Stereoautograf* składa się z dwu połączonych ze sobą części, stereo-komparatora i systemu nanoszącego.

System nanoszący skonstruowany jest w ten sposób, że linjały tworzą te trójkąty, któremi posługiwaliśmy się przy wyprowadzeniu wzo-

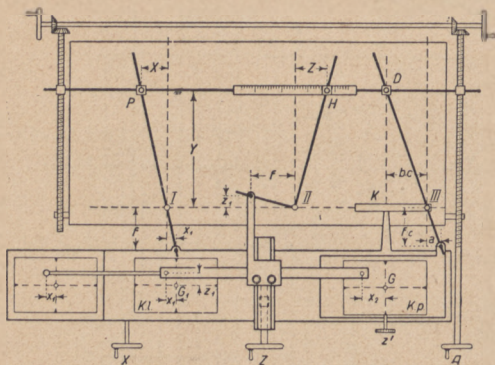


Fig. 25. Stereoautograf Orela.

rów dla zdjęć normalnych. Na fig. 25 widzimy schematycznie przedstawioną konstrukcję stereoautografu. Linjał kierunkowy  $PI$ , połączony z kliszą lewą, podaje kierunek do szukanego punktu, który znajduje się na przecięciu z linjałem odległościowym  $PD$ . Linjał wysokościowy  $HII$  zastępuje rzut boczny promienia. Od przecięcia się tego linjału z linjałem odległościowym, odczytujemy różnicę wysokości względem stanowiska lewego na podziałce, umieszczonej na linjałe odległościowym. Trzeci linjał pomocniczy  $DK$  (na fig. 25 oznaczony linją kreskowaną) wraz z linjałem paralaksy  $DIII$  wyznaczają odległość punktu. Punkty obrotu tych linjałów I, II są tak umieszczone, by jedna przyprostokątnia była równą ogniskowej kamery, druga zaś przyprostokątnia równa odpowiadającej współrzędnej tłowej. Odsuwając kliszę prawą od lewej korbą  $A$ , zbliżamy lub oddalamy linjał odległościowy  $PD$ . Przed rozpoczęciem tych ruchów należy w skali planu nastawić długość podstawy na podziałce  $KIII$ , a dla lepszego otrzymania przecięcia się linjałów  $DIII$  i  $PD$ , zwiększamy podstawę  $c$ -krotnie, zmniejszając równocześnie  $c$ -krotnie długość ogniskowej  $f$ . Ponieważ nie możemy opracowywać punktów, leżących w nieskończoności, gdyż przyrząd tego nie dopuszcza, przeto musimy mieć już nastawioną paralaksę. Ruchem śruby  $Z$  nastawiamy celowe mikroskopów na punkty leżące w różnych wysokościach. Punkt  $H$  możemy sprzęgnąć z podziałką wysokościową tak, by przy wykonywaniu ruchów



innymi śrubami różnica wysokości nie zmieniła się, przez co jesteśmy w stanie wyszukiwać takie punkty na kliszach, które odpowiadają tej samej wysokości. Jeżeli przy sprzęgniętym linjale wysokościowym będziemy utrzymywać plastyczny znaczek stale oparty na modelu terenu, wtenczas w punkcie *P* umieszczony ołówek nakreśli nam warstwicę. Tym przyrządem możemy opracowywać również w sposób ciągły wszystkie linje, które w całej swej rozciągłości widoczne są na obu kliszach.

Dalszym udoskonaleniem tego przyrządu jest stereoautograf model 1914. Przyrządem tym, możemy opracowywać wszystkie stereogramy o dowolnym

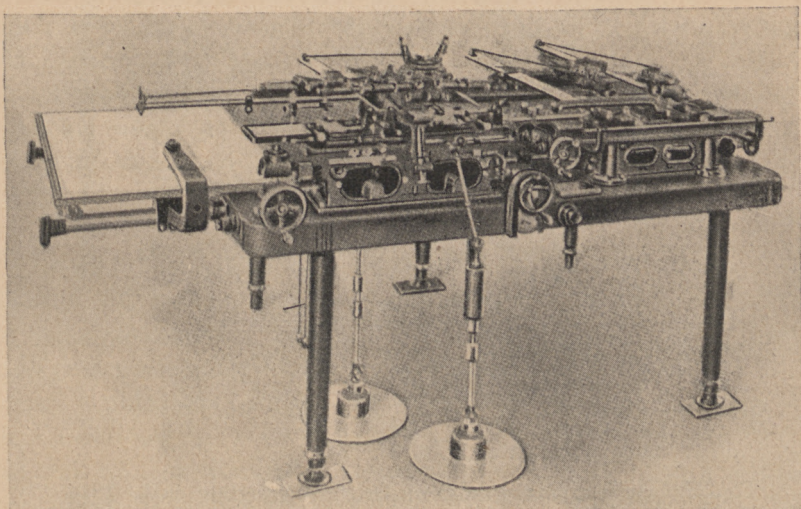


Fig. 26. Stereoautograf model 1914.

położeniu osi optycznych kamery fotograficznej, ale tylko do pewnych używanych w praktyce kątów, jakie te osie tworzą między sobą, podstawą i poziomem. Podobnie jak poprzedni model, przyrząd ten posiada linjał kierunkowy *IR*, linjał paralaksy *IIP* i linjał wysokościowy *IIIH*, linjały te połączone są z kliszami przy pomocy ramion, a ruch korbami powoduje zmianę ich położenia. Na linjale odległościowym porusza się mostek podstawy *RNSd*. Na mostku nastawiamy podstawę względnie rzuty podstawy w podziałce planu. Linjał paralaksy składa się z dwu części, które w punkcie *II* możemy nastawić pod dowolnym kątem, przez co posiadamy możliwość opracowania zdjęć zbieżnych i rozbieżnych. Do nastawienia linjału wysokościowego służy tarcza lewa poruszana nogą, zaś wpływ różnicy wysokości stanowisk (okazujący się występującą paralaksą pionową) usuwamy przy pomocy tarczy prawej. Poza tem mamy możliwość zmiany długości ogniskowej, co jest koniecznym przy opracowaniu zdjęć o osiach pochylonych. Mając do opracowania zdjęcia o osiach równomiernie skręconych, nastawiamy punkt *P*

obrotu linjału paralaksy na mostku podstawy w ten sposób, by rzuty podstawy  $b$  na osie przyrządu  $xx$  i  $zz$  równały się  $b \cos \varepsilon$  i  $b \sin \varepsilon$ . Punkt  $Sd$  jest początkiem podstawy. Sprowadzając położenie punktu  $P$  do punktu  $Sd$ , linjał paralaksy i linjał kierunkowy zajmą położenie równoległe. Powstały trójkąt  $II PSd$  jest podobny do trójkąta, jaki został utworzony w czasie wyświetlenia klisz, między stanowiskami zdjęć fotograficznych, a punktem terenu. W trójkącie tym prosta  $II Sd$  jest równoległą do  $IR$  (kierunku promienia do szukanego punktu z lewego stanowiska), a prosta  $IIP$  podaje

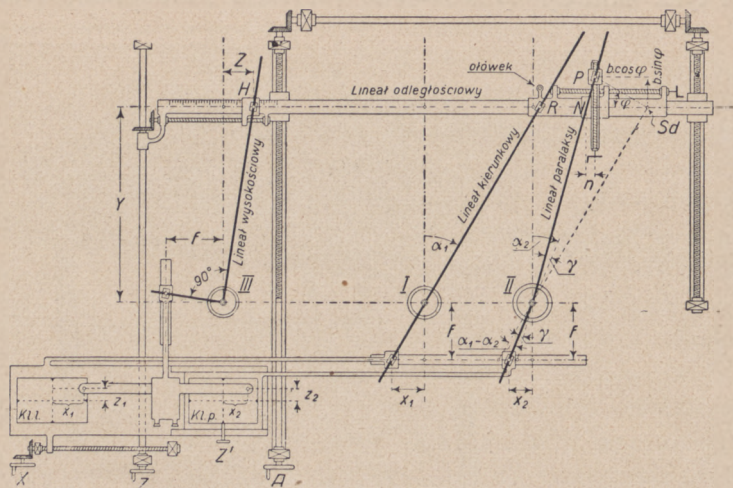


Fig. 27. Schematyczne przedstawienie stereautografu model 1914.

kierunek promienia ze stanowiska prawego, oczywiście wtedy, gdy w stereokomparatorze plastycznie widziany znaczek mierzący opiera się na modelu terenu. Jeżeli z punktu  $Sd$  wykreślimy równoległą do  $I II$ , a tem samym wzdłuż kierunku linjału odległościowego, aż do przecięcia się z prostą  $PII$ , to odcinek  $\overline{SdN}$  równa się :

$$\overline{SdN} = b \cos \varphi + n, \text{ a ponieważ } n = b \sin \varphi \operatorname{tg} \alpha = b \sin \varphi \frac{x_2}{f},$$

zatem  $\overline{SdN} = b \cos \varphi + \frac{bx_2 \sin \varphi}{f}$ , albo  $\overline{SdN} = \frac{b}{f} (f \cos \varphi + x_2 \sin \varphi)$ . Z podobieństwa trójkątów wynika, że  $a:f = \overline{SdN}:Y$  zatem

$$Y = \frac{b}{a} (f \cos \varphi + x_2 \sin \varphi).$$

Z przeprowadzonego powyżej dowodu wynika, że przy tem nastawieniu linjału paralaksy, równania dla tego przypadku zostaną spełnione, gdyż jak to na fig. 27 widzimy, zachowane są również i dwa dalsze równania:

$$X = \frac{x_1}{f} Y \text{ i } Z = \frac{z_1}{f} Y.$$

Na stereoautografie możemy również opracować zdjęcia o osiach zbieżnych i pochyłonych. W przypadku tym musimy jednak dla każdej zmiany wysokości obliczyć zmienną ogniskową  $f'$ , oraz przesunięcie punktu  $P$ , gdyż wzory wyprowadzone dla tego przypadku na str. 22 różnią się dla współrzędnych  $X$  i  $Z$  od tych, które z konstrukcji przyrządu wprost wynikają. Ponieważ długość  $f$  można powiększyć do pewnych granic, wobec tego przyrządem tym możemy opracować zdjęcia o parostopniowym pochyleniu osi optycznej. Jeżeli pochylenie lub zbieżność osi optycznych spowodowane było błędnym nastawieniem instrumentów podczas prac polowych, to przyrząd odda nam wielkie usługi. Przy zdjęciach nachylonych nie mamy możliwości na tym przyrządzie kreślenia w sposób ciągły dowolnych linii w terenie, z wyjątkiem warstwic.

Dalsze konstrukcje najnowszych przyrządów do opracowania planów sytuacyjnych i wysokościowych omówimy przy fotogrametrii lotniczej, gdyż konstrukcje te nadają się do opracowania tak zdjęć naziemnych jak i lotniczych.

### 18. Wyznaczenie orientacji wewnętrznej.

Zależnie od rodzaju określenia orientacji wewnętrznej, posiadamy dwa sposoby jej wyznaczenia.

1. Wyznaczenie odległości kliszy od środka obiektywu i położenia punktu głównego  $G$  względem osi tłowych  $xx$  i  $zz$  (fig. 28).

W tym celu wykonujemy kamerą fotograficzną zdjęcie o pionowym położeniu kliszy i poziomej osi tłowej  $xx$ . Fotografowany teren powinien zawierać przynajmniej trzy dobrze rysujące się punkty, dla których mierzymy fototeodolitem kąty poziome i pionowe. Następnie na komparatorze lub stereokomparatorze mierzymy współrzędne tłowe tych punktów, a z nich i pomierzonych kątów w polu obliczamy  $f$ ,  $\Delta x$  i  $\Delta z$ . Do obliczenia  $f$  zastosujemy zagadnienie Snelliusa. Mając dane:  $a = x_2 - x_1$ ,  $b = x_3 - x_2$ ,  $\gamma + \delta = 180^\circ$ , oraz kąty  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  i  $\beta_3$ , ze znanych wzorów obliczamy kąty  $\varphi$  i  $\psi$ , oraz długości  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ , a następnie przy pomocy wzorów:

$$x_1' = d_1 \cos \varphi, \quad x_2' = d_2 \cos \delta, \quad x_3' = d_3 \cos \psi$$

obliczamy współrzędne tłowe, które powinny się równać odczytanym na stereokomparatorze. Wynikła odchyłka  $x_1 - x_1' = \Delta x$ ,

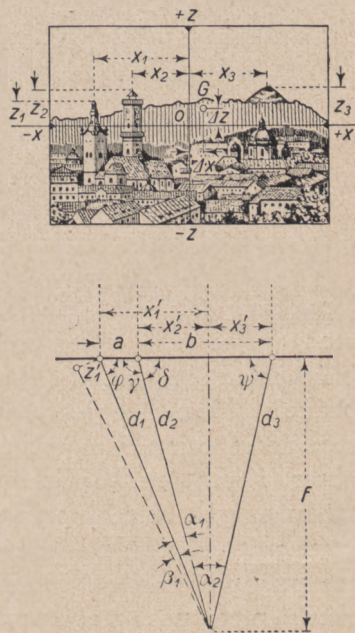


Fig. 28.

podaje przesunięcie punktu głównego w kierunku osi  $xx$ . Podobnie wyznaczamy odchyłkę  $\Delta z$ , posługując się wzorami:

$$z_1' = d_1 \operatorname{tg} \beta_1, \quad z_2' = d_2 \operatorname{tg} \beta_2, \quad z_3' = d_3 \operatorname{tg} \beta_3,$$

i tworząc różnicę  $z_1 - z_1' = \Delta z$ . Ponieważ na  $\Delta z$  otrzymamy trzy wartości, a na  $\Delta x$  dwie wartości, przeto bierzemy średnie i uważamy je za przesunięcie punktu głównego. Dokładniejsze wyznaczenie orientacji wewnętrznej powinno opierać się na większej ilości fotografowanych punktów i zastosowaniu rachunku wyrównawczego, a to z tego powodu, że przy wymierzaniu klisz i pomiarze kątów popełniamy błędy.

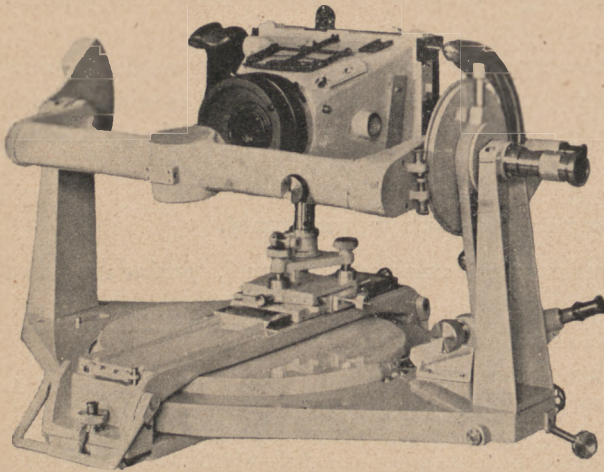


Fig. 29. Teodolit do mierzenia orientacji wewnętrznej (firmy Aërotopograph).

2. Wyznaczenie czterech kątów, jakie tworzy promień przechodzący przez punkt przecięcia się osi tłowych, z promieniami przechodzącymi przez 4 znaczniki (otworki).

Podobnie jak przy mierzeniu kątów teodolitem do wymierzania klisz, tak i w tym przypadku posługujemy się teodolitem o specjalnej konstrukcji (fig. 29), który ustawiamy przed obiektywem kamery. Teodolit ten jest tak skonstruowany, że przedni punkt główny obiektywu znajduje się na osi pionowej

i poziomej teodolitu. Kamery fotograficzną przymocowujemy do podstawy teodolitu w takiej odległości i wysokości od obiektywu teodolitu, by w przybliżeniu przedni punkt główny obiektywu kamery znalazł się w przednim punkcie głównym obiektywu lunety. Ponieważ płaszczyzna, na której umieszczone są otworki, znajduje się w odległości ogniskowej, przeto promienie obserwujemy przed obiektywem kamery jako równoległe. Nie popełnimy zatem dużych błędów przy pomiarze kątów, jeżeli punkty główne obiektywu kamery i teodolitu nie pokrywają się idealnie ze sobą. Następnie badamy, czy przy poziomej osi celowej i odczycie  $0^\circ$  na kole pionowym, celowa przechodzi przez poziome otworki kamery fotograficznej. Takie ustawienie obu instrumentów osiągniemy operując śrubami nastawniczymi.

Wymierzanie kątów przeprowadzamy w dwu położeniach lunety i kamery (oś  $xx$  raz pozioma, drugi raz pionowa).

Tak wyznaczona orientacja wewnętrzna daje przy opracowaniu klisz

lepsze wyniki, gdyż w razie nieprzylegania kliszy do znaczków, czy też skurczenia się kamery fotograficznej pod wpływem zmiany temperatury, kąty nie ulegną zmianie. W teodolitach do wymierzania klisz, jak i w przyrządach automatycznie kreślących plany, musimy mieć urządzenia zezwalające na pochYLENIA kliszy i zmianę jej odległości od obiektywu kamery, aby móc dostosować kliszę do orientacji wewnętrznej podanej 4-ma kątami. Urządzenia takie posiadają wszystkie przyrządy konstrukcji Hugershoffa.

### 19. Wyposażenie fotogrametryczne polowe.

W skład wyposażenia polowego wchodzi obecnie: *fototeodolit*, dwa lub trzy *statywy*, *tarcze celownicze* i *łata do pomiaru podstawy*.

*Fototeodolit*, jest to przyrząd, który służy do wykonania zdjęć fotograficznych, oraz do pomiaru kątów poziomych i pionowych. Składa się zatem z teodolitu, w który wbudowana jest kamera fotograficzna.

Z pośród najrozmaitszych typów fototeodolitów opiszemy przedewszystkiem typ Koppego, gdyż na nim opiera się cały szereg nowszych konstrukcyj. Teodolit o ekscentrycznej lunecie posiada na osi poziomej pierścień, do którego przymocowuje się kamerę przed zdjęciem fotograficznym; kamera pochyla się równocześnie z lunetą. Instrument poza tem odpowiada wymogom, jakie stawiamy instrumentom do pomiaru kątów. Na specjalną uwagę zasługuje urządzenie polegające na tem, że, przez zmontowanie części dodatkowych, przyrząd ten możemy zamienić na teodolit do wymierzania klisz. Nastawiając kamerę pod tym samym kątem, pod jakim wykonano zdjęcie fotograficzne w terenie, możemy przy pomocy dodatkowej lunetki celować, jakby w terenie, na poszczególne punkty i dla nich mierzyć kąty poziome i pionowe. Ponieważ wiązkę promieni obserwujemy w tej samej kamerze, którą wykonaliśmy zdjęcia w terenie, przeto błędy obiektywu nie będą miały wpływu na dokładność pomiarów kątowych.

*Fototeodolit Wilda* (fig. 32), odznaczający się doskonałą optyką, dostosowany jest do wykonania zdjęć fotograficznych pionowych i pochylonych. Kąt pochYLENIA kamery może mieć tylko określone wielkości, które

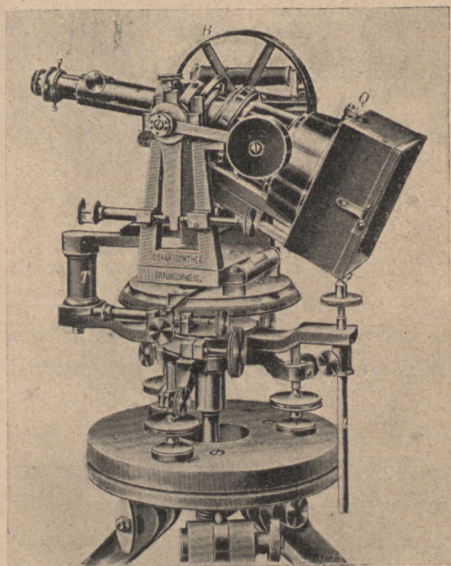


Fig. 30. Przyrząd Koppego zestawiony do mierzenia kątów.

nastawiamy zatrzymując sztabkę zębatą przy pomocy stalowej śruby. Zęby sztabki zezwalają na pochylenie  $-10^\circ$ ,  $-5^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+5^\circ$ ,  $+10^\circ$ ,  $+15^\circ$ . Kamerę fotograficzną i teodolit obracamy niezależnie około osi pionowej

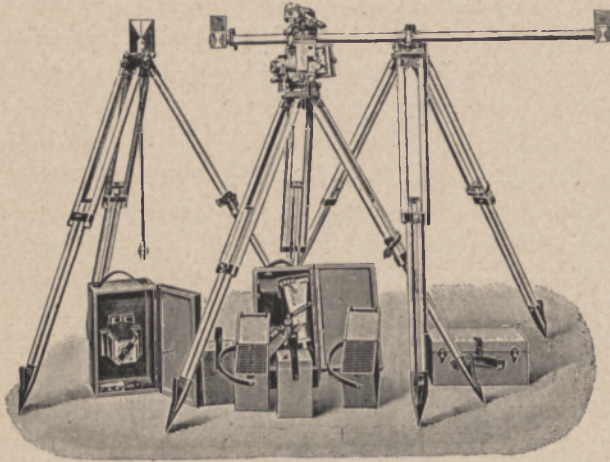


Fig. 31. Komplet wyposażenia polowego firmy Wild.

przyrządu. Do każdego przyrządu dodane są dwie kamery o ogniskowej 165 i 240 mm, z których pierwsza ma zastosowanie przy małych odległościach, druga przy dużych. Używany format klisz wynosi 10/15 cm. Do pomiaru podstawy (max. 150 m) służy łąta  $\pi/2$  m długa, którą ustawiamy poziomo i przy pomocy przeziernika nadajemy jej kierunek prostopadły do podstawy. Mierząc z przeciwległego stanowiska kąt poziomy, jaki tworzą między sobą promienie do środków tarcz umieszczonych na skrajach łąty, otrzymamy długość podstawy ze wzoru  $D = \frac{100}{\alpha^\circ}$  w metrach.

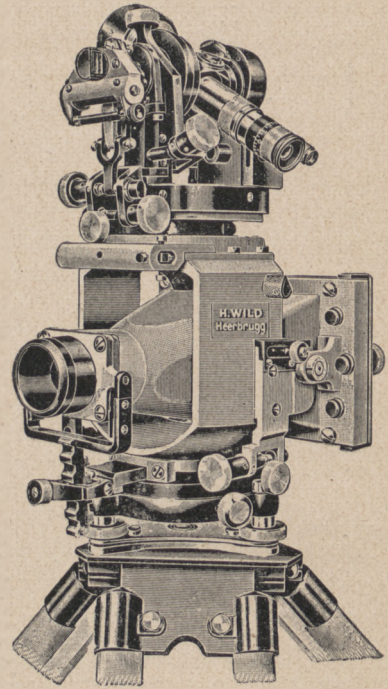


Fig. 32. Fototeodolit firmy Wilda.

Fototeodolit Zeissa (fig. 33) różni się zasadniczo od poprzednio omówionych przyrządów tem, że zdjęcia fotograficzne wykonujemy tym przyrządem tylko przy poziomej osi optycznej kamery fotograficznej. Starszy model posiadał obiektyw przesuwalny w kierunku pionowym, nowy model posiada trzy obiektywy ułożone jeden nad drugim. Zamiast pochylać całą kamerę, przesuwamy lub otwieramy górny, względnie dolny obiektyw i tworzymy obraz na pionowo umieszczonej kliszy. Poza tem przy nowym modelu kamera i teodolit stanowią oddzielne instrumenty. Do nastawienia osi optycznej kamery fotograficznej, a tem samym kierunku zdjęcia względem podstawy, służy urządzenie orientacyjne, składające się z lunety i pryzmatu, leżących

ponad sobą równolegle. Przy pomocy tego urządzenia nastawiamy oś kamery prostopadle do podstawy lub pod kątem  $31^{\circ} 31'$ .

Teodolit zaopatrzony jest w śrubę mikrometryczną, którą posługujemy się przy pomiarze krótkich podstaw. Do tego celu służy również łąta dwumetrowa, którą ustawiamy poziomo i prostopadle do podstawy, a z różnicy odczytów na śrubie mikrometrycznej, dla skrajnych nastawień celowej, obliczamy długość podstawy. Obliczenie to oparte jest na proporcji, jaka zachodzi między trójkątami, których wierzchołek leży w osi pionowej instrumentu, zaś przeciwległymi bokami są: z jednej strony łąta, z drugiej odcinek odpowiadający przesunięciu śruby mi-

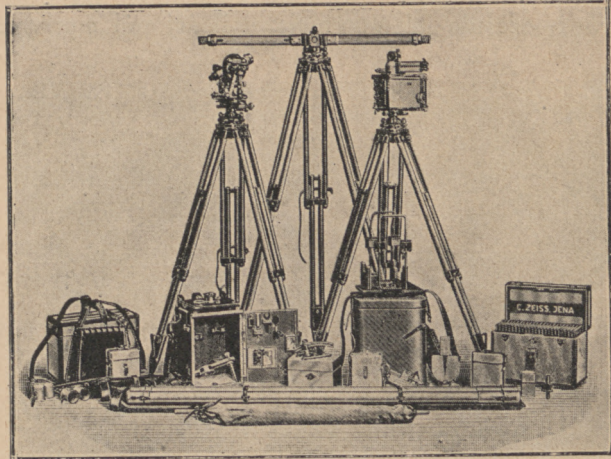


Fig. 33. Komplet wyposażenia polowego firmy Zeiss.

krometrycznej. Z proporcji tej otrzymamy:  $b = \frac{s_1 h}{s}$ . Wyrażając przesunięcie  $s$  przez literę  $n$  ilość obrotów śruby, otrzymamy równanie  $b = \frac{ks_1}{n}$ , przy czym  $k$  oznacza stałą zależną od ramienia  $h$  i kroku śruby mikrometrycznej. Stała ta wynosi zazwyczaj 20.000.

Do każdego fototeodolitu dodane są dwa lub trzy statywy, z tarczami do precyzyjnego nastawiania celowej.

Klisze przed wyświetleniem powinny jak najdokładniej przylegać do ramek szlifowanych z otworkami, to też założoną kasetę z kliszą, po odsunięciu zasuwki, przyciągamy do ramek sprężynami z siłą około dwu  $kg$ .

*Prédhumeau* posługuje się *teodolitem* z kamerą stereoskopową, o rozstawie obiektywów  $65\text{ mm}$ . Na każdym z końców podstawy wyświetlamy odpowiadającą zdjęciu stereoskopowemu połowę kliszy formatu  $7/13\text{ mm}$ . Podstawa powinna być w miarę możliwości wielokrotnością  $65\text{ mm}$ .

## 20. Prace polowe.

Podobnie jak każde zdjęcie topograficzne, wymaga fotogrametria skrupulatnego przygotowania planu robót przygotowawczych i bardzo dokładnego rekonesansu w polu. Założenie sieci triangulacyjnej, poligonowej i wysoko-

ściowej, którą obejmujemy stanowiska fotogrametryczne, powinno być przygotowane dopiero wtedy, gdy stanowiska fotogrametryczne zostały obrane w terenie, gdyż one decydują o sieciach, a nie przeciwnie. Przy obiorze podstaw zwracamy uwagę na jak najlepsze ich wykorzystanie, a więc wyszukujemy możliwie małą ilość podstaw, z których obejmujemy cały obszar, przy równocześnie jak najmniejszej ilości pól martwych. Pola martwe, których przy

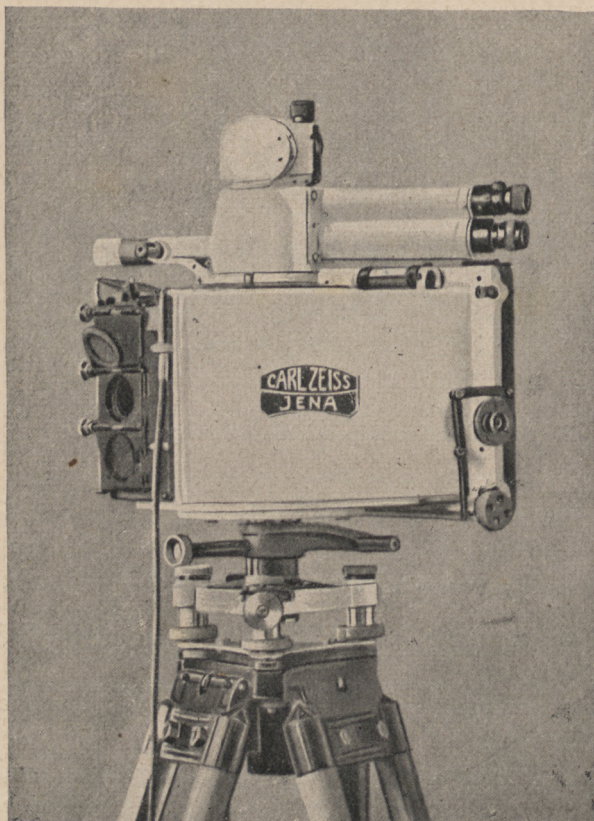


Fig. 34. Kamera fotograficzna firmy Zeiss.

fotogrametrii naziemnej nie potrafimy uniknąć, powstają przez zasłonięcie planu dalszego małymi pagórkami. Kierunek podstawy powinien być prostopadły do najkorzystniejszego kierunku zdjęcia. Podstawy równoległe do stoków są korzystne przy opracowaniu planów. Równocześnie z odbiorem podstaw, notujemy najkorzystniejszy dla nich czas oświetlenia terenu. Do ustalenia partji terenu, którą obejmie jedno zdjęcie, używamy *ikonometru*. Składa się on z płyty szklanej o wymiarze kliszy fotograficznej i przeziernika, umieszczonego w odstępnie ogniskowej kamery fotograficznej. Ikonometrem tym badamy z każdej podstawy teren, ustalając rodzaj i ilość zdjęć. Zazwyczaj na każdym stanowisku wykonujemy zdjęcia normalne, lewo i prawo skręcone. Poza tem staramy się, by teren częściowo pokryty był przez zdjęcia dwu sąsiednich podstaw. Podstawy staramy się obierać w poziomie, aby uniknąć dużej paralaksy pionowej. Większe nachylenie podstawy jak  $15^\circ$ , czyni pomiar na stereokomparatorze niemożliwy do przeprowadzenia. Długość podstawy obieramy taką, by dokładność położenia punktu na planie wynosiła  $1/1000$  odległości. W przybliżeniu warunek ten będzie zachowany, jeżeli na każde  $100\text{ m}$  odległości przyjmujemy  $8\text{ m}$  długą podstawę.

Podstawy równoległe do stoków są korzystne przy opracowaniu planów. Równocześnie z odbiorem podstaw, notujemy najkorzystniejszy dla nich czas oświetlenia terenu. Do ustalenia partji terenu, którą obejmie jedno zdjęcie, używamy *ikonometru*. Składa się on z płyty szklanej o wymiarze kliszy fotograficznej i przeziernika, umieszczonego w odstępnie ogniskowej kamery fotograficznej. Ikonometrem tym badamy z każdej podstawy teren, ustalając rodzaj i ilość zdjęć. Zazwyczaj



Nowoczesne przyrządy, na których możemy opracowywać stereogramy o dowolnie położonych osiach optycznych, zaczynają powoli wypierać dotychczasowy szablon o osiach równoległych, a co najwyżej zbieżnych. Stereogram, utworzony z dwu zdjęć fotograficznych o dowolnem położeniu osi optycznych, a dający korzystniejszy efekt stereoskopowy, jest równie łatwy do opracowania, jak zdjęcia poprzednio omawiane. Dla każdego stereogramu

obieramy w terenie punkty kontrolne, których zadaniem jest dostarczenie dat, czy w czasie wykonania zdjęć fotograficznych nie zaszły niedokładności nastawienia przyrządu. Do punktów tych mierzymy kąty pionowe i poziome, łącznie z pomiarami dla orientacji zewnętrznej. Punktami takimi mogą być albo stanowiska fotogrametryczne przeciwległego terenu, punkty trygonometrycznego nawiązania, względnie punkty specjalnie w terenie wybierane. Punkty te sygnalizujemy przy pomocy tarcz ze znakiem czerwonego klina na białym kwadratowym polu lub też znakami bielonymi wapnem na ciemnym podłożu terenu. Wielkość i forma winny być tak dostosowane, aby na kliszy łatwo było punkty te odzyskać. Najczęściej stosowane znaki kontrolne bielone mają kształt krzyża. Przez porównanie obliczeń kątowych ze współrzędnych tłowych klisz z pomiarami w terenie, dochodzimy do kontroli, czy w czasie zdjęć lub też obliczeń nie popełniliśmy grubych błędów.

Podstawę, jak już poprzednio opisano, mierzymy optycznie, jeżeli nie przekracza długości 150 m, dla dłuższych podstaw zakładamy ciągi poligonowe lub końce podstawy ustalamy wcinaniem wprzód lub wstecz. Zakładanie



Fig. 35. Stanowisko fotogrametryczne pod Granatami w Tatrach.

ciągów poligonowych w terenie górzystym napotyka na tak znaczne trudności w pomiarze długości, że raczej opłaca się traktować końcowe punkty podstawy jako punkty trygonometryczne.

Kolejność czynności w czasie wykonywania zdjęć fotograficznych jest następująca: Stanowisko lewe, pomiar kątów (nawiązanie orientacji zewnętrznej i do punktów kontrolnych), pomiar podstawy, założenie kasety, kontrola celowej do stanowiska prawego, wyświetlenie płyty światłoczułej i powtórna



Fig. 36. Zdjęcie fotograficzne wykonane kamerą firmy Zeissa z podstawy pod Granatami w Tatrach na Zawrat. 127,08 oznacza ogniskową, I serję, 11 liczbę porządkową zdjęcia.

kontrola celowej. Na stanowisku prawem: Założenie kasety, nastawienie celowej na stanowisko lewe, wyświetlenie płyty światłoczułej, kontrola celowej, pomiar kątów (kontrolnych i nawiązania) i optyczny pomiar podstawy. Wykonanie zdjęć fotograficznych na obu końcach podstawy powinno nastąpić w jak najkrótszym czasie, aby cienie, zmieniające swoje położenie, nie wpływały szkodliwie na tworzenie stereoskopowego obrazu.

Zasadniczo dla każdego położenia osi optycznej wykonujemy jedno zdjęcie fotograficzne. Klisze najlepiej jest wywołać tego samego dnia, by móc w razie potrzeby zdjęcia powtórzyć.

Do zdjęć fotograficznych używamy wyłącznie płyt światłoczułych o małej czułości, ortochromatycznych, przeciwodblaskowych, a zatem o ziarnie bardzo drobnem. Samo zaś zdjęcie wykonujemy przez filtr przy przysłonie jak najmniejszej. Szkło płyty powinno być szlifowane i grube, aby zapobiec ewentualnemu wygięciu się płyty. Szkło nierówne powoduje błędy w paralaksie poziomej i pionowej, zaś zbyt cienkie szkło może być powodem nieuszczelnego przylegania płyty do ramek, zatem zmiany orientacji wewnętrznej. Poza tem należy kłaść baczną uwagę na czystość płyt. Jeżeli drobne kruszynki szkła dostaną się do miejsca styku płyty z ramkami, mogą uczynić zdjęcie niezdatnem do użytku. Coprawda wyprowadzono związki, przy pomocy których przeliczamy współrzędne zniekształcone na poprawne, ale to są środki, któremi powinniśmy się posługiwać tylko w ostateczności.

Wszystkie przyrządy przed pomiarem należy dokładnie zbadać i zretyfikować. Przy ustawieniu instrumentów na stanowiskach obowiązują przepisy stosowane w miernictwie.

## 21. Zastosowanie fotogrametrii naziemnej.

Fotogrametria naziemna ma największe zastosowanie w terenie górzystym, skalistym, pokrytym na nieznacznym przestrzeniach lasami. Metoda ta jest jedyną, która pozwala na opracowanie dokładnych planów takich terenów, gdzie człowiek tylko z narażeniem życia dotrzeć może. Warunki atmosferyczne w górach czynią pomiary możliwe tylko przez krótki okres lata, w mniejszym jednak stopniu wstrzymują postęp robót polowych, niż przy zdjęciach topograficznych. Raz uchwycony teren na kliszy możemy w każdej chwili opracować w kreślarni, a braki, które zauważymy przy sporządzeniu planu, nie muszą być uzupełniane pomiarami w terenie, wystarczy na nowo założyć klisze do przyrządu, by poprawić usterki.

Oprócz wybitnie topograficznego znaczenia fotogrametrii naziemnej, ma ona również szerokie zastosowanie przy robotach inżynierskich w terenie pagórkowatym. Wykonanie planów sytuacyjnych i wysokościowych dla projektów zabudowania potoków górskich, przegród dolin, tras kolejowych, regulacji rzek i t. p., przeprowadzić możemy szybciej i z mniejszym nakładem kosztów niż inną metodą. Że metodą tą uzyskujemy wierniejsze oddanie rzeźby terenu, pisaliśmy już poprzednio.

Zdjęcia fotogrametryczne zabytków sztuki opracowujemy z reguły graficznie sposobami, które podane są na str. 7. Przy stosowaniu tej metody, znajdzie architekt tak wielkie bogactwo szczegółów, jakie tylko przy bardzo żmudnych pomiarach mógłby otrzymać. Stawianie rusztowań i wiszących koszów odpada tutaj zupełnie.

Opisane w tym rozdziale metody stosowane są także: w medycynie jako zdjęcia stereo-roentgenowe, dla dokładnego oznaczenia położenia obcego ciała lub innych wewnętrznych pomiarów, w astronomji do wyszukiwania i badania ciał niebieskich, w awiatyce do badania szybkości samolotów, w balistyce do badania lotu pocisków.

---

## C Z Ę Ś Ć II.

### 22. Fotogrametrja lotnicza.

Fotogrametrja naziemna ma swoje wady, nie nadaje się w terenie nizinnym, w terenie zaś górzystym powstają martwe pola, które uzupełniamy zazwyczaj inną metodą. Wykonując dla tego samego terenu zdjęcia lotnicze, unikamy wystąpienia martwych pól, a teren nizinny i prawie płaski przedstawi się na kliszy jako plan o nieznanym podziałce (oczywiście tylko wtedy, jeśli oś optyczna kamery lotniczej była w chwili naświetlenia płyty pionowa). Te zalety zdjęć lotniczych oceniono jeszcze przed opanowaniem powietrza, a pierwsze sterowce i balony na uwięzi niejednokrotnie służyły do doświadczeń w tym kierunku. Zaraz też, oprócz zalet poznano i trudności, które kosztem dobrego wglądu w fotografowany teren musiały wystąpić. Były one przez cały szereg lat tematem badań. Dopiero w ostatnich latach, kiedy wykorzystano doświadczenia osiągnięte w czasie wojny światowej, kiedy szybki rozwój lotnictwa, jak i szereg pomysłów genialnych konstruktorów przyczynił się do sporządzenia precyzyjnych przyrządów, osiągnięto tak zadowalające wyniki, że wykonanie sytuacyjnych i wysokościowych planów ze zdjęć lotniczych nie przedstawia trudności. Szybki postęp pozwala przypuszczać, że fotogrametrja lotnicza będzie miała szerokie zastosowanie przy opracowaniu map większych obszarów.

Trudności, jakie napotymano przy opracowywaniu pierwszych zdjęć lotniczych, pochodziły głównie z nieznamości orientacji zewnętrznej, której dla szybko poruszającego się balonu lub samolotu nie jesteśmy w możności jeszcze dziś wyznaczyć. Dane, które podają nam przyrządy pomocnicze, są tak mało dokładne, że mogą służyć tylko jako wartości przybliżone. Problem ten był przedmiotem wielu konstrukcyj, z których najważniejsze omówimy poniżej.

Do zagadnień fotogrametrii lotniczej zalicza się szereg prac i metod, które nie mogą być ściśle uważane jako takie. I tak powiadamy, że w zakres prac fotogrametrycznych wchodzi:

- a) *Fotograficzne zdjęcie lotnicze.*
- b) *Foto-szkic bez podziałki.*
- c) *Foto-plan w podziałce.*
- d) *Foto-mapa.*

Z wyszczególnionych, tylko foto-mapa jest właściwą pracą fotogrametryczną, reszta zaś jest jej podkładem.

Ponieważ wyżej podany podział został powszechnie przyjęty, będziemy go w tej kolejności omawiać.

### 23. Rodzaje zdjęć lotniczych i prac fotogrametrii lotniczej.

Zdjęcia lotnicze dla prac fotogrametrycznych dzielimy na trzy grupy:

1. *Zdjęcia panoramowe, z widocznym na kliszy horyzontem.*

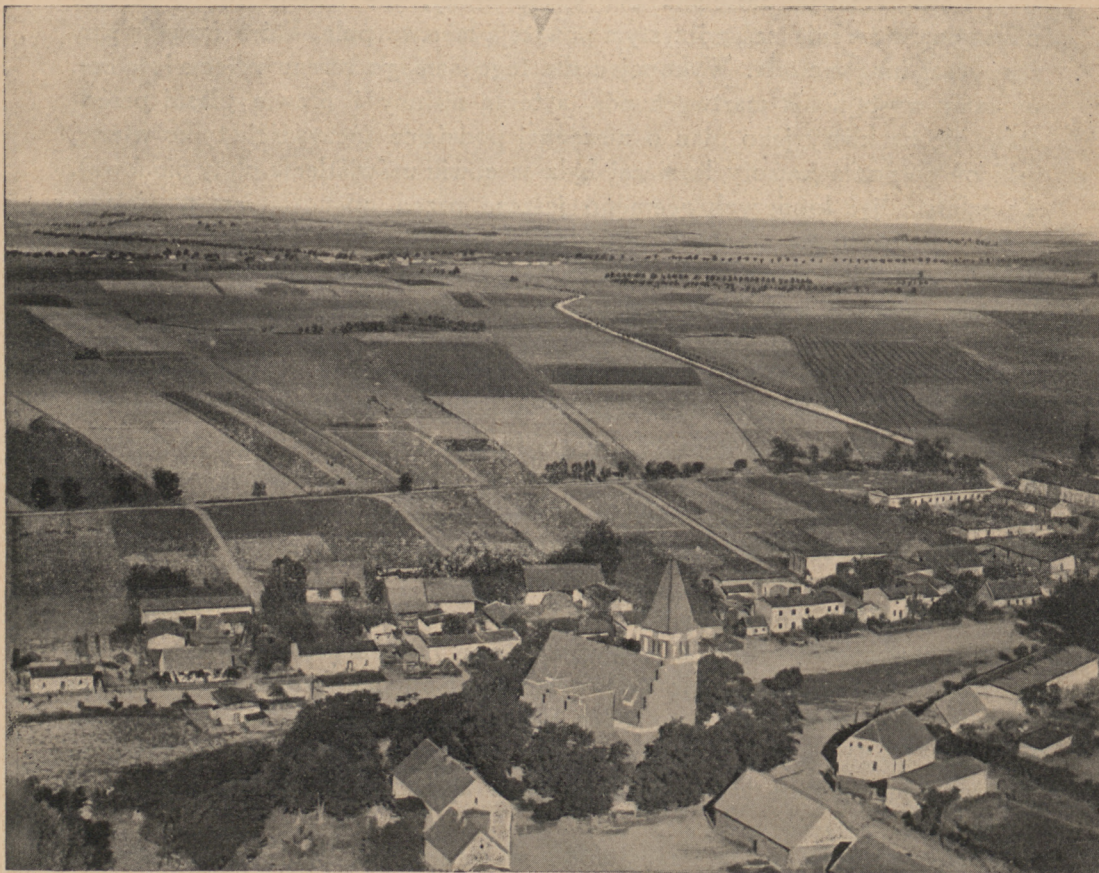


Fig. 37. Zdjęcie panoramowe. — Okolice Lossowa.

2. Zdjęcia pochylone, o pochylonej względem poziomu osi optycznej kamery lotniczej przy kącie pochylecia około  $30^\circ$ .



Fig. 38. Zdjęcie lotnicze pochylone kościoła św. Elżbiety we Lwowie (wyprostowane). Fotografował por. Hoszowski.

3. *Zdjęcia prostopadłe*, o pionowej lub prawie pionowej osi optycznej kamery lotniczej.



Fig. 39. Zdjęcie lotnicze prostopadłe okolicy ulicy Poninskiego we Lwowie.  
Podziałka około 1:5000. Fotografował kap. Fabjan.



Grupę zdjęć lotniczych dzielimy na: *szeregi i zespoły*. Przez *szereg* rozumiemy, kilka zdjęć wykonanych w kierunku jednego lotu. *Zespół* powstaje z kilku szeregów przylegających lub zachodzących na siebie, a obejmujących pewien zwarty obszar.

Szerokość pasa, którym poszczególne zdjęcia czy też szeregi zachodzą na siebie, nazywamy *pokryciem*.

a) *Fotograficzne zdjęcia lotnicze*, których przeznaczeniem jest: reklama wielkich fabryk, propaganda turystyki, dostarczenie dowodów w sporach granicznych, fotografie zabytków architektury i t. p., wykonuje lotnik zazwyczaj z wysokości 200—300 m, jako zdjęcia panoramowe, pochylone lub prostopadłe. Nie przedstawiają one dla nas dużego zainteresowania, dlatego nie będziemy ich szerzej omawiali. Zaznaczę tylko, że aby uniknąć rażącej oko perspektywy zdjęć pochylonych, możemy je sprostować (fig. 38).

b) *Foto-szkic* bez podziałki powstaje przez naklejenie na arkuszu papieru grupy zdjęć prostopadłych, wykonanych z tej samej wysokości. Zdarzające się przy sklejeniu niedokładności wynikają z różnic wysokości w terenie i położenia kamery lotniczej w czasie lotu. Foto-szkic jest doskonałym podkładem do dalszych prac fotogrametrycznych, a także dając dobry wgląd w teren, ma zastosowanie w przedstępnych studjach przy zakładaniu osiedli.

c) *Foto-plan* sporządzamy podobnie jak foto-szkic, z tą jednak różnicą, że poszczególne zdjęcia prostujemy do poziomu i powiększamy do żądanej podziałki, poczem dopiero naklejamy na wspólny arkusz. Usuwamy zatem błędy niepionowości osi optycznej i wysokości lotu, nie usuwamy jednak błędów, spowodowanych rzeźbą terenu.

Do prostowania zdjęcia, a więc przekształcenia go z pochylonego w poziome i nadania mu określonej podziałki, konieczną jest znajomość dla każdej kliszy sytuacji najmniej trzech punktów terenu, na niej odfotografowanych.

Prostowanie wykonujemy drogą optyczną, używając do tego celu przyrządów zwanych *prostownikami*.

Naklejając odbitki fotograficzne na wspólny arkusz, orientujemy się na stykach drogami, miedzami i zabudowaniami, kładąc nacisk na dostosowanie do sytuacji punktów, którymi posługiwaliśmy się przy prostowaniu. Sklejony foto-plan dzielimy na arkusze sekcyjne, fotografujemy wiernie w naturalnej wielkości i retuszujemy niedokładności w styku i tonie odbitek. Otrzymane po retuszu klisze służą do reprodukcji foto-planu.

d) *Foto-mapa* powstaje zasadniczo z opracowania stereogramów (dwu zdjęć lotniczych pochylonych lub prostopadłych) przy pomocy przyrządów lub drogą wykreślną. Przyrządy kreślące pozwalają na opracowanie wszystkich zagadnień, które poznaliśmy przy fotogrametrii naziemnej. Sposób sporządzenia foto-map poznamy przy omawianiu poszczególnych metod i przyrządów.

Wysokość lotu dla foto-szki-cu,-planu,-mapy powinna być tak dobrana,

by zdjęcie lotnicze wypadło w takiej podziałce, w jakiej mamy je opracować, a zależną ona będzie od ogniskowej kamery użytej do zdjęcia.

Pokrycie w szeregach i zespole wynosi dla foto-planów 15%, dla foto-mapy w szeregach 60—100%, a w zespole 20%.

*Foto-plany* uzyskujemy drogą: 1. *graficzną*,  
2. *optyczną*,  
3. *prostowaniem*,

*foto-mapy* zaś przy pomocy następujących sposobów:

I. Pośrednie sposoby.

- a) *Graficzne.*
- b) *Prostowanie z odcinaniem wprzód i triangulacją nadirową.*
- c) *Foto-plany uzupełnione warstwicami, przez pomiar dodatkowy.*

II. Bezpośrednie.

- d) *Projekcja stereogramów na jeden ekran.*
- e) *Maszyny kreślące.*
- f) *Sposoby kombinowane.*

Nim przystąpimy do omówienia poszczególnych sposobów, musimy się zapoznać z elementami orientacji zewnętrznej, którymi będziemy się posługiwać. Orientację wewnętrzną kamery lotniczej wyznaczamy tak samo, jak dla kamery fototeodolitu.

## 24. Orientacja zewnętrzna zdjęcia lotniczego.

Orientację zewnętrzną każdego zdjęcia lotniczego ustala:

1. Położenie środka obiektywu względem układu punktów dostosowania, a więc współrzędne  $X$ ,  $Y$  i  $Z$ . (Wysokość lotu  $W$  równa się  $Z$ .)

2. *Kąt skantowania*  $k$ , t.j. kąt, jaki tworzy oś tłowa  $xx$  z prostą poziomą na kliszy.

3. *Kąt pochylenia*  $\nu$ , t.j. kąt, jaki tworzy oś optyczna kamery lotniczej z prostą pionową przechodzącą przez środek obiektywu.

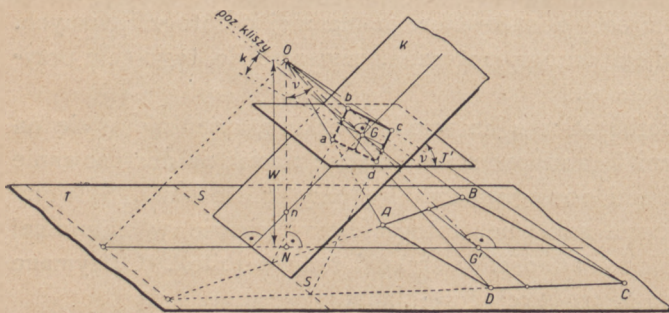


Fig. 40.

4. *Kąt skręcenia*  $\rho$ , t. j. kąt, jaki tworzy rzut poziomy osi optycznej z osią układu prostokątnego punktów dostosowania.

Orientację zewnętrzną jednego stereogramu stanowić będą: współrzędne przestrzenne jednego położenia środka obiektywu, np.  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $Z_1$ ,

trzy rzuty podstawy  $b_x$ ,  $b_y$ ,  $b_z$  na osie układu, oraz kątów  $k_1$ ,  $\nu_1$ ,  $\varrho_1$ ;  $k_2$ ,  $\nu_2$ ,  $\varrho_2$  (fig. 41).

Trzy rzuty podstawy nazwiemy zależnie od wpływu różnicy wysokości i zбочenia samolotu od kierunku zdjęcia z powodu wiatru:

- $b_x$  trzon podstawy,
- $b_y$  nachylenie podstawy,
- $b_z$  wyboczenie podstawy.

Do wyznaczenia orientacji zewnętrznej posługujemy się najmniej trzema punktami, których współrzędne są znane. Punkty te przed rozpoczęciem lotu powinny być sygnalizowane na terenie. Ponieważ nie jesteśmy w stanie przewidzieć, jak lotnik zdoła ułożyć zdjęcia względem obranych punktów, i może zająć wypadek, że na niektórych kliszach odfotografuje za małą ilość punktów, przeto postępujemy zazwyczaj odwrotnie. Najprzód lotnik fotografuje teren, a następnie wybieramy na kliszy ostro rysujące się i najkorzystniej położone punkty, dla których wyznaczamy sytuację i wysokość. Nie wszystkie punkty mogą być objęte siecią trygonometryczną, więc niejednokrotnie zakładamy sieci poligonowe i niwelacyjne.

Mając sporządzić dokładny plan sytuacyjny o dużej podziałce, sygnalizujemy oprócz punktów dostosowania wszystkie punkty załamania granic. Sygnalizację taką zakładają Francuzi przy opracowaniu nowych map katastralnych na obszarze zniszczonym podczas wojny światowej.

Najstosowniejszym rodzajem sygnałów okazały się znaki w formie krzyża, kreski, lub litery  $T$  i  $L$ . Wszystkie inne znaki, przedstawiające regularne figury, okazały się przy zdjęciach lotniczych niepraktycznymi. Łatwo bowiem mogą zająć pomyłki z naturalnymi formami zabudowań i ścieżek (np. ścieżki wydeptane przy kieratach).

Jeżeli poprzednio wspomniano, że zasadniczo nie sygnalizujemy punktów przed lotem, to w terenie o małej ilości wyraźnie rysujących się obiektów, jak na łąkach, pastwiskach i korytach rzek, będziemy musieli to przeprowadzić.

## 25. Graficzne kreślenie foto-planów.

Przyjmując, że fotografowany teren jest płaski, względnie lekkie jego pofałdowanie na wymaganą dokładność nie będzie mieć wpływu, możemy powiedzieć, że między obrazem na kliszy, środkiem obiektywu i planem,

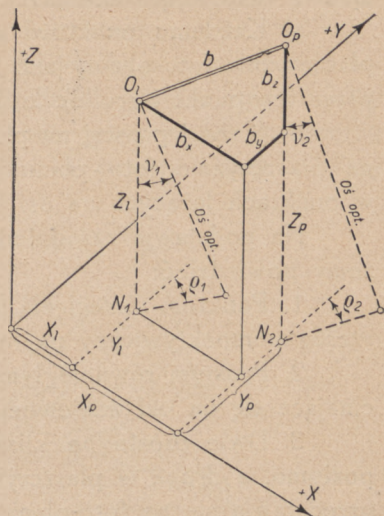


Fig. 41. Elementy orientacji zewnętrznej stereogramu.

jako zmniejszoną w podziałce częścią powierzchni, zachodzi kolineacja środkowa. Środkiem kolineacji będzie środek kamery, osią kolineacji krawędź przecięcia się płaszczyzny terenu z płaszczyzną kliszy.

Związki między punktami i prostymi na tych płaszczyznach dadzą się ująć w następujące zdania:

a) Każdemu punktowi płaszczyzny kliszy odpowiada jeden punkt na płaszczyźnie foto-planu, jako punkt przecięcia się promienia, przechodzącego przez ten punkt i środek kolineacji z płaszczyzną drugą.

b) Każdej prostej na płaszczyźnie kliszy odpowiada jedna jedyna prosta na płaszczyźnie foto-planu, przyczem odpowiednie proste przecinają się w punktach leżących na osi kolineacji.

Na podstawie zasad jednokreślnych i perspektywicznych pęków, możemy powiedzieć:

1. Punktom przecięcia prostej z pękiem promieni na kliszy odpowiada szereg perspektywiczny na foto-planie.

2. Prostym równoległym na pochylonej kliszy odpowiedzą proste przecinające się na osi wzajemnej i naodwrot.

3. Dwie proste na kliszy tworzące kąt prosty, z których jedna leży poziomo, a druga w płaszczyźnie pionowej przechodzącej przez oś optyczną, przedstawiają się na foto-planie jako prostopadłe do siebie.

Przytoczone zdania posłużą nam do graficznego wykreślenia planów.

Mając podane na planie położenie 4-ch punktów, które na kliszy albo odbitce możemy dokładnie odszukać, przeniesiemy na plan każdy punkt kliszy przy pomocy następującej konstrukcji (fig. 42 i 43).

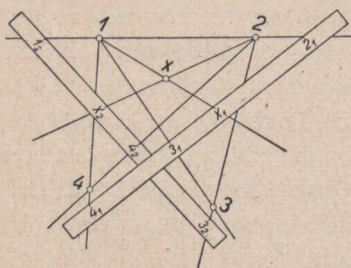


Fig. 42. Klisza.

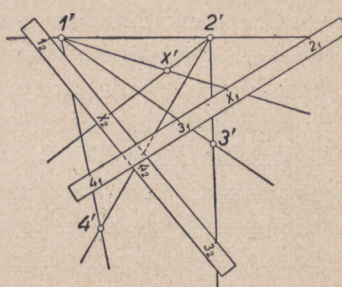


Fig. 43. Plan.

Na naklejonej na papierze rysunkowym odbitce kreślimy z punktu 1 pęk promieni przez punkty 2, 3, 4, oraz  $x$  (punkt, który mamy przenieść), na planie zaś z punktu  $1'$  do punktu  $2'$ ,  $3'$ ,  $4'$ . Jeżeli pęk promieni na odbitce przetniemy dowolną prostą i zaznaczymy na niej punkty przecięcia się z pękiem, to punkty te utworzą szereg perspektywiczny, który powinien być zachowany dla pęku na planie. Znacząc na skrawku papieru położenie

punktów  $4_1, 2_1, 3_1, x_1$ , przykładamy go na pęk promieni planu i tak manewrujemy, aby punkty te wypadły na odpowiednich promieniach, poczem zaznaczamy na planie położenie punktu  $x_1$  i przez ten punkt kreślimy szukany promień  $1'x_1$ . Tworząc podobnie pęk promieni z punktu 2 i  $2'$ , znajdujemy położenie promienia  $2'x_2$ . Przecięcie się promienia  $1'x_1$  z promieniem  $2'x_2$  daje położenie szukanego punktu  $x'$  na planie.

Do przeniesienia większej ilości punktów konstrukcja ta nie nadaje się, gdyż zabiera za dużo czasu. Dla mało dokładnych planów upraszczamy sobie pracę, dzieląc czworobok, utworzony z podanych punktów, na szereg pól. Następnie w obrębie ich przenosimy od oka punkty i linie z kliszy

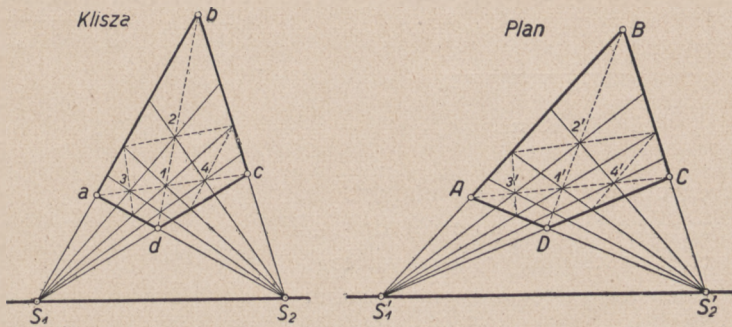


Fig. 44.

na plan. Pola te tworzymy, przedłużając do przecięcia się przeciwległe boki czworoboku, poczem przez punkty te i punkt przecięcia się przekątni czworoboku kreślimy promienie, które podzielią nasz czworobok na mniejsze czworoboki. Dzieląc w dalszym ciągu tym samym sposobem nowo powstałe czworoboki, zagęszczamy tak sieć linii, by w obrębie utworzonych pól łatwo było przenieść szczegóły. To samo wykonujemy na planie. Tak utworzone pęki promieni na kliszy i planie są wzajemnie jednokreślne i perspektywiczne.

Podany powyżej sposób nie jest jedynym najkorzystniejszym rozwiązaniem. Możemy tworzyć i inne sposoby, zależne od sytuacji punktów nawiązania i kąta pochylenia osi kamery.

## 26. Graficzne wyznaczenie wysokości lotu, linii poziomej na kliszy, kierunku zdjęcia, kąta pochylenia, kąta skantowania i punktu nadirowego.

Przyjmując teren jako płaski, możemy drogą graficzną wyznaczyć wyżej wymienione elementy, jeżeli na terenie, objętym zdjęciem lotniczym, znamy sytuację czterech punktów.

W tym celu, przy pomocy czterech znanych punktów, przenosimy na plan prostokąt obrany równoległe do ramek kliszy, a następnie przedłużamy

do przecięcia się przeciwległe boki utworzonego czworoboku  $ABCD$ . Prosta, łącząca te punkty, przeniesiona na kliszę, daje prostą poziomą na kliszy.

Postąpić możemy również odwrotnie, t. j. obrócić prostokąt na planie i przenieść go na kliszę.

Jeżeli nie jesteśmy w stanie uzyskać przecięcia się przeciwległych boków na desce rysunkowej (fig. 46), wtedy stosujemy konstrukcję pomocniczą,

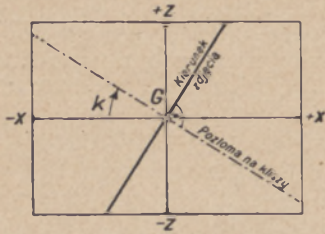


Fig. 45. Klisza.

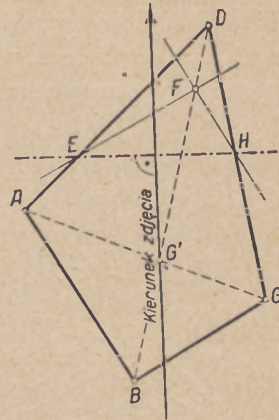


Fig. 46. Plan.

kreśląc przez dowolnie obrany punkt  $F$  na przekątnej czworoboku równoległe do  $AB$  i  $BC$ . Punkt  $E$ , w którym prosta równoległa do  $BC$  przecina bok  $AD$ , łączymy z punktem  $H$ , w którym prosta równoległa do  $AB$  przecina bok  $DC$ . Prosta  $EH$  jest prostą poziomą kliszy. Prosta tę przenosimy poprzednio opisanym sposobem na kliszę.

Jeżeli na kliszy wykreśliśmy prostą poziomą, przechodzącą przez punkt główny  $G$ , to kąt, jaki ta prosta tworzy z osią  $xx$ , jest kątem skantowania  $k$ .

Prosta zaś, wykreślona przez punkt główny prostopadle do poziomej na kliszy, podaje kierunek zdjęcia. Kierunek zdjęcia na planie otrzymamy, kreśląc prostopadłą do prostej  $EH$ .

Na tym kierunku należy szukać stanowiska zdjęcia i punktu nadiowego. Aby je wyznaczyć, obieramy na kierunku zdjęcia trzy punkty, które przenosimy na plan, następnie na przezroczystej kalce kreślimy dwie proste prostopadłe do siebie. Od punktu przecięcia się tych prostych  $G$  odmieramy na jednej prostej ogniskową  $f$ , na drugiej odległości trzech obranych punktów  $G_1, G_2, G_3$ . Łącząc punkt  $O$  z punktami 1, 2, 3 i  $G$ , otrzymamy kład pęku promieni  $O_1, O_2, O_3$ . Teraz kalce

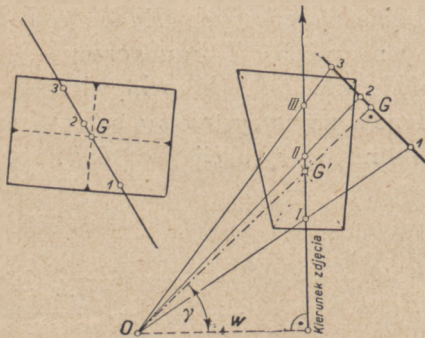


Fig. 47.

odległości trzech obranych punktów  $G_1, G_2, G_3$ . Łącząc punkt  $O$  z punktami 1, 2, 3 i  $G$ , otrzymamy kład pęku promieni  $O_1, O_2, O_3$ . Teraz kalce

nakładamy na plan i tak długo nią manewrujemy, by promienie  $OG$ ,  $O1$ ,  $O2$ ,  $O3$  przeszły przez punkty  $G'$ , I, II, III. Gdy to położenie uzyskamy, odkłuwamy punkt  $O$  na planie (fig. 47). Z punktu tego, jako kładu stanowiska obiektywu, kreślimy prostopadłą do kierunku zdjęcia, otrzymując wysokość lotu ponad terenem równą  $W$ . Punkt  $N$  (przecięcia się prostej  $W$  z kierunkiem zdjęcia) jest *punktem nadirowym*, t. j. punktem na terenie, w którym pion, przechodzący w chwili zdjęcia przez środek obiektywu, przebija teren.

Kąt, jaki tworzy oś optyczna  $OG$  z kierunkiem zdjęcia, jest kątem pochylenia  $\nu$ , kąt zaś, jaki tworzy kierunek zdjęcia z osią układu współrzędnych punktów dostosowania, jest kątem skręcenia  $\varrho$ .

## 27. Metoda optyczna.

Metoda optyczna polega na użyciu pryzmatu lub lusterka, które odbijają promienie, padające z fotografii na pryzmat, w kierunku deski rysunkowej w ten sposób, że linje rzuczonego obrazu mogą być obwodzone ołówkiem.

Konstrukcja przyrządów opartych na metodzie optycznej musi odpowiadać zasadom perspektywy. Zasady te poznamy w następnym rozdziale. Przyrząd powinien zezwalać na wszystkie ruchy, jakie są potrzebne do dostosowania rzuczonego obrazu do podanej reambulowanej mapy, czy też sytuacji kilku punktów terenu. Przez odpowiednie pochylenie deski z sytuacją i podnoszenie pryzmatu uwalniamy rzucony obraz od zniekształceń, wynikłych przez pochylenie kamery lotniczej podczas fotografowania terenu.

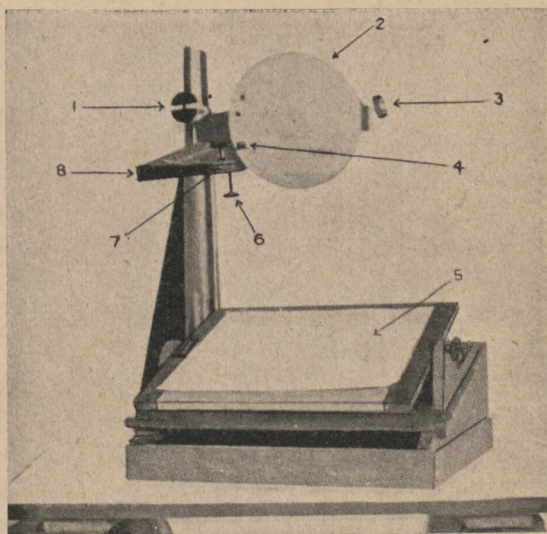


Fig. 48. Przyrząd do optycznego kreślenia foto-planów.

Przyrząd składa się z następujących części (fig. 48 i 49):

1. Śruby do podnoszenia i obniżania tarczy dla fotografii, podczas nastawiania podziałki.
2. Tarczy wykonanej z miękkiego drzewa, do której przypinamy fotografię.

3. Śruby bez końca, którą obracamy tarczę z fotografią, dla nadania kierunku pochylenia, względnie sprowadzenia do poziomu poziomej kliszy.
4. Pryzmatu lub lusterka.
5. Deski rysunkowej obracającej się około osi poziomej przyrządu.
6. Śruby do nastawiania pryzmatu w odległości ogniskowej od fotografii.
7. Śruby do poruszania pryzmatu w takim kierunku, aby krawędź przecięcia się płaszczyzny tarczy z płaszczyzną odbicia była równoległą do osi obrotu deski rysunkowej.
8. Uchwytu pryzmatu ze saneczkami poruszanego przez śrubę 6, umieszczonego pod kątem prostym do tarczy 2. Środek pryzmatu umieszczony dokładnie centrycznie naprzeciwko środka tarczy.
9. Saneczek pionowych i ramienia przesuwającego tarczę wraz z pryzmatem śrubą 1.
10. Podziałki podającej pochylenie deski rysunkowej.

Przy ustawieniu przyrządu należy zwracać uwagę na równe oświetlenie fotografii i deski rysunkowej. Jeżeli fotografia będzie silniej oświetlona niż

deska rysunkowa, wtedy nie ujrzymy rysunku na desce. Podobny wypadek zachodzi, jeżeli odległość pryzmatu od fotografii i od deski rysunkowej są różne. Oko, umieszczone w pobliżu pryzmatu, nie może się wówczas dostosować do obu obrazów, dlatego do opracowania nadają się lepiej zdjęcia lotnicze, wykonane w podziałce planu.

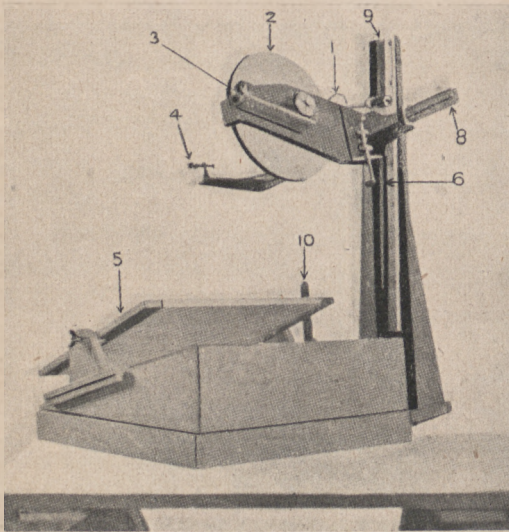


Fig. 49. Przyrząd do optycznego kreślenia foto-planów.

Tok postępowania przy użyciu tego przyrządu jest następujący. Na odbitce zdjęcia lotniczego zaznaczamy punkty dostosowania, oraz środek kliszy, poczem odbitkę umieszczamy na tarczy w takim położeniu, aby środek kliszy pokrył się ze środkiem tarczy. Następnie nastawiamy do-

kładnie pryzmat na odległość ogniskowej kamery, którą wykonano zdjęcie. Ustawiając deskę rysunkową na  $0^\circ$  kąt nachylenia, przesuwamy ją w takie położenie, by rzut środka odbitki padł na oś poziomą obrotu deski rysunkowej, pryzmat zaś tak skręcamy, aby pozioma na kliszy padła na oś poziomą deski. Na desce rysunkowej umieszczamy papier z sytuacją punktów dostosowania, który przytrzymujemy ciężarkami. Przy użyciu pojedynczego



pryzmatu, jako środka perspektywy, rysunek musi być skręcony o  $180^\circ$ . Punkty dostosowania oznaczamy na fotografii kółeczkami koloru czerwonego, na sytuacji zaś kółeczka dajemy cokolwiek większe koloru czarnego. Umieszczając oko nad pryzmatem, staramy się uzgodnić obraz punktów fotografii, widziany na tle deski rysunkowej z ich podaną sytuacją, przez skręcanie rysunku. Podziałkę dostosowujemy podnosząc lub opuszczając tarczę z fotografią. Dla zdjęć dokładnie prostopadłych wystarczy powyżej opisany sposób postępowania. Inaczej musimy postępować przy zdjęciach niezupełnie prostopadłych i pochylonych. Wtedy, aby uzyskać zupełne uzgodnienie punktów dostosowania, musimy kolejno: skręcać tarczę, pochylać deskę rysunkową i podnosić tarczę wraz z pryzmatem. Praca ta jest żmudna, upraszcza się wtedy, jeśli znamy w przybliżeniu elementy orientacji zewnętrznej, np. wyznaczone metodą graficzną: położenie poziomej na kliszy, wysokość lotu i kąt pochylenia.

Po dostosowaniu obrazu do podanej sytuacji (kółeczka czarne powinny obejmować kółeczka czerwone) przystępujemy do kreślenia sytuacji, obwódzając ołówkiem te szczegóły, które mają być uwidocznione na planie.

### 28. Prostowanie\*).

Zanim przystąpimy do opisu różnych konstrukcyj prostowników i sposobu ich użycia, musimy się zastanowić, jakim warunkom muszą one odpowiadać.

Warunkami temi będą: 1) zachowanie związku perspektywicznego, 2) równanie soczewek. Pierwszy warunek normuje wierną perspektywę między obrazem i kliszą, drugi ostrość obrazu na całej jego powierzchni.

W naszych wywodach przyjmujemy następujące oznaczenie:  $K$  płaszczyzna kliszy,  $O$  środek perspektywy,  $E$  płaszczyzna ekranu (prostowanego obrazu),  $G$  punkt główny kliszy,  $M$  jemu odpowiadający punkt na ekranie,  $S$  krawędź przecięcia się płaszczyzny  $K$  z płaszczyzną  $E$  (pozioma kliszy) (fig. 50).

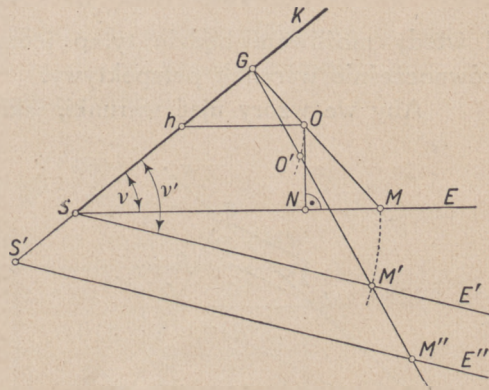


Fig. 50.

Między obrazem na kliszy, a utworzonym obrazem na ekranie, powinien zachodzić taki perspektywiczny związek, jaki był w chwili wykonania zdjęcia pomiędzy płytą światłoczułą a terenem.

Oznaczmy:  $KS$  położenie kliszy (płyty światłoczułej),  $SE$  teren w po-

\*) Wzory podane przez Roussilhe'a (patrz spis literatury).

działce, to zauważymy, że na wszystkich płaszczyznach, przechodzących przez krawędź  $S$ , otrzymamy obraz o tych samych długościach i kątach. Dla każdej jednak płaszczyzny  $E'$  zmienia się położenie środka perspektywy  $O'$ , który porusza się po łuku koła o promieniu  $\overline{Oh}$ . Prosta  $h$  jako oś wzajemną otrzymamy kreśląc z punktu  $O$  równoległą do  $SE$ . Istnieje zatem nieskończona ilość płaszczyzn, na których utworzone obrazy o tej samej podziałce odpowiadać będą warunkom perspektywy w chwili wykonania zdjęcia lotniczego.

Położenie punktu  $O'$  dla płaszczyzny  $E'$  otrzymamy odcinając na prostej  $SE'$  odcinek równy  $\overline{SM}$ , łącząc punkt ten  $M'$  z  $G$  i kreśląc z punktu  $h$  równoległą do  $SE'$  do przecięcia się z  $GM'$ .

Związek perspektywiczny będzie również zachowany, jeżeli przesuwać będziemy równolegle płaszczyznę  $E$ , zmieniając tem samym położenie krawędzi  $S$ . Środek perspektywy pozostaje wtedy na miejscu, kąty między prostymi na obrazie nie zmieniają się, zmieniają się tylko długości boków obrazu, a więc podziałka. I znowu położen takich może być nieskończona ilość. Z tego wynika, że nietylko możemy zmieniać kąt pochylenia płaszczyzny kliszy z płaszczyzną ekranu, ale również możemy dobrać położenie płaszczyzny ekranu  $E$ , a zawsze związek perspektywiczny będzie zachowany.

Wstawiając w miejsce punktu perspektywicznego  $O$  soczewkę nieskończenie cienką, będziemy musieli dla niej spełnić równanie soczewek:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p_o} + \frac{1}{p_o'}$$

i wtedy możliwym będzie tylko jedno położenie płaszczyzn, które spełni równocześnie warunek perspektywy.

Aby we wzory ująć warunki, jakim odpowiadać powinny przyrządy do

prostowania, zauważmy najprzód, jaki zachodzi związek optyczny między kliszą, obiektywem kamery fotograficznej i terenem w chwili wykonania zdjęcia.

W tym celu przyjmijmy na fig. 51:  $K$  płaszczyzna płyty,  $T$  płaszczyzna terenu,  $f$  ogniskowa kamery lotniczej,  $\nu$  kąt pochylenia osi optycznej,  $ON$  pionowa z punktu  $O$ ,  $W$  wysokość lotu

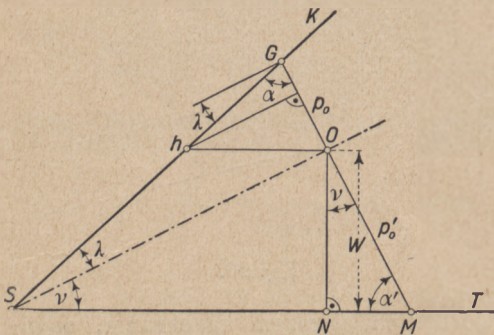


Fig. 51.

Płaszczyzny  $K$  i  $T$  będą optycznie związane ze sobą, przez soczewkę  $O$  o ogniskowej  $f$ , jeżeli zachowane zostaną następujące dwa konieczne warunki:

1. Punkty  $G$  i  $M$  muszą leżeć na prostej przechodzącej przez  $O$  i spełniać równanie soczewek:

$$\frac{1}{p_0} + \frac{1}{p_0'} = \frac{1}{f}. \quad \dots I)$$

2. Obiektyw powinien być soczewką cienką, której płaszczyzna główna ma przechodzić przez krawędź przecięcia się płaszczyzn  $K$  i  $T$  t. j. prostą  $S$ , zatem

$$p_0 \operatorname{tg} \alpha = p_0' \operatorname{tg} \alpha' = \overline{SO}. \quad \dots II)$$

Z równania I i równania  $p_0' = \frac{W}{\cos \nu}$  wynika, że położenie punktu głównego  $G$  określone będzie związkiem:

$$\overline{GO} = p_0 = \frac{Wf}{W - f \cos \nu},$$

a ponieważ  $\alpha' = 90^\circ - \nu$ , zatem warunek II po przekształceniu opiewa:

$$p_0 \operatorname{tg} \alpha = \frac{W}{\cos \nu} \operatorname{ctg} \nu,$$

skąd

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{W}{p_0 \sin \nu}.$$

Z fig. 51 widzimy, że płaszczyzna kliszy powinna być nachyloną do osi optycznej pod kątem  $\lambda$ .

Jeżeli wstawimy  $c = \frac{f}{W}$  (podziałkę zdjęcia), wtedy

$$\frac{p_0}{f} = \frac{1}{1 - c \cos \nu}, \text{ zaś } \operatorname{tg} \lambda = \frac{c \sin \nu}{1 - c \cos \nu}. \quad \dots III)$$

Z równań III możemy obliczyć położenie punktu głównego  $G$  i kąt  $\lambda$ , pod jakim powinna być nachylona klisza do osi kamery lotniczej, przy różnych pochyleniach osi optycznej względem terenu.

Do tych obliczeń utwórzmy:

$$p_0 - f = \frac{f^2 \cos \nu}{W - f \cos \nu}.$$

Przyjmując:  $f = 0,18 \text{ m}$ ,  $W = 1800 \text{ m}$  otrzymamy dla:

$\nu =$	$5^\circ$	$10^\circ$	$20^\circ$
$p_0 - f =$	0,018	0,018	0,017 <sup>m</sup> / <sub>m</sub>
$\lambda =$	2"	4"	7"

W praktyce nie wyrabia się kamer o zmiennym położeniu kliszy, gdyż błędy, jak to widzimy z obliczeń, są minimalne.

Kreśląc z punktu  $O$  równoległą do płaszczyzny  $T$ , otrzymamy na przecięciu się z płaszczyzną kliszy  $K$  oś wzajemną  $h$ , przyczem:

$$\overline{Oh} = \frac{f}{\sin \nu}. \quad \dots IV)$$



$$p' = F \frac{a + p_0 \cos \nu}{p_0 \cos \nu}, \quad \text{VI)}$$

z trójkąta  $SGM_1$ ,

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha'} = \frac{\overline{SM}_1}{\overline{SG}}, \text{ a ponieważ } \overline{SM}_1 = \overline{SM},$$

zatem z trójkąta  $SGM$

$$\frac{\overline{SM}}{\overline{SG}} = \frac{1}{\cos \nu}, \text{ skąd}$$

$$\sin \alpha' = \sin \alpha \cos \nu. \quad \text{2)}$$

Z twierdzenia rzutów otrzymamy:

$$v = \overline{h_0 G} \cos \alpha + \overline{h_0 O_1} \cos \alpha',$$

zatem

$$p = \frac{f}{\operatorname{tg} \nu} \cos \alpha + \frac{f}{\sin \nu} \cos \alpha',$$

albo

$$\frac{p \sin \nu}{f} = \cos \alpha \cos \nu + \cos \alpha',$$

skąd

$$\cos \alpha' = p \frac{\sin \nu}{f} - \cos \alpha \cos \nu. \quad \text{3)}$$

Podnosząc równanie 2 i 3 do kwadratu i dodając je do siebie, otrzymamy po uporządkowaniu

$$\cos \alpha = \frac{p^2 - f^2}{2pf} \operatorname{tg} \nu. \quad \text{VII)}$$

Po wstawieniu tego równania do równania 3 i po uporządkowaniu otrzymamy:

$$\cos \alpha' = \frac{p^2 + f^2}{2pf} \sin \nu. \quad \text{VIII)}$$

Tworząc w trójkącie  $SO_1G$  stosunek:

$$\frac{\sin [180^\circ - (\alpha + \beta)]}{p} = \frac{\sin \beta}{\overline{SG}} \text{ i biorąc pod uwagę, że}$$

$$\frac{p' + p}{p} = \frac{\overline{SG}}{\overline{h_0 G}}, \text{ a } \overline{h_0 G} = \frac{f}{\operatorname{tg} \nu}, \text{ zatem } \frac{p'}{p} + 1 = \frac{\overline{SG}}{\frac{f}{\operatorname{tg} \nu}},$$

a ponieważ  $\frac{p'}{p} = \frac{a}{p_0 \cos \nu}$ , więc  $\overline{SG} = \frac{f(a + p_0 \cos \nu)}{p_0 \sin \nu}$ , a

$$\sin(\alpha + \beta) = \frac{p \sin \beta p_0 \sin \nu}{f(a + p_0 \cos \nu)}.$$

Dzieląc to równanie przez  $\sin \beta$ , otrzymamy:

$$\sin \alpha \operatorname{ctg} \beta + \cos \alpha = \frac{p p_0 \sin \nu}{f(a + p_0 \cos \nu)}, \quad \text{4)}$$

a ponieważ:

$$\cos \alpha = \frac{p^2 - f^2}{2pf} \operatorname{tg} \nu, \text{ oraz } p = \frac{F(a + p_0 \cos \nu)}{a},$$

zatem równanie 4 przyjmie następującą formę:

$$\sin \alpha \operatorname{ctg} \beta = \frac{F(a + p_0 \cos \nu) p_0 \sin \nu}{fa(a + p_0 \cos \nu)} - \frac{\frac{F^2(a + p_0 \cos \nu)^2}{a^2} - f^2}{\frac{2F(a + p_0 \cos \nu)}{a} f} \cdot \operatorname{tg} \nu,$$

zaś po uporządkowaniu:

$$\operatorname{ctg} \beta = \operatorname{tg} \mu = \frac{f^2 a^2 - F^2(a^2 - p_0^2 \cos^2 \nu)}{2 \sin \alpha F a f(a + p_0 \cos \nu)} \cdot \operatorname{tg} \nu. \quad \text{IX)}$$

Z równania tego obliczamy kąt  $\mu$ .

Przesunięcie punktu głównego obliczymy z trójkąta  $GG'O$ .

$$\overline{GG'} = \frac{p \sin \mu}{\sin(\alpha - \mu)}. \quad \text{X)}$$

Przy pomocy wzorów: VII, VIII, IX i X możemy obliczyć nastawienia prostownika, jeżeli podane są  $F$ ,  $\nu$ ,  $W$  i  $t$ , oraz podziałka planu. Ponieważ  $\nu$  i  $W$  są znane tylko w przybliżeniu, przeto przy stosowaniu posługujemy się metodą kolejnych przybliżeń.

Metodę tę omówimy później. Do jej zastosowania potrzebne nam są wzory odwrotne, które ze znanych  $F$ ,  $f$ ,  $c$  (podziałka), oraz z odczytanych elementów  $p$ ,  $p'$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\beta$ , na w przybliżeniu nastawionym prostowniku, pozwalają obliczyć kąt pochylenia  $\nu$  i wysokość  $W$ .

I tak z równania  $\sin \alpha' = \sin \alpha \cos \nu$

$$\text{otrzymamy: } \cos \nu = \frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha}, \quad \text{XI)}$$

$$\text{zaś z równania } \frac{p'}{p} = \frac{a}{p_0 \cos \nu} \text{ i } a = Wc = \frac{p'}{p} p_0 \cos \nu,$$

$$W = \frac{p_0 \cos \nu}{c} \cdot \frac{p'}{p}. \quad \text{XII)}$$

$$\overline{NM} = a \operatorname{tg} \nu = \frac{p'}{p} p_0 \sin \nu. \quad \text{XIII)}$$

Konstrukcja prostownika powinna odpowiadać następującym warunkom:

1. Klisza musi się dać obracać w swojej płaszczyźnie, celem sprowadzenia poziomej kliszy prostopadle do osi przyrządu, a równolegle do krawędzi  $S$ .

2. Płaszczyzna kliszy powinna się obracać około równoległej do prostej  $S$  i przechodzącej przez punkt główny  $G$ .

3. Płaszczyzna ekranu projekcyjnego powinna się obracać około prostej

równoległej do  $S$  i przechodzącej przez punkt  $M$ , leżącej na osi głównej przyrządu.

4. Środek obiektywu projekcyjnego powinien leżeć na osi głównej przyrządu.

5. Odległość między płaszczyznami kliszy głównej obiektywu i ekranu powinny się dać zmieniać.

Stosując w prostownikach soczewki grube, otrzymujemy zamiast punktów maleńkie pola, które zniekształcają częściowo plan. Zniekształcenia te są dla stosowanych w praktyce obiektywów bez wpływu na wymaganą dokładność.

Przy najnowszych przyrządach zmechanizowano nastawianie kątów i odległości przez zastosowanie inwersorów.

## 29. Inwersory.

*Inwersorami* nazywamy mechaniczne urządzenia, przy pomocy których możemy w przyrządzie zachować stale pewne stosunki, np. równanie soczewek.

Opiszemy poniżej kilka inwersorów służących do automatycznego regulowania ostrości obrazu.

Równanie soczewek możemy napisać w formie:

$$\frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}, \text{ albo } x x' = f^2. \quad 1)$$

a) *Inwersor hiperboliczny.*

Podstawiając w równaniu 1 za  $x$  parametr  $k \cdot t$ , otrzymamy:

$$x' = \frac{f^2}{x} = \frac{f^2}{k \cdot t}.$$

Równanie to przedstawia nam hiperbolę

$x' \cdot t = \frac{f^2}{k}$ , zaś poprzednie przyjęcie parametru prostą  $x = k \cdot t$  (fig. 53).

Jeżeli płaszczyznę kliszy  $K$  i płaszczyznę ekranu  $E$  będziemy przesuwając w kierunku osi  $xx'$  i równocześnie połączymy je inwersorem tak, by punkt  $K'$ , leżący w odległości  $f$  od płaszczyzny kliszy, był stale prowadzony na prostej  $x = k \cdot t$ , zaś punkt  $E'$  również w odległości  $f$  od płaszczyzny ekranu  $E$  poruszał

się po hiperboli  $x' t = \frac{f^2}{k}$ , wtedy równanie soczewek będzie zawsze spełnione i ostrość powiększonego obrazu na ekranie będzie zachowana.

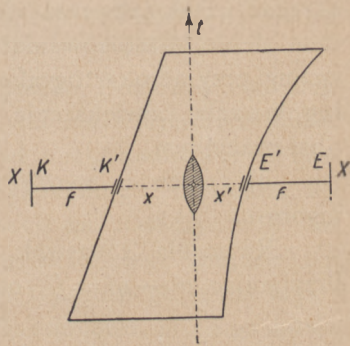


Fig. 53.

Linje prowadzące możemy wyryć na powierzchni walca, obejmującego obiektyw projekcyjny. Inwersor taki nazywamy śrubowym.

b) *Inwersor hiperboliczny tarczowy.*

Wstawiając w równaniu 1 parametr  $x = k \cdot \varphi$ , otrzymamy, jak poprzednio, dwa równania krzywych inwersora tarczowego:

$$x = k \cdot \varphi, \quad x' = \frac{f^2}{k \cdot \varphi}.$$

Krzywe te uwidocznione są na fig. 54. Inwersor tarczowy ma zastosowanie w prostowniku firmy Aërotopograph.

c) *Inwersor logarytmiczny.*

Logarytmując równanie  $xx' = f^2$  i podstawiając za  $\log x = k \cdot t$ , otrzymamy dwa równania dla krzywych inwersora logarytmicznego:

$$\log x = k \cdot t, \quad \log x' = 2 \log f - k \cdot t.$$

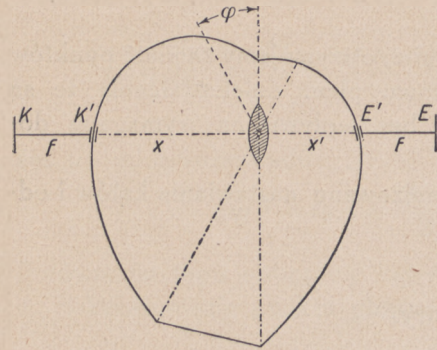


Fig. 54.

Inwersor ten jest praktyczniejszy w użyciu, gdyż krzywe są identyczne, lecz przebiegają w kierunku przeciwnym, a wpływ ogniskowej soczewki projekcyjnej ujawnia się ich niesymetrycznym położeniem w kierunku pionowym względem początku układu. Możemy zatem użyć tego inwersora dla różnych ogniskowych, w ten sposób, że walec, na którym umieszczono linje inwersora, podzielimy na dwie części, które dla różnych ogniskowych będziemy wzajemnie skręcać, uzyskując przesunięcie krzywych względem siebie. Zastosowanie tego inwersora poznamy przy aerokartografii, gdzie służy on do regulowania powiększenia obrazu w zestawie obserwacyjnym.

d) *Inwersor oparty na twierdzeniu Pitagorasa.*

Równania soczewek możemy przekształcić w następujący sposób: Przyjmując  $p^2 - q^2 = f^2$ , otrzymamy w równaniu  $xx' = f^2$

$$p = \frac{x + x'}{2}, \quad q = \frac{x - x'}{2}.$$

Równanie  $p^2 - q^2 = f^2$  nie będzie się odnosić do stosunków odległości przedmiotu i obrazu od płaszczyzn głównych, lecz do płaszczyzny symetrii między przedmiotem i obrazem.

Z równania  $p^2 - q^2 = f^2$  wynika, że odcinki  $p, q, f$  tak się zachowują,

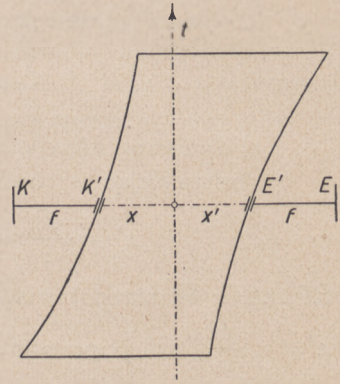


Fig. 55.



jakby odległość przedmiotu od obrazu pomniejszona o  $f$  od punktu symetrii była przeciwprostokątnią, odległość soczewki od punktu symetrii była jedną z przyprostokątni, a ogniskowa  $f$  drugą przyprostokątnią trójkąta prostokątnego.

Na tej zasadzie opiera się następująca konstrukcja. W punktach  $O'$  i  $M$  umieszczamy rolki. Rolka  $M$  obraca się około swej osi, rolka  $O'$  zasadniczo nie obraca się, a służy do prowadzenia wstążki tak, by przy przesunięciu punktu  $O$  odległość między punktami  $O'$  i  $M$  styku wstążki równała się  $p$ . Rolka  $O'$  przesuwalna jest w kierunku  $KE$ , celem nastawienia  $q$ , oraz w kierunku prostopadłym do  $KE$ , dla nastawienia  $f$ . Punkt  $M$  przedstawia środek symetrii. Z punktu  $M$  wstążka przechodzi na rolki  $P$  i  $Q$  i jest prowadzona równoległe do prostej  $KE$ . Ciężar  $B$  napina stale wstążkę. Do wstążki przymocowane są w odstępnie  $p+f$  uchwyty dla płaszczyzny przedmiotu (kliszy)  $K$  i obrazu (ekranu)  $E$ . Przy przesuwaniu punktu  $O'$  w kierunku  $KE$  nastawiamy automatycznie przedmiot i obraz na odległość ostrego odwzorowania. Inwersor ten można tak przebudować, by przy obrocie obiektywu, gdy kierunek osi optycznej nie jest do prostej  $KE$  równoległym, można było zwiększać długość  $f$ .

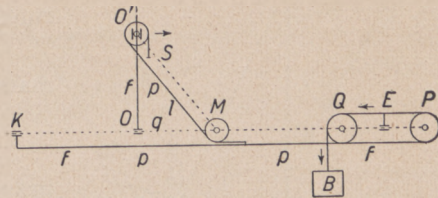


Fig. 56.

W miejsce rolek wprowadzamy kółka zębate, zaś wstążkę zastępujemy sztabą zębatą.

Inwersor tego typu spotykamy przy prostowniku Zeissa.

### 30. Wpływ różnic wysokości na sytuację foto-planu.

Dotychczas przyjmowaliśmy, że teren jest płaski. Ponieważ wypadek taki należy do rzadkości, musimy się zastanowić, jaki ma wpływ na sytuację foto-planu różnica wysokości punktów terenu ponad punkt nadirowy. W tym celu przyjmijmy, że zdjęcie lotnicze prostopadle wykonano na wysokości  $W$ . Zauważmy na fig. 57, że obraz punktu  $P$  rzuconego na płaszczyznę  $E$  nie przedstawi nam rzutu prostopadłego tego punktu w  $P'$ , lecz znajdzie się w  $P_1$  na prostej  $EN$  w przedłużeniu promienia perspektywicznego, gdyż w podobnych warunkach został utworzony na kliszy. Przesunięcie, które powstaje na sprostowanym planie, obliczamy z podobieństwa trójkątów  $ONP$  i  $PP'P_1$

$$\Delta = \frac{h \cdot D}{W} = h \frac{d}{W \cdot c},$$

przyczem znak  $\Delta$  zależy od znaku różnicy wysokości ponad przyjętą płaszczyznę porównawczą.

Z wzoru tego widzimy, że mały błąd, popełniony w pomiarze odległości  $d$ , spowodowany błędem wyznaczeniem punktu nadirowego  $N$  lub mało dokładnie wyznaczoną wysokością lotu, wpłynie tylko nieznacznie na obliczenie przesunięcia.

O ile płaszczyzna kliszy została pochylona, wtedy powstaje jeszcze zboczenie kierunku, co podamy w następnych rozdziałach.

Przerysowanie punktu na kliszy otrzymamy z podobnej jak powyżej proporcji:

$$\delta = \frac{h r}{c f},$$

przyczem  $h$ , podane w metrach, równa się różnicy wysokości,  $c$  oznacza liczbę podziałki planu,  $r$  odległość w  $mm$  obrazu punktu od obrazu punktu nadirowego na kliszy,  $f$  ogniskową kamery lotniczej wyrażoną w  $mm$ .

Ze wzoru tego możemy obliczyć, jakie przesunięcie odpowiada danej różnicy wysokości i jaką powinna być dopuszczalna różnica

wysokości, by w podanej podziałce przesunięcie punktu na kliszy nie przekroczyło dopuszczalnej granicy błędu.

Przyjmując podziałkę 1:5000,  $r = 100 \text{ mm}$ ,  $f = 180 \text{ mm}$ , a dopuszczalny błąd przesunięcia punktu  $\delta = 0,1 \text{ mm}$ , otrzymamy, że różnica wysokości nie powinna przekraczać 9 m.

### 31. Prostowniki (podział).

Prostowniki dzielimy na dwa rodzaje: 1) *regulujące automatycznie i częściowo automatycznie warunki prostowania*, oraz 2) *drogą nastawień elementów*.

Do grupy pierwszej należą prostowniki Zeissa, Aschenbrennera, Hugerhoffa, Williamsona i t. p.

Do grupy drugiej należą prostowniki Roussilhe'a, Finsterwaldera, Ica i t. p.

Z każdej grupy omówimy tylko te, które są obecnie najczęściej w użyciu, względnie w danej grupie tworzą specjalność.

### 32. Prostownik Roussilhe'a.

Prostownik Roussilhe'a składa się z: kondensora z lampą, ramki na klisze, obiektywu projekcyjnego i ekranu, umocowanych na stoliku w ten

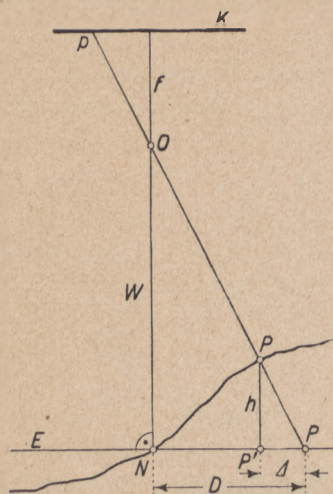


Fig. 57.

sposób, by osie obrotów ramki, soczewki i ekranu leżały na osi przyrządu ściśle równoległej do płaszczyzny stolika.

Płaszczyzny ramki, soczewki i ekranu obracają się około osi, przechodzących przez ich środkowe punkty. Osie obrotu są prostopadłe do płaszczyzny prostopadłej do stolika, a przechodzącej przez oś podłużną przyrządu. Kąty nachylenia płaszczyzn względem osi podłużnej odczytujemy na podziałce kątovej, przy czem dokładność odczytu dla płaszczyzny ramki i ekranu wynosi  $10'$ , a dla płaszczyzny głównej obiektywu  $1'$ .

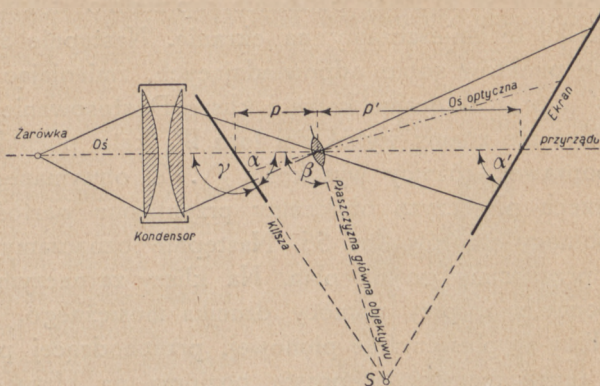


Fig. 58.

Obiektyw projekcyjny i ekran możemy poruszać wzdłuż osi podłużnej; a przesunięcia te odczytujemy na podziałce milimetrowej, umieszczonej wzdłuż stolika. Poza tem założoną kliszę możemy

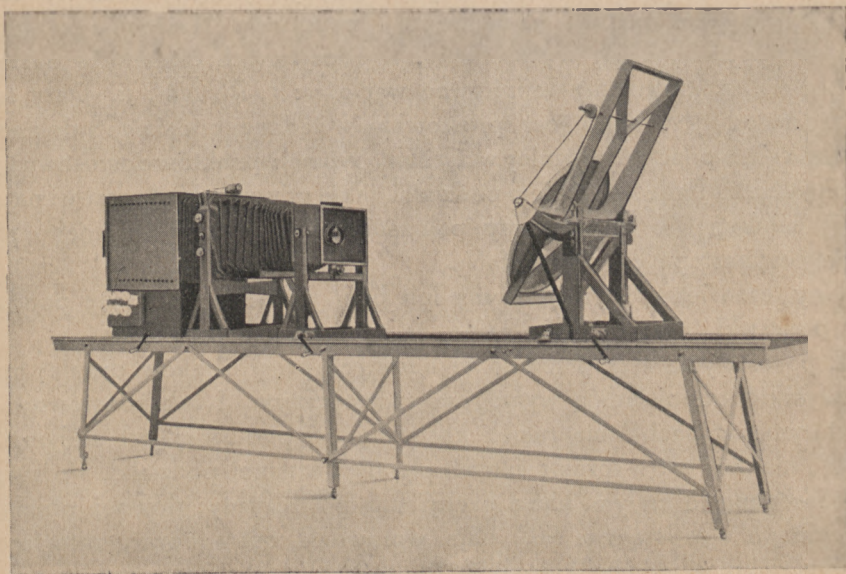


Fig. 59. Prostownik Roussilhe'a.

obracać w płaszczyźnie ramki około jej środka, by nadać kliszy kąt skantowania.

Długość całego przyrządu wynosi 1,20 m. Obiektyw projekcyjny musi być identyczny, jak obiektyw kamery lotniczej użytej do zdjęcia lotniczego, które mamy prostować.

Sposób użycia przyrządu: Nanosimy na kalkę sytuację punktów dostosowania w żądanej podziałce, uprzednio dokładnie odszukanych na kliszy. Kalkę tę umieszczamy na ekranie. Następnie staramy się uzyskać pokrycie się punktów sobie odpowiadających, zmieniając odległości  $p$  i  $p'$ , kąty  $\alpha$ ,  $\alpha'$   $\beta$  oraz skręcając kalkę i kliszę. Dostosowanie to będzie tylko przybliżone, gdyż nie znamy wysokości lotu  $W$ , kąta pochylenia  $\nu$  i nie uwzględniliśmy poprawek różnicy wysokości  $\Delta$ . Z otrzymanego przybliżonego położenia trzech płaszczyzn obliczamy przybliżone wartości dla  $\nu$ ,  $W$ ,  $NM$  i  $\mu$ , przy pomocy wzorów str. 56. Następnie oznaczamy na kliszy punkt nadirowy i przenosimy go na plan. Na kliszy zaznaczymy go na linii największego pochylenia, przy pomocy drucika mosiężnego, umieszczonego na ramkach kliszy w płaszczyźnie pionowej, przechodzącej przez oś podłużną przyrządu, a tem samym przez prostą poziomą na kliszy, poczem kliszę kantujemy. W kierunku punktu nadirowego  $N$  poprawiamy na planie sytuację punktów dostosowania w tym sensie, by pozycje ich odpowiadały perspektywie zbieżnej widzianej z lotu. Poczem decentrujemy obiektyw o kąt  $\mu$ . Prostując ponownie zdjęcie do tak poprawionych punktów, powinniśmy otrzymać zupełną zgodność wszystkich punktów nadliczbowych. Gdyby wystąpiły różnice, powtarzamy wyznaczenie punktu nadirowego i poprawek. Następnie zakładamy papier światłoczuły, który wyświetlamy. Z odczytanych elementów nastawionych płaszczyzn, obliczamy definitywne wartości:  $\nu$ ,  $W$ ,  $NM$ ,  $\mu$ . Dany te zapisujemy na odbitce, która jest sprostowana w żądanej podziałce z dokładnem uwzględnieniem poprawek różnicy wzniesień. Sytuację punktów dostosowania należy nanosić z tem powiększeniem podziałki, jakie odpowiada skurczowi papieru.

W jaki sposób poprawiamy położenie punktów sprostowanego planu, omówimy w następnych paragrafach.

Gdy teren jest prawie poziomy lub plan wykonony w małej podziałce, wtedy poprawki te są tak minimalne, że możemy ich zaniechać.

Z pozostałych, a poprzednio wyliczonych prostowników drugiej grupy, nie wszystkie odpowiadają wymogom teoretycznym. I tak prostownik Ica, przy którym kąt nachylenia ramek kliszy do osi podłużnej jest stałym i wynosi  $90^\circ$ , nie daje ostro sprostowanych planów i żądanej podziałki. Prostownik Jäger-Liesegang o stałym kącie nachylenia płaszczyzny głównej objektwu projekcyjnego wynoszącym  $90^\circ$  daje wprawdzie ostry obraz, zato żadaną podziałkę tylko w jednym kierunku. Photokartograph Finsterwaldera nadaje się tylko do zdjęć pochyłych. Zdjęcia prawie prostopadłe nie dadzą się na tym prostowniku wyprostować.

Bliższe omawianie tych prostowników nie jest konieczne, gdyż zostały one wyparte przez prostowniki mechaniczne.

### 33. Prostownik Zeissa.

Budowa tego przyrządu jest następująca: Na dwu słupach, ustawionych pionowo, umocowana jest w normalnej wysokości stołu deska, jako ekran, na który rzucamy sprostowany obraz. Deska ta obracalna jest około osi poziomej. Na słupach pionowych ślizgają się łożyska, prowadzące płaszczyznę obiektywu projekcyjnego i ramek kliszy oraz urządzenia do oświetlenia. Urządzenie do oświetlenia składa się z kondensora i lampy. Dwa inwersory umieszczone pionowo regulują automatycznie odległość i nachylenie trzech płaszczyzn  $E$ ,  $O$ ,  $K$ . Inwersor lewy służy do nastawienia podziałki (powiększenia lub pomniejszenia), inwersor prawy do zachowania przecięcia się trzech płaszczyzn wzdłuż jednej krawędzi. Z tego wynika, że płaszczyznę ekranu możemy pochylać około osi poziomej, płaszczyznę główną obiektywu i ramek kliszy możemy przesuwac w kierunku pionowym i pochylać około osi poziomej. Inwersory poruszamy przy pomocy tarcz kołowrotu. Do nadania kliszy kąta skantowania służy śruba bez końca, która zawieszona jest z prawej strony przyrządu. Umieszczoną obok obiektywu śrubą pochylamy obiektyw około osi poziomej, przy czym ruch ten podejmują inwersory. Przy większych zmianach podziałki zbliżamy źródło światła do kondensora. Działanie inwersora lewego opisano na str. 58. Działanie inwersora prawego, opracowanego przez Carpentiera, ma za zadanie sprowadzanie płaszczyzn  $E$ ,  $O$ ,  $K$  do przecięcia się wzdłuż jednej prostej. Fig. 61 przedstawia rzut boczny inwersora na płaszczyznę równoległą do podłużnej osi przyrządu i prostopadłą do krawędzi przecięcia się płaszczyzn  $E$ ,  $O$ ,  $K$ . Wykreślając z punktów  $G$ ,  $O$  i  $M$  prostopadłe do śladów płaszczyzny  $K$  kliszy, płaszczyzny  $O$  obiektywu i płaszczyzny  $E$  ekranu i przecinając je prostopadłymi do osi przyrządu  $GM$  w stałym odstępnie  $a$  od punktów  $G$ ,  $O$ ,  $M$ , otrzymamy trzy punkty  $G'$ ,  $O'$ ,  $M'$ , które leżą na jednej linii prostej. Jeżeli prostą  $G'M'$  zastąpimy liniałem, w punktach  $G'$ ,  $O'$ ,  $M'$  umieścimy przeguby, które będą się poruszały po prostych poziomych w odstępnie  $a$  i połączymy przeguby te przy pomocy ramion  $GG'$ ,  $OO'$ ,  $MM'$  tak, by ramiona te stale przechodziły przez przegub, wtedy każdy ruch wykonamy na jednej z trzech płaszczyzn

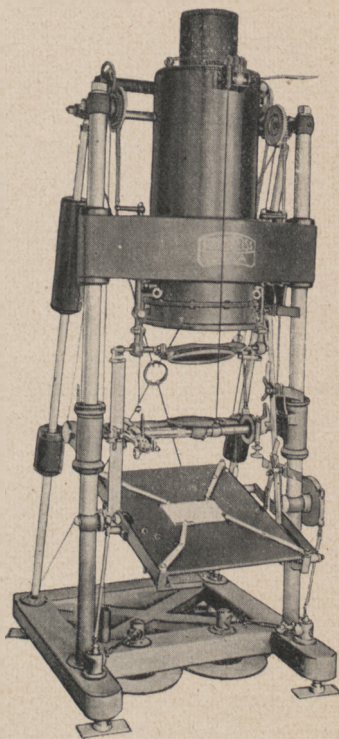


Fig. 60. Prostownik Zeissa.

przeniesie się tak na ruchy dwu innych płaszczyzn, że krawędź ich przecięcia się będzie jedną prostą.

Zachowania warunku perspektywy (decentrowania osi obiektywu) nie przeprowadza się w przyrządzie tym automatycznie. Mając dane zdjęcie sprostować, nastawiamy prostownik w położenie przybliżone i dla odczytów elementów prostowania szukamy w tablicach kąt  $\mu$  pochylenia osi obiektywu, dopiero po nastawieniu tego kąta spełnione będą warunki perspektywy. Dla zdjęć prawie prostopadłych poprawki te odpadają, gdyż są tak małe, że możemy ich zaniechać.

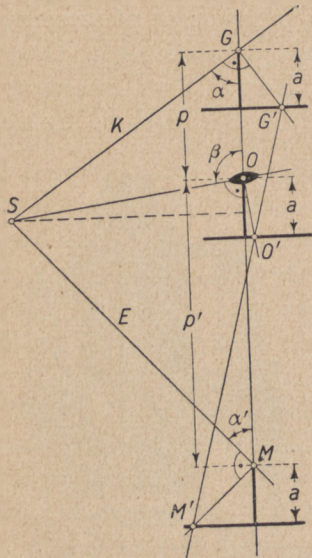


Fig. 61. Inwersor regulujący przecięcie się płaszczyzn E, O, K.

Przy pomocy prostownika Zeissa możemy prostować zdjęcia lotnicze formatu 13/18 od 5-cio do 1,3-krotnego powiększenia, zaś format 18/24 od 3 do 1/3. Prostować możemy klisze i filmy. Prostowane mogą być zdjęcia pochylone o max. kącie pochylenia  $40^\circ$ . Ogniskowa kamery lotniczej, której zdjęcia możemy prostować, leży w granicach od 15 do 120 cm.

Sposób użycia prostownika Zeissa można zastosować ten sam co przy prostowniku Rousilhe'a, z tą tylko różnicą, że inwersory automatycznie regulują nam nastawienie płaszczyzn.

### 34. Prostownik Aschenbrennera.

Konstrukcja prostownika Aschenbrennera zbliżona jest do prostownika Zeissa. Różnica polega na konstrukcji inwersorów, z których jeden, służący do zachowania ostrości obrazu, jest typu inwersora hiperbolicznego, drugi utrzymujący stałe przecięcie się płaszczyzn E, O, K, jest podwójnym inwersorem Carpentiera. Lewą część tego inwersora tak zmodyfikowano, aby równocześnie zachowany został warunek perspektywy, a więc obrót środka obiektywu po kole o promieniu  $\overline{Oh_0}$ . Fig. 64 podaje rzut tej części na płaszczyznę boczną.

Przy pomocy kółka pokrętnego, śruby bez końca i kółka zębatego pochylamy płaszczyznę E do koniecznego położenia. Stożące prostopadle do płaszczyzny E ramię  $r$ , a obracające się około punktu  $D_3$  przesuwają liniał  $L$ , którego ruch jest równoległy do prostej  $D_1D_3$ . Na osi obrotu obiektywu projekcyjnego umieszczony jest luźno liniał  $T$ , którego jeden koniec  $W$  porusza się po linjale  $L$ . Odległość  $D_2W$  jest równą  $r$ , tak że liniał  $T$  jest stale prostopadły do płaszczyzny E, a zatem wskazuje kierunek stycznej do łuku

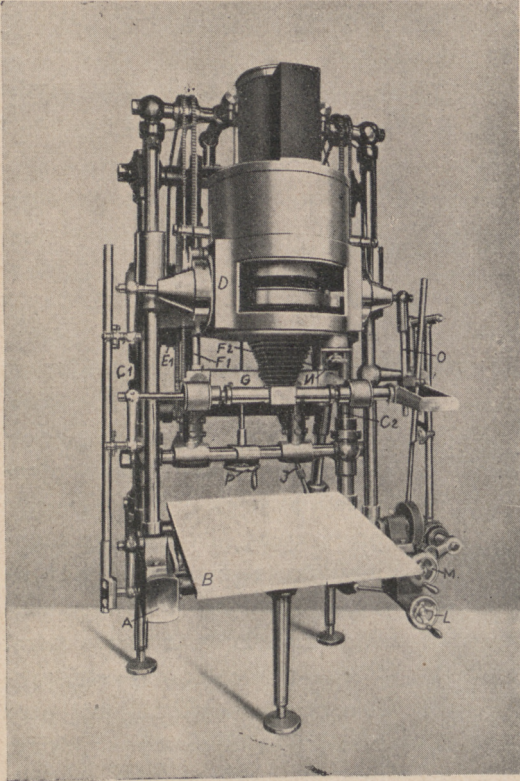


Fig. 62. Prostownik Aschenbrennera  
(Photogrammetrie Monachium).

koła, po którym porusza się środek obiektywu  $O$ . Na linjale  $T$  porusza się ramię, łączące go z płaszczyzną  $K$ . Długość tego ramienia możemy zwiększać, tak, by odpowiadała odcinkowi równemu odległości punktu głównego kliszy  $G$  do przecięcia się ze styczną do łuku koła o promieniu  $Oh_0$  (porównaj fig. 50). Decentrowanie obiektywu, które na prostowniku Zeissa musimy nastawiać na podstawie przeprowadzonych obliczeń, odbywa się automatycznie, z tem jednak, że dla każdego zdjęcia lub serii musimy z dodanych przez firmę tablic nastawić długość ramienia  $a$ .

W czasie pracy na przyrządzie posługujemy się dwoma kółkami pokrętnymi, umieszczonymi z prawej strony, które obsługują inwersory fig. 63 i fig. 64, oraz śrubą  $N$ , którą kantujemy kliszę.

Zasady zdjęć fotogrametrycznych.

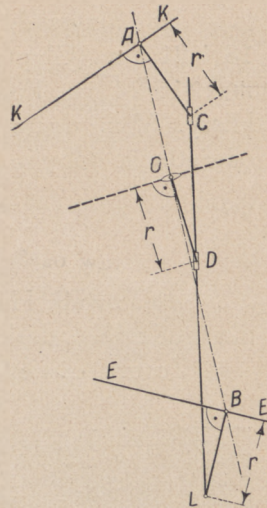


Fig. 63.  
Inwersor regulujący przecięcie się płaszczyzn  $E, O, K$ .

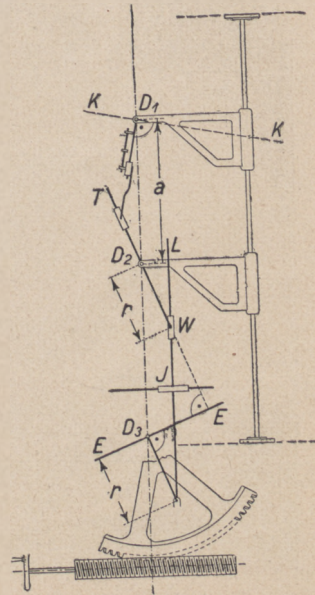


Fig. 64.  
Inwersor do regulowania warunku perspektywy.

Do przyrządu dodane są dwa obiektywy projekcyjne o ogniskowej 18 i 21 cm (Glyptary  $f$  4,5 Buscha). Prostować można klisze o formacie max. 18/24 cm. Powiększenie waha się między 0,5 do 3,25-krotnem podziałki kliszy. Max. dozwolony kąt pochylenia kliszy wynosi  $15^\circ$ . Regulowanie oświetlenia odbywa się automatycznie.

### 35. Prostownik Hugershoffa.

Prostownik Hugershoffa składa się z aparatu projekcyjnego, podstawy, dla wodzidła i deski projekcyjnej.

Zestaw oświetlenia składa się, z umieszczonych w płaszczu metalowym

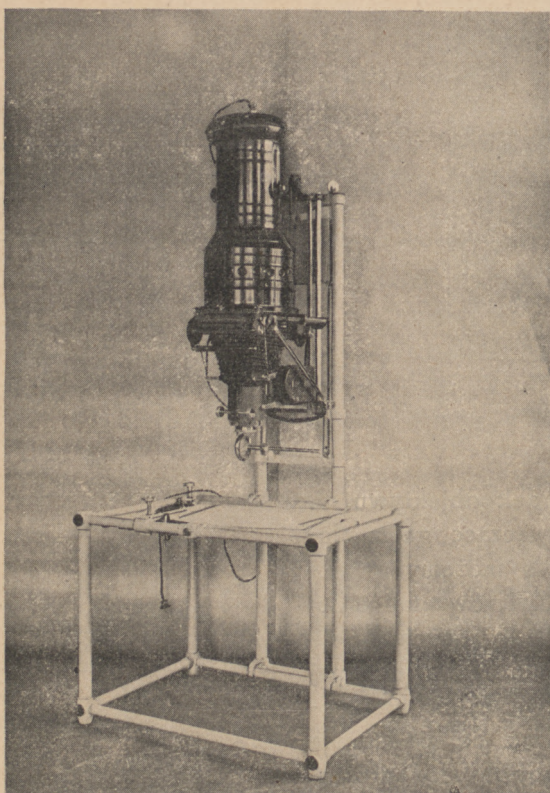


Fig. 65. Prostownik Hugershoffa.

lampy żarowej i kondensora. Przesuwając lampę względem kondensora, wybieramy najkorzystniejsze oświetlenie. Zestaw projekcyjny składa się z obiektywu z przysłoną tęczówkową i czerwonego filtra, miecha, ramek klisz i inwersora. Poruszanie całego aparatu projekcyjnego wykonujemy przy pomocy kółka pokrętnego, przyczem cały aparat projekcyjny porusza się w wodzidłach sanek i nastawia automatycznie ostry obraz na desce projekcyjnej. Deska ta umieszczona jest w łożysku Kardana, gdyż nie mamy możliwości skantowania kliszy. Do pochylenia jej służą śruby ruchu leniwego i sprzęgi. Wymiar deski projekcyjnej wynosi 45/65 cm. Opracowywać możemy klisze i błony o wymiarze do 13/18, partjami zaś 18/24.

Nieskomplikowany w swojej konstrukcji prostownik spełnia automatycznie jedynie warunek równania soczewek, przy pomocy inwersora hiperbolicznego tarczowego, który umieszczony jest z prawej strony przyrządu. Pochylając oś obiektywu wprowadzamy jego płaszczyznę główną do przecięcia się z płaszczyzną kliszy i ekranu wzdłuż jednej prostej. W tym



celu obiektyw umieszczony jest w przegubie kulistym. Pochylenie wykonujemy ręką. Przecięcie się trzech płaszczyzn wzdłuż jednej prostej będzie tylko przybliżone i zależy od obserwatora oceniającego ostrość obrazu.

Sposób użycia przyrządu. Po założeniu kliszy do ramek i umieszczeniu na desce kalki z punktami dostosowania, zmieniamy podziałkę obrazu, pochylamy ekran, skręcamy kalkę z punktami dostosowania tak długo, aż otrzymamy pokrycie się punktów. Występującą nieostrość obrazu usuwamy, nachylając oś obiektywu w kierunku nieostrości. Ponieważ z tego powodu zmieni się położenie obrazu na desce, musimy poprawić nachylenie deski. Czynność tę powtarzamy tak długo, aż uzyskamy zupełne pokrycie się punktów dostosowania.

Wyniki, które osiągamy przy pomocy tego przyrządu, odpowiadają w większości wypadków swojemu celowi.

Opracowywać możemy na nim zdjęcia pochylone do  $15^\circ$ . Powiększenie waha się w granicach od 0,5 do 2,5.

### 36. Prostownik Williamsona.

Prostownik ten zbudowany jest na tej samej zasadzie co prostownik Hugershoffa. Podobnie zatem kliszę przesuwamy pionowo, podczas gdy obiektyw i ekran poruszane są w przestrzennych łożyskach Kardana. Ekran możemy poza tem obracać około osi pionowej przechodzącej przez jego środek. Do nachylania osi obiektywu służy śruba ruchu leniwego. Urządzenia te zwiększają sprawność przyrządu.

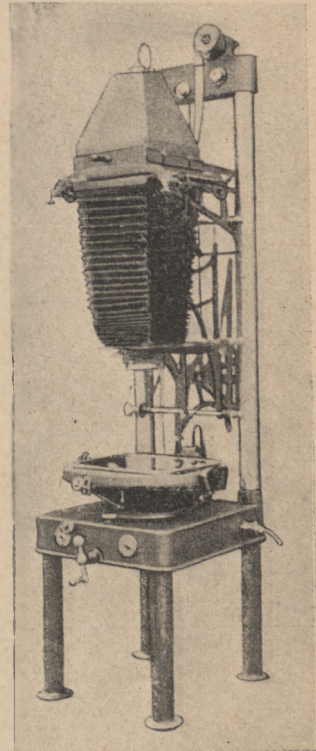


Fig. 66.

Prostownik Williamsona.

### 37. Sposoby sporządzania foto-planów przy pomocy prostowników.

Zakładając, że teren jest płaski, możemy wykonać foto-plany w dwojaki sposób: a) przez sklejenie sprostowanych zdjęć na wspólnym arkuszu; b) przez naświetlenie jednego papieru światłoczułego sprostowanymi obrazami tak, by po wywołaniu tworzyły zwartą całość.

Pierwszy, ogólnie przyjęty sposób, wymaga po sklejeniu odbitek ponownego przefotografowania ich na kliszę o wymiarach stolika, co połączone jest z użyciem odpowiedniego przyrządu, w którym płaszczyznę sklejoną

planu i płaszczyznę kliszy będziemy mogli ustawić równoległe, tak aby ós optyczna obiektywu projekcyjnego była do nich prostopadła.

Przyrządy do reprodukcji umieszczone są w dwu ubikacjach (fig. 67). W jednej znajduje się rama, do której zakładamy deskę z naklejonym sprostowanym zespołem, w drugiej umieszczona jest ramka na kliszę. W ścianie

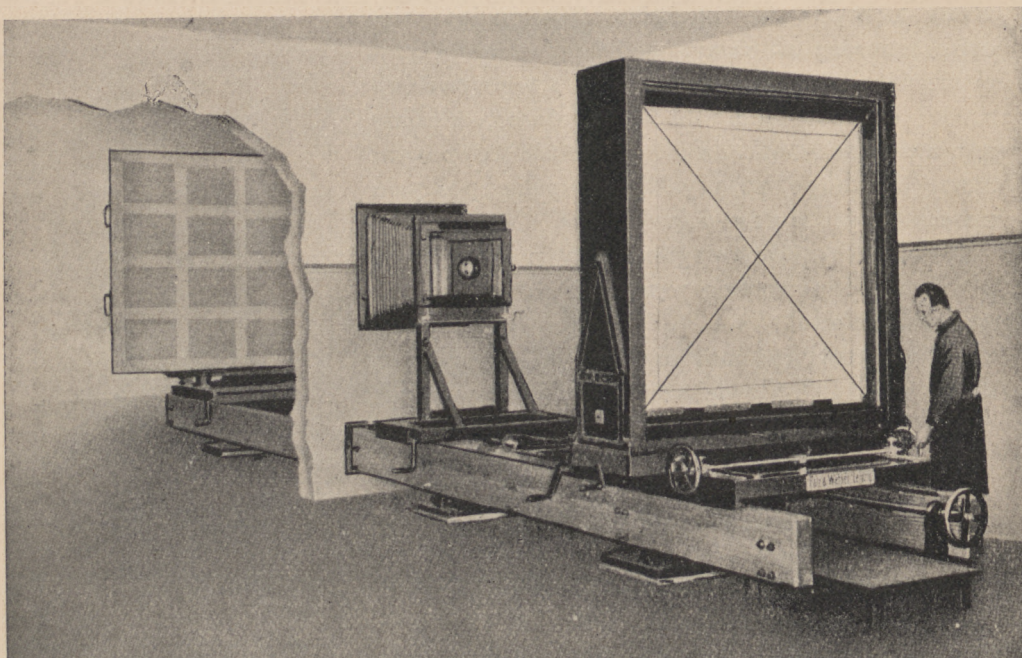


Fig. 67. Aparat do reprodukcji foto-planów.

działowej osadzony jest obiektyw projekcyjny. Do intensywnego oświetlenia sprostowanego zespołu stosujemy silne lampy oświetlające równomiernie całą powierzchnię. Ubikacja druga może służyć równocześnie za ciemnicę fotograficzną.

Równoległość obu płaszczyzn badamy na matówce, na której zaznaczony jest prostokąt lub kwadrat tych samych wymiarów, co podobny prostokąt, narysowany na wykończonym foto-planie. Jeżeli płaszczyzny są równoległe do siebie, wtedy prostokąt matówki powinien się pokryć z prostokątem foto-planu. Do sprowadzenia ścisłej równoległości przyrząd ten wyposażony jest w śruby ruchu leniwego, przy pomocy których możemy pochylać płaszczyznę kliszy i skręcać ją około osi, przechodzącej przez środek kliszy, a do niej prostopadłej. Sprostowany zespół retuszujemy, uwydatniając linje parcel, drogi, zabudowania i zacieramy cienie. Uzyskana z reprodukcji klisza

służy do sporządzania foto-planów, które wykonujemy na papierze matowym dla projektów, zaś na papierze błyszczącym dla celów reklamowych.

Z foto-planu otrzymujemy plan sytuacyjny, wyciągając sytuację tuszem, a następnie poddając odbitkę procesowi *blichowania* (bielenie) w żelazjanku potasu.

Foto-plan możemy uzyskać również, prostując cały szereg zdjęć lotniczych na jeden wspólny arkusz papieru światłoczułego, na którym naniesiono poprzednio sieć kilometrową i sytuację punktów dostosowania.

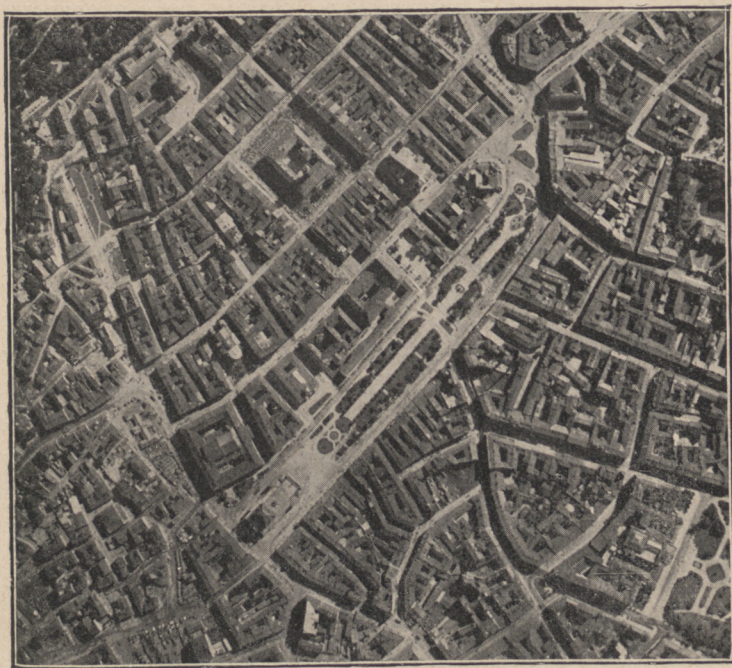


Fig. 68. Foto-plan śródmieścia m. Lwowa. Podziałka około 1 : 10.000.

Metodę tę udoskonalono w Szwajcarii przez wprowadzenie płyt aluminiowych, oklejonych papierem światłoczułym. Płyty takie mają te zalety, że skurcz papieru po procesie wywoływania i utrwalenia jest minimalny. Położenie ekranu dla sprostowanych zdjęć wyznaczamy do punktów dostosowania, poczem przy czerwonym filtrze zakładamy płytę z naniesionymi na niej punktami dostosowania, zakrywamy cynkofolją te partje płyty, które objęte są innymi zdjęciami i papier światłoczuły naświetlamy. Po wywołaniu i utrwaleniu papieru otrzymujemy w większości wypadków foto-plan niejednostajnie stonowany. Przy tego rodzaju postępowaniu odpada sklejanie i przefotografowanie foto-planu. Wyciągając jak poprzednio sytuację tuszem i blichując



Fig. 69. Foto-plan.



Fig. 70. Foto-plan po zblichowaniu.

foto-plan, otrzymujemy pierworys, który następnie na drodze fotolito-graficznej zostaje powielany.

Foto-plany terenów pagórkowatych lub sporzadzonych w dużej podziałce będą obciążone dość znacznymi błędami, o ile nie poprawimy położenia każdego punktu, przesuając go do lub od punktu nadirowego. Z tego względu kosztowne prostowniki nie dadzą lepszych rezultatów od prostowników prostej konstrukcji, gdyż nie potrafią usunąć tych niedokładności, które spowodowane są rzeźbą terenu. Coprawda podano już teorię do prostowania płaszczyzn terenów pochylonych i wykonano szereg udanych prób prostowania zdjęć lotniczych terenów górzystych. Nie dają one jednak gwarancji dokładności i nie mogą zastąpić właściwej metody zdjęć fotogrametrycznych.

Foto-planów używa się przy projektach budowy dróg i kolei, regulacji rzek i osiedli, w gospodarce lasowej i t. p.

Foto-plany o małej podziałce są nawet w terenie pagórkowatym tak

dokładne i wymagają przy większych obszarach tak mało czasu i pracy, że powinny wyprzeć dotychczasowe metody topograficzne. Największe zastosowanie mają foto-plany przy reambulacji map wojskowych i gospodarczych.

### 38. Graficzne kreślenie foto-map.

Omawiając sposób użycia prostownika Roussilhe'a, wspomnieliśmy o punktach nadirowych i dowiedzieliśmy się, że zależnie od położenia punktu względem punktu nadirowego, oraz różnicy jego wysokości ponad płaszczyzną odniesienia, utworzone na ekranie obrazy punktów będą więcej lub mniej przesunięte względem ich rzutów na płaszczyznę poziomą (odniesienia). Również nadmienić należy, że kąty, jakie tworzą promienie, przechodzące przez punkt nadirowy do poszczególnych punktów terenu, będą tylko wtedy odpowiadać kątom poziomym pomierzonym w terenie, jeżeli zdjęcie lotnicze wykonano zupełnie prostopadle (klisza pozioma).

Dla opisanie graficznej metody kreślenia foto-map przyjmujemy, że posiadamy cały szereg zdjęć lotniczych prawie idealnie prostopadłych i wykonanych z tej samej wysokości.

Do wykreślenia planu o poprawionej sytuacji punktów musimy znać ich wysokości. W opisaney poniżej metodzie wysokości te możemy uzyskać graficznie, jeżeli tylko teren, dla którego mamy wykonać mapę, pokryjemy tak gęsto zdjęciami lotniczymi, by każdy jego punkt był odfotografowany przynajmniej na trzech kliszach. Zdjęcia lotnicze w tym wypadku powinny zachodzić na siebie w obu prostopadłych kierunkach 60—70%. Pewne nieduże pochylenie osi kamery lotniczej może być tolerowane, jak się o tem przekonamy następnie z wywodu teoretycznego.

Mając tak wykonane trzy zdjęcia lotnicze, oznaczmy na każdym z nich położenie punktu nadirowego (punktu głównego) i położenie ich przenieśmy na klisze sąsiednie. Łącząc na każdej kliszy punkt nadirowy z odszukanemi punktami nadirowymi klisz sąsiednich, tworzymy kąty poziome, jakie w trójkącie tworzą boki łączące punkty nadirowe. Celem wzajemnego zorientowania zdjęć, kopujemy z każdej kliszy na kalce położenie punktu nadirowego i kierunki do sąsiednich punktów nadirowych, a następnie kalki te nakładamy na siebie i tak niemi manewrujemy, by odpowiadające kierunki pokryły się ze sobą. Ponieważ suma tych kątów powinna wynosić  $180^\circ$ , zatem gdybyśmy z danych kątów nie mogli utworzyć trójkąta, wskazywać to będzie na błędne wyszukanie i przeniesienie punktów nadirowych lub nieprostopadłość zdjęć lotniczych.

Do wyznaczenia sytuacji punktów terenu nie wystarcza znajomość trzech kątów, musimy jeszcze znać przynajmniej jedną długość. W tym celu obierzmy na jednej kliszy kilka dobrze się rysujących punktów i oznaczmy je kolejnemi cyframi: I, II, III i t. d. Punkty te wyszukujemy na kliszy drugiej i trze-

ciej. Następnie kreślimy do nich z punktu nadirowego promienie i pęki te kopujemy na kalkę wraz z promieniami do punktów nadirowych klisz

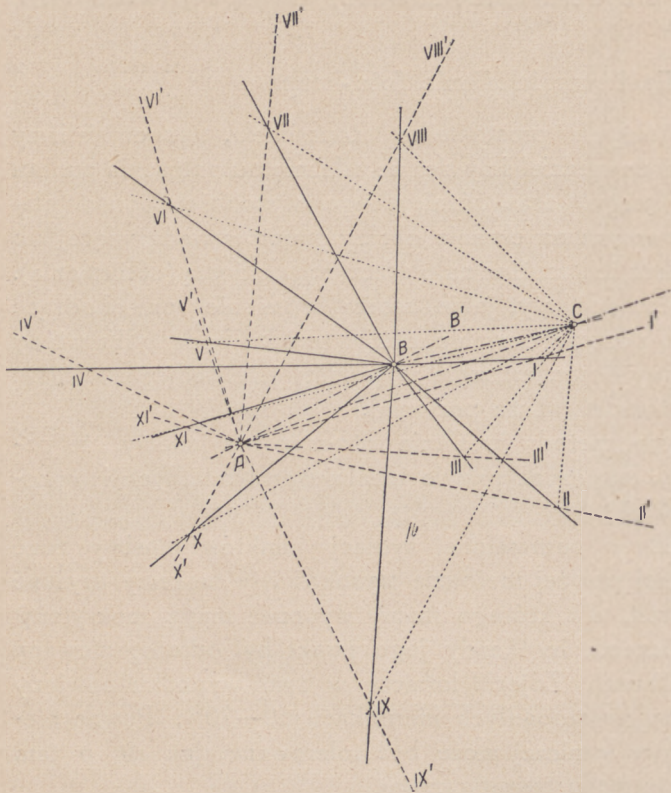


Fig. 71.

sąsiednich. Przykładając kalki na siebie, operujemy nimi tak, by odpowiadające sobie promienie między punktami nadirowymi padły na siebie, zaś promienie do punktów terenu przecięły się w jednym punkcie. Przecięcie się promieni podaje sytuację punktu w podziałce zdjęcia lotniczego. Fałszywe wyznaczenie punktów nadirowych powoduje powstawanie trójkątów błędów dla każdego punktu terenu.

Po dostosowaniu kalek zauważymy, że położenie punktów nadirowych i terenowych przesunięte jest na każdym kierunku względem

wyznaczonej ich sytuacji. Przesunięcie to spowodowane jest różnicą wysokości między punktem nadirowym każdej kliszy, a punktami terenu. Z przesunięcia tego możemy dla każdego zdjęcia lotniczego obliczyć lub wykreślić wysokość lotu ponad punktem nadirowym, oraz wysokości poszczególnych punktów terenu.

Wysokość lotu w podziałce planu obliczamy z następującego równania:

$$W.c = f \frac{D}{D'}$$

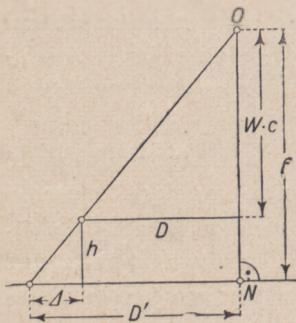


Fig. 72.

zaś różnicę wysokości punktów terenu ponad poziom punktu nadirowego z równania:

$$h = \Delta \frac{f}{D'}$$

przyczem  $\Delta$  jest przesunięciem punktu w kierunku punktu nadirowego,  $f$  ogniskowa kamery lotniczej,  $D'$  odległość obrazu punktu terenu od punktu nadirowego, a  $D$  odległość sytuacji punktu od punktu nadirowego.

Obierając na każdej kliszy ten sam punkt terenu i tworząc różnicę obliczonych  $h$ , otrzymamy różnice wysokości między punktami nadirowymi. Dla kontroli przeprowadzamy podobne obliczenie dla kilku punktów.

Jeżeli znamy sytuację i wysokość kilku punktów terenu, które objęte są zdjęciami lotniczymi, wtedy ustalenie podziałki wyznaczonej sytuacji i wysokości nie przedstawia trudności.

Wysokości punktów terenu przeprowadzamy graficznie. W tym celu na prostej poziomej obieramy pośrodku punkt, który uważać będziemy za punkt nadirowy  $A$  kliszy. W punkcie tym kreślimy prostopadłą, a na niej

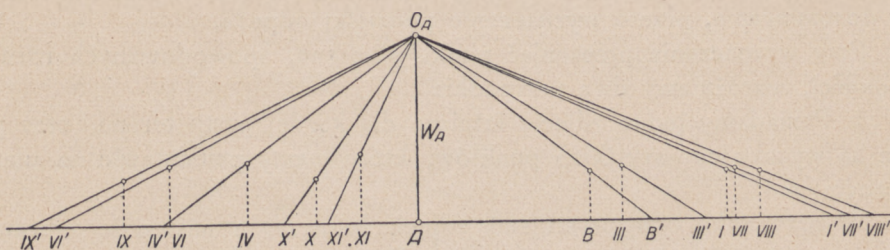


Fig. 73.

odmierzamy w podziałce kliszy obliczoną wysokość lotu  $W$ . Następnie od punktu nadirowego  $A$  odmierzamy odległości  $AI$  i  $AI'$  pomierzone na kliszy i sytuacji (fig. 71 i 73). Łącząc punkt  $I'$  z  $O_A$  otrzymujemy promień do punktu  $I$ . Kreśląc z punktu  $I$  prostopadłą do przecięcia się z tym promieniem  $O'I'$ , otrzymamy wysokość punktu ponad punktem nadirowym równą odcinkowi prostopadłej. Podobnie postępujemy przy wyznaczeniu wysokości innych punktów terenu.

Do opisanych prac używać można klisz, lepiej jednak pracować na odbitkach fotograficznych, a gdy już podziałka zdjęć została ustalona, sporządzamy powiększenia i na nich opracowujemy sytuację. Nadmienić należy, że powiększenie powinno być wierne.

Przy sporządzeniu mapy posługujemy się metodą, stosowaną przy opracowaniu planów wysokościowych. Miejsca, które na podstawie zdjęć lotniczych, nie dadzą się szczegółowo opracować, uzupełniamy dodatkowym pomiarem w terenie.

Następne zdjęcia orientujemy do wyznaczonych już punktów nadirowych i punktów terenu.

Opisana powyżej metoda jest żmudna, gdyż każdy punkt musimy opracować oddzielnie. Dokładność tej metody zależy będzie od wprawy, z jaką

potrafimy odszukać odpowiadające sobie punkty na kliszach i dokładności miar wziętych z kliszy (odbitki).

Metoda ta nadaje się do opracowania map o małej podziałce terenów pagórkowatych, jeżeli nie posiadamy przyrządów automatycznie kreślących mapy.

### 39. Prostowanie z odcinaniem wprzód.

Większą dokładność powyżej opisanej metody osiągniemy, prostując każde zdjęcie i wyznaczając położenie punktu nadirowego, sposobem opisanym na str. 62. Błędy spowodowane pochyleniem osi kamery lotniczej zostaną usunięte, błędy zaś kreślenia promieni wyrównamy przy pomocy promieni zdjęć sąsiednich. Ponieważ każde zdjęcie prostowane będzie do punktów dostosowania, przeto wyznaczenie podziałki odpada.

Przy wyznaczeniu przesunięć punktów terenu, spowodowanych różnicą wysokości, rozróżniamy dwa przypadki:

1. Posiadamy jedno zdjęcie lotnicze dla każdej partji terenu, oraz podane są wysokości wszystkich punktów, które mamy przedstawić na planie sytuacyjnym.

W przypadku tym prostujemy zdjęcia lotnicze, a następnie poprawkę (przesunięcie) obliczamy ze wzoru  $\Delta = \frac{D}{W} \cdot h$  i odpowiednio do znaku przesuwamy punkty na promieniach do punktu nadirowego. Dla uproszczenia pracy wykonujemy poprawki na kalce, którą nakładamy na odbitce fotograficznej. Mając do dyspozycji płyty aluminiowe pokryte papierem światłoczułym, prostujemy na nie zdjęcia lotnicze, poczem przeprowadzamy konstrukcję poprawek. Utworzony plan sytuacyjny wyciągamy tuszem lub ołówkiem, a następnie fotografię blichujemy. Znane wysokości punktów służą do sporządzenia planu wysokościowego.

2. Nie znamy wysokości punktów, natomiast posiadamy kilka klisz, obejmujących ten sam teren.

W przypadku tym postępujemy podobnie, jak przy poprzednio omawianej metodzie graficznej.

Na obszarze zdjęcia zakładamy sieć triangulacyjną i wysokościową, którą obejmujemy taką ilość punktów, by na każdą kliszę wypadły trzy punkty. Punkty te służą do sprostowania zdjęć lotniczych. Sytuację i wysokość punktów szczegółowych wyznaczamy odcinaniem wprzód z dwóch lub trzech punktów nadirowych.

Metoda ta znalazła zastosowanie we Francji, gdzie przy jej użyciu sporządzono nowe mapy katastralne.

Mając daną większą ilość punktów kontrolnych, kombinujemy sposoby graficzne z prostowaniem i odcinaniem wprzód.



**40. Wpływ pochylenia osi optycznej na pomiar kątów poziomych z kliszy fotograficznej\*).**

Założyliśmy poprzednio, że wykonano prostopadłe zdjęcia lotnicze. W przypadku tym kąty pomierzone na kliszy i terenie równały się sobie.

Jeżeli jednak zdjęcia będą niezupełnie prostopadłe, wtedy przyjmując punkt nadirowy w środku kliszy (punkcie głównym), popełniamy przy pomiarze kątów błędy. Musimy zatem zbadać, jaką będzie różnica między kątami poziomymi pomierzonymi na terenie, a kątami mierzonymi z punktu głównego pochylonej kliszy.

Przyjmijmy, że kąt pochylenia, jaki tworzy oś optyczna kamery lotniczej z pionem, równa się  $\mu$ . Następnie opiszmy kulę o promieniu  $f$  około punktu głównego  $G$  (fig. 74) i przetnijmy ją płaszczyznami przechodzącymi przez

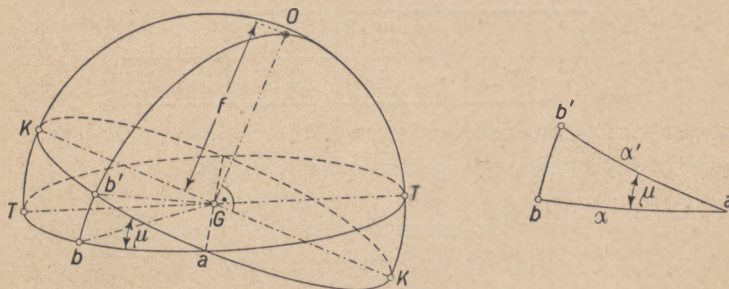


Fig. 74.

oś optyczną i przez punkty terenu  $a$  i  $b$ . Przyczem dla ułatwienia wyprowadzić się mających związków, niechaj punkt  $a$  leży na poziomej kliszy. Kulę przecinamy jeszcze dwiema płaszczyznami  $K$  i  $T$ , przechodzącymi przez punkt główny  $G$ , z których jedna  $K$  jest prostopadła do osi optycznej  $OG$ , druga  $T$  jest pozioma.

Kąt, jaki tworzą płaszczyzny  $K$  i  $T$  ze sobą, równa się kątowi  $\mu$ . Kąt zaś  $\sphericalangle aGb$  równy jest kątowi poziomemu  $\alpha$ , mierzonemu na terenie z punktu, w którym oś optyczna przebija teren do punktów  $A$  i  $B$ . Kąt  $\sphericalangle aGb'$  równy jest kątowi  $\alpha'$ , pomierzonemu na kliszy z punktu głównego  $G$  do obrazów punktów  $a$  i  $b'$ .

Utworzony trójkąt sferyczny  $abb'$  posłuży nam do obliczenia różnicy dwu ostatnich kątów  $\varepsilon = \alpha - \alpha' = \sphericalangle (bGa) - \sphericalangle (b'Ga)$ .

Z trójkąta tego otrzymamy:

$$\cos \mu = \frac{\operatorname{tg} \alpha'}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad \text{a więc} \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\operatorname{tg} \alpha'}{\cos \mu}, \quad \text{a ponieważ} \quad \alpha = (\alpha' + \varepsilon),$$

\*) S. Koppmair. Nadirtriangulierung (spis literatury).

zatem  $\operatorname{tg}(\alpha' + \varepsilon) = \frac{\operatorname{tg} \alpha'}{\cos \mu}$ , po przekształceniu tego równania otrzymamy:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{1/2 \sin 2\alpha' (1 - \cos \mu)}{\cos^2 \alpha' \cos \mu + \sin^2 \alpha'} = \frac{\sin 2\alpha' \sin^2 \frac{\mu}{2}}{\cos^2 \alpha' \cos \mu + \sin^2 \alpha'}$$

Ponieważ kąt  $\varepsilon$  wynosi zazwyczaj kilka stopni, możemy przeto przyjąć:

$$\operatorname{tg} \varepsilon \approx \frac{\varepsilon'}{\varrho'}, \text{ zaś } \cos^2 \alpha' \cos \mu + \sin^2 \alpha' \approx 1.$$

Wzór przybliżony będzie opiewać:  $\varepsilon' = \varrho' \sin^2 \frac{\mu}{2} \sin 2\alpha'$ .

Na różnice kątów  $\varepsilon$  największy wpływ będzie miał kąt  $\alpha'$  równy  $45^\circ$ . Jeżeli tą wartość wstawimy do naszego wzoru i będziemy przyjmować różne wielkości kąta  $\mu$ , wtedy otrzymamy dla nich maksymalne błędy. Z zestawienia wynika, że nachylenie osi optycznej do  $3^\circ$  nie jest jeszcze szkodliwe dla poprzednio opisanych metod.

$\mu^\circ = 1^\circ$	$3^\circ$	$5^\circ$	$7^\circ$
$\varepsilon' = 0',26$	$2',36$	$6',55$	$12',81$

Błędy te dadzą się usunąć przez sprostowanie zdjęć i ponowne pomierzenie kątów z wyznaczonego punktu nadirowego.

#### 41. Wpływ różnicy wysokości punktów terenu i pochylonej kliszy na pomiar kątów poziomych z kliszy\*).

Dla ułatwienia sobie wyprowadzenia wzorów, uzupełnijmy poprzednią kulę tem, że teren nie będzie płaszczyzną, lecz punkty jego leżeć będą w różnych wysokościach. Przez jeden z tych punktów  $P_0$  o wysokości  $\Delta h$  opiszmy w podziałce kliszy kulę. Rzut punktu  $P_0$  na płaszczyznę  $T$  leży

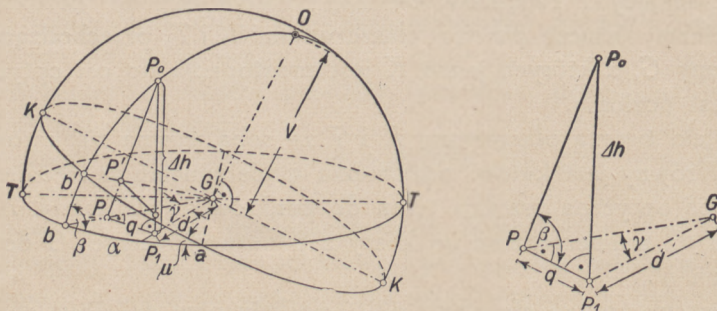


Fig. 75.

w punkcie  $P_1$ . Punkty  $P'$  i  $P$  otrzymamy z przecięcia się płaszczyzny pionowej przechodzącej przez pion punktu  $P_0$ , prostopadłe do prostej  $Gb$ , podług której płaszczyzna przechodząca przez oś optyczną i punkt  $P_0$  przecina płaszczyznę  $T$ .

\*) S. Koppmair. Nadirtriangulierung (spis literatury).

szczyzną  $T$ . Powstałe dwa trójkąty prostokątne  $P_0PP_1$  i  $GPP_1$  posłużą nam do obliczenia liniowego przesunięcia punktu  $P$  na płaszczyźnie poziomej, spowodowanego różnicą wysokości.

Z trójkąta  $P_0PP_1$  otrzymamy:  $\overline{PP_1} = q = \Delta h \operatorname{ctg} \beta$  (1), przyczem kąt  $\beta$  jest kątem nachylenia płaszczyzny  $OP_0P$  do płaszczyzny poziomej.

Z trójkąta sferycznego ( $bb'a$ ) wynika:

$$\operatorname{ctg} \beta = \cos \alpha \operatorname{tg} \mu,$$

a ponieważ kąt  $\alpha$  (na terenie) różni się od kąta  $\alpha'$  (na kliszy) tylko o małą wielkość  $\varepsilon$ , możemy zatem przyjąć  $\alpha \approx \alpha'$ , a dalej:  $\operatorname{ctg} \beta = \cos \alpha' \operatorname{tg} \mu$ . Po wstawieniu tego równania do równania 1) otrzymamy:

$$q = \Delta h \cos \alpha' \operatorname{tg} \mu.$$

Poprawkę kierunkową, spowodowaną różnicą wysokości  $\Delta h$ , obliczamy z trójkąta  $PGP_1$  wzorem:

$$\sin \gamma = \frac{q}{d},$$

a ponieważ kąt  $\gamma$  będzie bardzo mały, przeto możemy przyjąć

$$\sin \gamma \approx \frac{\gamma'}{\rho'},$$

zatem

$$\gamma' = \rho' \frac{\Delta h}{d \cdot c} \operatorname{tg} \mu \cos \alpha'.$$

Zależność między kątem poziomym na terenie a kątem poziomym mierzonym na kliszy jest następująca:

$$\alpha = \alpha' + \varepsilon - \gamma.$$

Przyjmując  $\alpha' = 0^\circ$ ,  $d = 100 \text{ mm}$ , otrzymamy dla kąta  $\mu = 3^\circ$  następujące maksymalne wartości:

$\Delta h$ m	q m	q w podziale 1:c w mm			$\gamma$ w minutach dla podziałki 1:c		
		1:2500	1:5000	1:10000	1:2500	1:5000	1:10000
10	0,52	0,20	0,10	0,05	7,2	3,6	1,8
100	5,24	2,10	1,05	0,52	72,0	36,0	18,0

Poprawki  $\gamma$  nie możemy przez prostowanie usunąć równocześnie dla wszystkich punktów, to też jej wpływ może najwięcej zniekształcić sprowadzony plan.

#### 41. Foto-plany uzupełnione warstwicami przez pomiar dodatkowy.

Przytoczone błędy przesunięcia punktów terenu na foto-planie, są przy małych różnicach wysokości i nieznacznym pochyleniu osi optycznej kamery lotniczej tak małe, że do sporządzenia foto-mapy wystarczy foto-plan uzupełnić rysunkiem warstwicowym.

Wyobraźmy sobie teren, na którym względne różnice wysokości są tak nieznaczne, że nie będą miały żadnego wpływu na dokładność prostowanego planu, względnie przesunięcia będą tak minimalne, że ich wpływ leżeć będzie w granicach dozwolonych błędów; wtedy nie potrafimy metodą graficzną oznaczyć wysokości punktów terenu.



Fig. 76. Foto-plan uzupełniony warstwicami. — Podziałka około 1:4.000.  
Okolice Lwowa.

Teren taki pokrywamy zdjęciami lotniczymi prostopadłymi o 50% pokryciu, następnie zdjęcia prostujemy do punktów nawiązania, a w polu uzupełniamy wysokości tych punktów, które konieczne są do wykreślenia planu warstwiczowego. Wysokości punktów otrzymujemy z niwelacji powierzchniowej lub z pomiaru tachymetrycznego. Interpolację warstwic przeprowadzamy, posługując się zdjęciami lotniczymi oglądanymi w stereoskopie.

Foto-plan uzupełniony warstwicami sporządza się z małym nakładem pracy i stosunkowo małym kosztem, a posiada on wielkie bogactwo szczegółów.

Ma on zastosowanie przy regulacji miast i większych osiedli, regulacji rzek i t. p. Na wielką skalę stosowany jest przy opracowaniu i reambulacji map o małej podziałce, oczywiście tylko w terenie nizinnym.

### 43. Bezpośrednie kreślenie map.

Wszystkie dotychczas omówione metody nazwiemy metodami pośrednimi, gdyż sytuację i wysokość punktu otrzymujemy oddzielnie.

W dalszych rozdziałach podamy metody, które nazwiemy bezpośrednimi, gdyż tak sytuację jak i wysokość punktu podaje nam każde nastawienie przyrządu na punkt terenu.

I tutaj należy odróżnić dwa zasadnicze typy przyrządów: 1) *jeden oparty na zasadzie projekcji na ekran* dwu zdjęć lotniczych tego samego terenu lub projekcji różniczkowej na dwa ekrany, obserwowanej stereoskopowo, którą to zasadę nazwiemy zasadą Scheimpfluga, i 2) *drugi typ oparty na zasadzie Koppego* bezpośredniego pomiaru z klisz kątów poziomych i pionowych.

Na zasadzie Scheimpfluga zbudowane są przyrządy Gassera, Nistriego, Bauersfelda i Boykowa. Zasadę Koppego zastosował Hugershoff, Predumeaux i Wild. Pierwsza grupa przyrządów wymaga urządzeń dodatkowych, celem uzyskania stałej ostrości obrazu.

### 44. Projekcja stereogramów na jeden ekran.

Podobnie jak przy fotogrametrii naziemnej, dwa zdjęcia lotnicze tego samego terenu tworzą jeden stereogram. Jeżeli klisze, tworzące stereogram, założymy do kamer przyrządu tak, by położenie każdej kliszy w przyrządzie odpowiadało jej położeniu względem terenu i na klisze rzucimy snopy światła jak w prostownikach, wtedy utworzymy te same wiązki promieni, jakie uchwyciła kamera lotnicza. Na przecięciu się promieni, przechodzących przez odpowiadające sobie punkty obu klisz, znajdzie się położenie punktu. Wzajemny zaś stosunek tych punktów względem punktów terenu będzie perspektywiczny. Zbiór tych punktów utworzy model przestrzenny w podziałce, która zależeć będzie od stosunku pomniejszenia podstawy stereogramu. Jeżeli model ten przetniemy płaszczyzną ekranu, to zasadniczo tylko te punkty zarysują się ostro, których przecięcie się promieni leży na danej płaszczyźnie, pozostałe utworzą obrazy zagnatwane.

Do wykorzystania tej metody zbudowano przyrząd fig. 77, który składa się z dwu aparatów projekcyjnych, identycznych z kamerą lotniczą, zawieszonych na dźwigarze w ten sposób, by jeden z nich można było przesuwać względem drugiego kierunku trzech osi przestrzennych przyrządu, dla nastawienia rzutów podstawy. Poza tem do nadania aparatom projekcyjnym kątów

orientacji zewnętrznej każdy z nich posiada urządzenie do nastawienia kąta skantowania, pochylenia i skręcenia kliszy. Na przyrządzie konstrukcji Gassera widzimy dwa aparaty projekcyjne umieszczone poziomo. Przed każdym obiektywem znajduje się lustro, na którym promienie zmieniają swój kierunek.

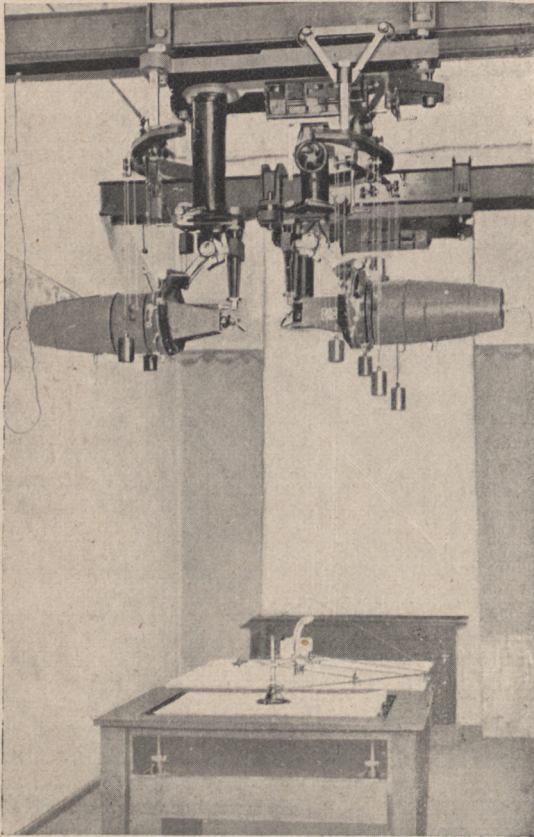


Fig. 77. Przyrząd Gassera.

Urządzenie to jest wprowadzone ze względu na nastawianie podstawy niejednokrotnie w podziałce planu bardzo małej. W pewnej odległości od aparatów projekcyjnych umieszczono na stole rysunkowym ekran, który możemy przesuwawać w kierunku pionowym, zmieniając położenie płaszczyzny względem modelu przestrzennego. Przesunięcia ekranu odczytujemy na podziałce z dokładnością  $0,01\text{ mm}$ . Dla osiągnięcia lepszych wyników zastąpiono ekran płytką okrągłą, przesuwalną pionowo, w środku której znajduje się znaczek. Płytkę połączona jest bezpośrednio lub przy pomocy pantografu z ołówkiem, który kreśli plan.

Tworzenie modelu przestrzennego odbywa się drogą prób i kolejnych przybliżeń, a więc nastawiając płytkę na sytuację i wysokość punktu dostosowania, pochylamy aparat projekcyjny tak, by promień

wiązki przeszedł przez dany punkt. Następnie nastawiamy płytkę na drugi punkt i badamy, czy odległość i różnica wysokości odpowiada planowi. Z utworzonych różnic obliczamy i poprawiamy podziałkę modelu. Sytuacja i wysokość trzeciego punktu pomocna jest do nadania modelowi kąta skręcenia i pochylenia. Położenie drugiego aparatu projekcyjnego dostrajamy do pierwszego. Znajomość przybliżonej orientacji zewnętrznej ułatwia pracę. Po zestrojeniu i dostosowaniu modelu do punktów podanych, każde położenie płaszczyzny ekranu przecina model terenu podług warstwy. Przecięcie to nie jest tak wyraźne, by wykreślenie warstwy nie napotykało na trudności.

Aby móc pewnie oddzielić punkty warstwy od punktów sąsiednich, posługujemy się przyrządem migotającym, który w odstępach  $1/2$  do  $1/4$  sekundy zasłania i odsłania wiązki promieni jednego i drugiego obrazu. Punkty leżące na płaszczyźnie ekranu pozostaną w spokoju, zaś punkty leżące powyżej lub poniżej płaszczyzny będą w ustawicznym ruchu. Łączenie i wyszukiwanie takich punktów, które są w spoczynku, jest dla oczu bardzo nużące. Mimo tego posiadamy kilka konstrukcyj na tej zasadzie opartych. Zamiast przyrządu migotającego, użyć można dwu barwnych filtrów, które zabarwia się wiązki promieni, tworząc na ekranie obraz anaglifowy. Jeżeli ten obraz obserwować będziemy okularami o tych samych kolorach (jeden okular czerwony, drugi zielony), tylko przeciwnie umieszczonych, t. zn. jeśli lewy obiektyw aparatu projekcyjnego zasłoniliśmy czerwonym filtrem, to lewe szkło okularów powinno być zielone; wtedy teren przedstawi się nam plastycznie. Nastawiony na wysokość warstwy znaczek płytki poruszamy tak, by stale dotykał plastycznego modelu, wtedy ołówek połączony

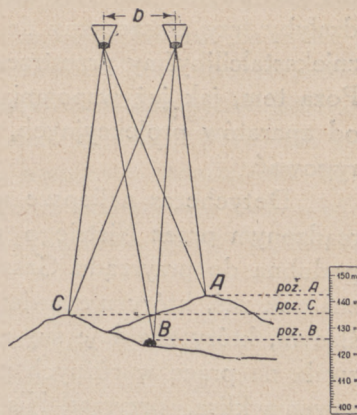


Fig. 78.

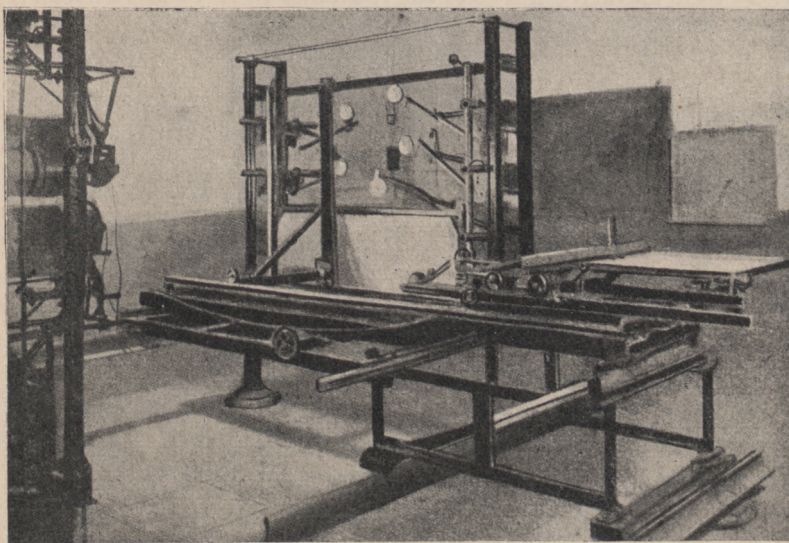


Fig. 79. Przyrząd Nistriego.

z płytką wykreśli na planie warstwicę. Zmieniając położenie płaszczyzny płytki (ekranu) względem modelu, opracować możemy położenie następnych warstw.

Wszystkie przyrządy, skonstruowane na tej zasadzie, mają tę główną wadę, że nadają się do opracowania zdjęć prawie prostopadłych, gdyż jak z zasad prostowników wiemy, w przypadku nachylenia zdjęcia musielibyśmy, dla zachowania ostrości obrazu, posługiwać się inwersorami, które sprowadzałyby trzy płaszczyzny do przecięcia się wzdłuż jednej prostej, przez co zniekształcilibyśmy przestrzenny model terenu i otrzymali fałszywe rezultaty. Poza tem, jak już wspomniano, przy zmianie odległości płaszczyzny ekranu od aparatów projekcyjnych, zmienia się ostrość obrazu, którą musimy korygować.

Dotychczas najlepsze wyniki osiągnięto na przyrządzie tego typu, sporządzonym przez Nistriego we Włoszech. Konstrukcja tego przyrządu jest podobna do przyrządu Gassera. Rzutniki i ekran umieszczone są pionowo, znaczek zaś, który nastawiamy na punkty, połączony jest z przyrządem kreślącym, który znajduje się z prawej strony (fig. 79). Przyrząd kreślący zezwala na pracę w różnych podziałkach. Dla ułatwienia zestrojenia i dostosowania klisz, przyrząd Nistriego posiada 8 płytek dodatkowych, których środki nastawiamy na współrzędne przestrzenne punktów dostosowania.

#### 45. Maszyny samokreślące.

Do maszyn samokreślących zaliczamy wszystkie te przyrządy, przy pomocy których opracowanie stereogramów odbywa się na drodze mechanicznego przeniesienia przecięcia się celowych na kreślący ołówek.

Maszyny samokreślące składają się z trzech zasadniczych części:

1. zestawu obserwacyjnego,
2. zestawu mierzącego i
3. zestawu nanoszącego.

Z pośród różnych konstrukcyj maszyn kreślących omówimy tylko te, które obecnie są fabrykowane, gdyż stanowią one przeważnie udoskonalenie dawnych (w Polsce nieużywanych).

#### 46. Stereoplanigraf Zeissa.

Pierwszy model tego przyrządu, skonstruowany przez Bauersfelda, był wykonany w r. 1923 w firmie Zeissa. W ostatnim czasie uproszczono jego zestaw obserwacyjny i wprowadzono drobne ulepszenia.

Zasada tego przyrządu zbliżona jest do poprzednio omówionej projekcji stereogramów na jeden ekran, z tą różnicą, że obrazy rzucamy na dwa małe metalowe ekrany, umieszczone w stałym odstępnie i obserwujemy je w stereoskopie.

Dla zrozumienia zasady tego przyrządu, wyobraźmy sobie urządzenie, składające się z dwu kamer identycznych, jak kamera lotnicza, którą wyko-



nano zdjęcia, umieszczonych przed naszymi oczyma tak, by okiem lewym przy pomocy lunetki można było obserwować lewą kliszę, okiem prawem prawą kliszę. Kamery zawieszmy na ruchomem rusztowaniu w takim wzajemnem położeniu, któreby odpowiadało położeniu ich w chwili wykonania zdjęć lotniczych, powiększonemu o rozstaw oczu. Rusztowanie to niech posiada urządzenie zezwalające na przesuwanie równomierne obu zorientowanych kamer w kierunku trzech osi przestrzennych prostokątnych. Jeżeli obie kamery będziemy zbliżać lub oddalać, przesuwać na boki, względnie podnosić lub opuszczać i równocześnie nastawiać będziemy lunetki, tak by osi celowe przechodziły przez środki odpowiadających obiektywów kamer, wtedy ujrzymy plastyczny obraz punktu terenu, gdyż celowe padać będą na te

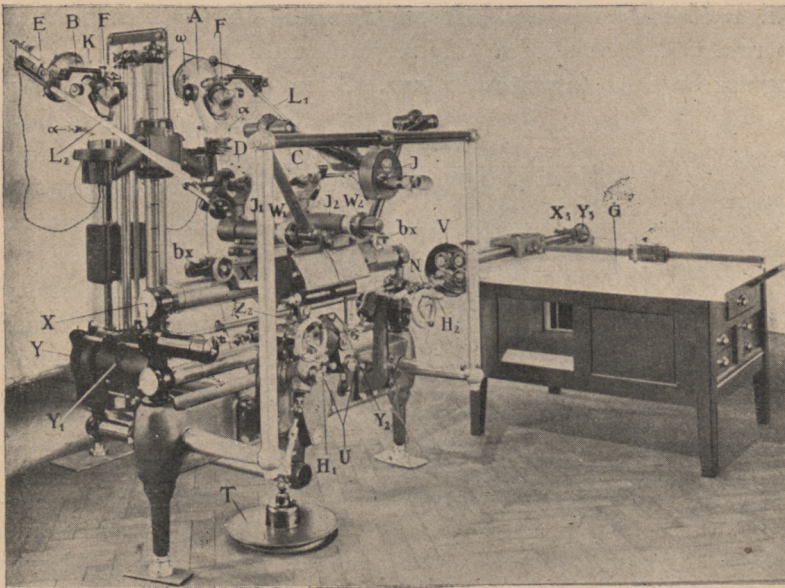


Fig. 80. Stereoplanigraf firmy Zeissa.

same punkty. Ruchy kamer możemy tak dobrać, by krzyż nitkowy, który w tym wypadku będzie punktem, poruszał się stale po terenie. Łącząc ołówek z rusztowaniem, na którym zawieszono kamery, otrzymamy na papierze rysunkowym, umieszczonym pod lub z boku przyrządu, plan sytuacyjny obwodzonej na modelu terenu linii.

Tak prosty przyrząd nie da się wykonać praktycznie, już choćby z tego względu, że nie potrafilibyśmy tak ustawiać naszych oczu, jak tego wymagałby nasz przyrząd. Dalej nastawianie ostrości obrazu, którą stale musimy poprawiać, sprawiałoby sporo kłopotu.

Stereoplanigraf posiada na suwadle przestrzennem zawieszono kamery,

którymi wykonujemy ruchy w dwu kierunkach, pionowym wzdłuż osi  $Z$  i poziomym wzdłuż osi  $Y$ . W kierunku trzeciej osi  $X$  porusza się zestaw obserwacyjny. Wiązki promieni, rzucone przez kamery, zostaną uchwycone na płytce metalowej, a z nich dopiero dochodzą do naszych oczu przez zestaw obserwacyjny.

Przyrząd składa się z następujących części:

1. Zestawu obserwacyjnego, składającego się z dwu kamer  $A$  i  $B$ , urządzenia do oświetlenia  $E$  i przyrządu projekcyjnego  $F$ .

2. Zestawu przestrzennych suwadeł wodzidłowych  $X, Y, Z$ , do poruszania znaczków mierzących względem zestawu projekcyjnego.

3. Zestawu obserwacyjnego  $J$ , do obserwacji stereoskopowej obrazów, utworzonych na płaszczyznach znaczków mierzących (ekranów).

4. Zestawu kreślącego.

Ad 1. Każda kamera składa się z kadłuba  $A$  wzgl.  $B$ , na którym umocowano ramki  $R_1$  i obiektyw. Obiektyw i ramki można wymieniać dla różnych ogniskowych i formatów kliszy. Celem dokładnego nastawienia elementów orientacji wewnętrznej, obiektyw da się przesunąć wzdłuż swojej osi.

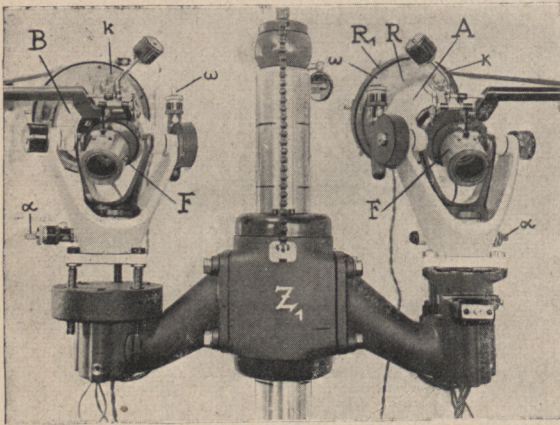


Fig. 81. Sanki  $Z$  wraz z kamerami.

objektów orientacji wewnętrznej, obiektyw da się przesunąć wzdłuż swojej osi. Ramki zaopatrzone są w znaczki takie same, jakie posiada kamera lotnicza. Kadłub każdej kamery możemy skrócić około osi optycznej, dla nadania kąta skantowania. Kąt ten odczytujemy na bębnieku  $k$ . Pochylenie kamery około osi poziomej, dla nadania kąta pochylenia, odczytujemy na bębnieku  $\omega$ . Skręcenie kamery około osi pionowej, dla nadania kąta skręcenia, odczytujemy na bębnieku  $\alpha$ . Przy pomocy tych trzech kątów, jak wiadomo, ustalamy orientację zewnętrzną kliszy. Przed obiektywem kamery umieszczony jest teleobiektyw  $F$ , który kierowany jest na znaczek mierzący przy pomocy drążka  $L_1$ . Umocowany na nim inwersor paraboliczny nastawia jego części tak, by ostrość rzuconego obrazu — na płaszczyznę płytki metalowej z umieszczonym na niej znacznikiem mierzącym — była stale zachowaną.

Ad 2. Zestaw suwadeł wodzidłowych umożliwia ruchy przestrzenne względem znaczków mierzących  $C$  i  $D$ , leżących naprzeciw kamer  $A$  i  $B$ . Ze względów konstrukcyjnych, ruchy te wykonują w kierunku osi  $X$  płytki metalowe ze znaczkami mierzącymi, zaś w kierunku osi  $Y$  i  $Z$  poruszają się

objektów orientacji wewnętrznej, obiektyw da się przesunąć wzdłuż swojej osi. Ramki zaopatrzone są w znaczki takie same, jakie posiada kamera lotnicza. Kadłub każdej kamery możemy skrócić około osi optycznej, dla nadania kąta skantowania. Kąt ten odczytujemy na bębnieku  $k$ . Pochylenie kamery około osi poziomej, dla nadania kąta pochylenia, odczytujemy na bębnieku  $\omega$ . Skręcenie kamery około osi pionowej, dla nadania kąta skręcenia,

kamery. Do wykonania tych ruchów posługujemy się kółkami pokrętnymi  $H_1$  i  $H_2$  oraz kołowrotem  $T$ . Wielkość wykonanych przesunięć wzdłuż osi przyrządu odczytujemy na licznikach  $X_2, Y_2, Z_2$ .

Rzuty podstawy na osie przyrządu nastawiamy na tych częściach przyrządu, gdzie one ze względów konstrukcyjnych mają najkorzystniejsze położenie, a więc rzut  $bx$  na wózku  $X_1$ ,  $by$  przez przesunięcie kamery  $A$  w kierunku osi  $YY$ , zaś  $bz$  przez przesunięcie kamery  $B$  w kierunku osi  $ZZ$ . Każde z tych przesunięć odczytujemy na odnośnej podziałce.

Czworobok  $ABDC$ , utworzony przez znaczki mierzące i środki obiektywów kamer, powstaje przez równoległe przesunięcie jednego boku trójkąta, jaki tworzy podstawa z promieniami, do wyznaczanego punktu. Przesunięcie to równa się odstępowi znaczków mierzących, a musiano je wprowadzić do przyrządu ze względów konstrukcyjnych jak i tych, które poznaaliśmy przy stereoskopie.

Ad 3. Konstrukcja zestawu obserwacyjnego jest tego rodzaju, że skierowane przy pomocy drążków  $L_1$  i  $L_2$  promienie padają na wyszlifowane płytki metalowe (zwierciadła), od których odbijają się do systemu pryzmatów, umieszczonych w oprawie formy podwójnych nożyc. Nożyce te umożliwiają obserwację stereoskopową znaczków mierzących i rzuconych obrazów bez zmiany położenia głowy. Wskutek tak skomplikowanego biegu promienia w zestawie obserwacyjnym, musiano wprowadzić pryzmaty Douvera  $W_1, W_2$ , które bieg ten prostują, gdyż w przeciwnym razie obraz lewy byłby względem prawego skręcony. Poza tem automatycznie nastawione zostaje powiększenie obrazów, tak że przedmioty dalsze występują w tej samej wielkości co bliższe.

Ad 4. Zestaw kreślący jest koordynatografem, na który przenosimy ruchy, wykonane przez wózki. Położenie ołówka możemy nastawić, przy pomocy pokrętek  $X_3, Y_3$ , niezależnie od położenia suwadła. Przez wymianę kółek zębatych popędu, łączącego suwadło wodzidłowe z koordynatografem, zmieniamy w dość znacznych granicach stosunek podziałek modelu stereoskopowego do kreślonego planu. Poza tem mamy możliwość zmiany kierunku ruchu na odwrotny, konieczny przy opracowaniu pozytywów.

Zestaw obserwacyjny nie ma zupełnie wpływu na pomiar kierunków promieni, które wyznaczone są przez znaczki mierzące i środki obiektywów kamer, zatem nie leżą w zestawie obserwacyjnym. Dalszy bieg promieni nie zostaje wymierzany na przyrządzie, służy tylko do sprowadzenia promieni w położenie dogodne dla wykonania obserwacji.

Na przyrządzie tym możemy opracowywać zdjęcia naziemne i lotnicze o dowolnem położeniu osi optycznych kamery.

Stereoplanigraf musi być tak ustawiony, aby płaszczyzna  $XY$  przyrządu i deski rysunkowej koordynatografu znajdowały się stale w położeniu poziomem, zatem przyrząd musi stać na solidnem podłożu, eliminującym wszelkie wstrząsy podczas pracy.

#### 47. Aerokartograf Hegershoffa.

W odróżnieniu od zasady projekcji obrazów, stosowanej przy poprzednio omawianych przyrządach, aerokartograf zbudowany jest na zasadzie zdjęć stolikowych, przyczem teren zastępuje plastyczny model, zaś kierownice zastąpione są lunetkami, połączonymi z drążkami, podającymi kierunki celowych. Przyrząd ten składa się z dwu teodolitów do wymierzania klisz, połączonych ze sobą w ten sposób, by obserwator mógł widzieć stereoskopowo założone do przyrządu klisze stereogramu. Każdy ruch służący do nastawienia celowej, zatem do mierzenia kątów pionowych i poziomych, przenosi się automatycznie na zestaw dźwigni i ołówek kreślący plan.

Aby zasadę tego przyrządu lepiej zrozumieć, wyobraźmy sobie przyrząd, który składałby się z dwu kamer ustawionych w takim położeniu, jakie odpowiada ich położeniu w chwili wykonania zdjęć lotniczych. Przed obiektywami kamer umieścimy teodolity podobnie jak przy teodolitach do wymierzania klisz (punkty główne obiektywu kamery i lunetki pokrywają się ze sobą, a osi teodolitu i oś pozioma pochylenia kamery przecinają się w punkcie głównym obiektu). Teodolity te połączmy z drążkami tak, by drążek był równoległy do celowej. Przy nastawieniu lunetek, na odpowiadające sobie punkty obu klisz, drążki przetną się w miejscu, które odpowiada położeniu punktu w przestrzeni.

Ta prosta konstrukcja, podobnie jak przy stereoplanigrafie, nie da się wykonać. Musimy ją dostosować do wymogów optyki i praktyczności w użyciu, poza tem do wykorzystania tych zalet, jakie nam daje obserwacja stereoskopowa obrazów. Dlatego przedewszystkiem rozstawiono kamery w takiej nie zmieniającej się odległości, by w czasie orjentowania i wykonywania odczytów nie stykały się ze sobą. Pomiar kątów rozłożono w ten sposób, że nastawianie kątów poziomych wykonujemy przez skręcanie kamer, a kątów pionowych przez pochylenie lunetki. Ruchy te przenoszą się na drążki kierujące, uchwycone z jednej strony w stałym punkcie obrotu, leżącym na osi pionowej, przechodzącej przez punkt główny obiektywu kamery, z drugiej w ruchomym przegubie. Ruchome przeguby umieszczone są na mostku podstawy, a odstęp ich równy jest podstawie przestrzennej powiększonej o odległość środków obiektywów kamer. Powstały czworobok, łączący punkty obrotu drążków kierujących z przegubami, jest podobny do tego, który w stereoplanigrafie oznaczyliśmy literami *ABCD*. Kamery możemy również podnosić i opuszczać niezależnie od drążków kierujących, dla nadania im kątów orjentacji zewnętrznej.

Z powyższego krótkiego opisu wynika, że aerokartograf składa się z trzech następujących części:

1. zestawu obserwacyjnego,
2. zestawu mierzącego i
3. zestawu nanoszącego.

Ad 1. Podwójny peryskop posiada okulary *OK*, które możemy w kierunku poziomym zbliżyć lub oddalać dla nastawienia rozstawu oczu, oraz przesuwać oddzielnie w kierunku pionowym dla usunięcia nierównoległości osadzenia oczu. Okazuje się bowiem, że bardzo często spotykamy się z tym przesunięciem oczu u osób, które poza tym posiadają dobrą zdolność stereoskopowego widzenia. Soczewki *LS* (fig. 83) służą do powiększenia obrazu. Powiększenie to nie jest regulowane automatycznie jak w stereoplanigrafii, lecz zmienia się je w miarę potrzeby, np. przy znacznej różnicy wysokości dwu zdjęć lotniczych lub dla lepszego wykorzystania ziarna klisz. Przez zmianę położenia pryzmatów *U* zmieniamy bieg promieni w tym sensie, że promienie z lewej kliszy dochodzą do prawego okularu, zaś promienie z prawej kliszy do lewego okularu. Normalnie widzimy w lewym okularze lewą kliszę, w prawym okularze prawą kliszę. Urządzenie to ma zastosowanie przy opracowaniu triangulacji

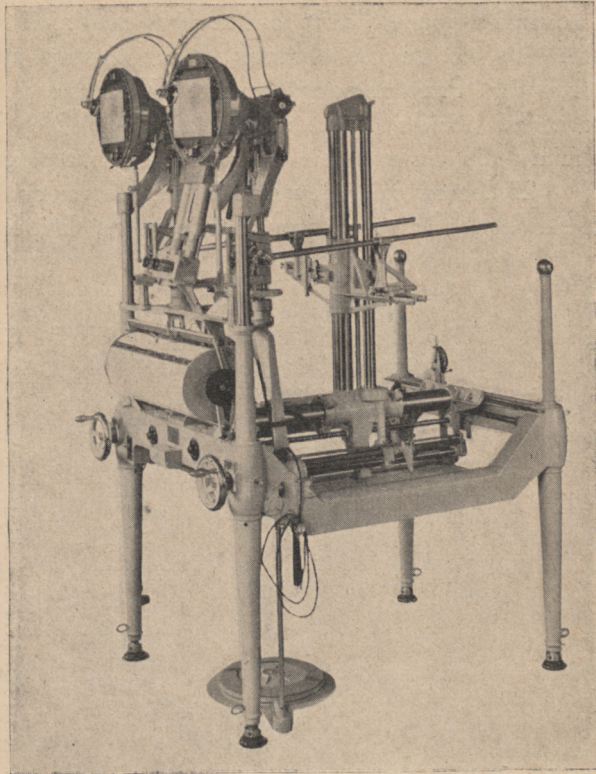


Fig. 82. Aerokartograf Hugershoffa.

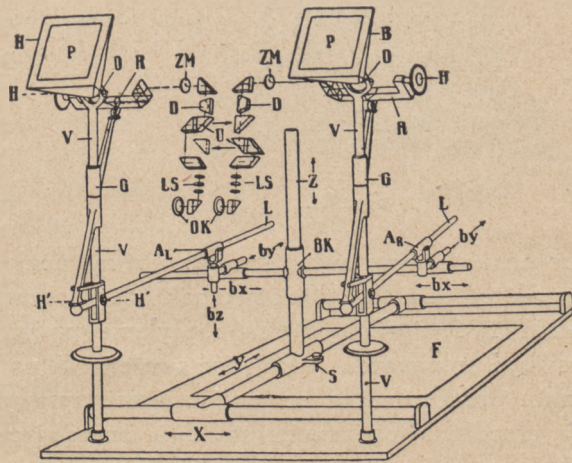


Fig. 83. Schemat aerokartografu.

fotogrametrycznej, którą opiszemy w osobnym rozdziale. Pryzmaty Dovera  $D$  służą do pionowania obrazów, które zostają skręcone przez pryzmat reflektorowy  $R$ . Przy pomocy soczewek  $ZM$  nastawiamy ostrość obrazu. Na środku soczewki znajduje się znaczek mierzący. Bieg promieni od tej soczewki do okularu nie ma zupełnie wpływu na pomiar kątów.

2. Zestaw mierzący składa się z kamery  $B$ , pryzmatu reflektorowego, soczewki i pryzmatu ujętych w oprawę, której łożyska umieszczono w ten

sposób, by ich oś była pozioma i przechodziła przez punkt główny obiektywu kamery. Do osi tej przymocowane jest koło pionowe, na którym odczytujemy kąt nachylenia.

3. Zestaw nanoszący obejmuje przestrzenne suwadło wodzidłowe składające się z sanek  $X, Y, Z$ , połączone z drążkami kierującymi w przegubach  $A_L A_R$ . Przeguby te możemy przesuwając w kierunku rzutów podstawy. Rzut  $bx$  nastawiamy przesuwając w kierunku osi  $XX$  prawy lub lewy przegub,  $by$  w kierunku osi  $YY$ , zaś rzut  $bz$  w kierunku osi  $ZZ$  przez przesunięcie przegubu lewego. Do poruszania sanek w kierunkach trzech współrzędnych posługujemy się kółkami pokrętnymi, oraz kołowrotem tarczowym.

Kąty poziome i pionowe, które nadajemy drążkom kierującym, przenoszą się na ze-

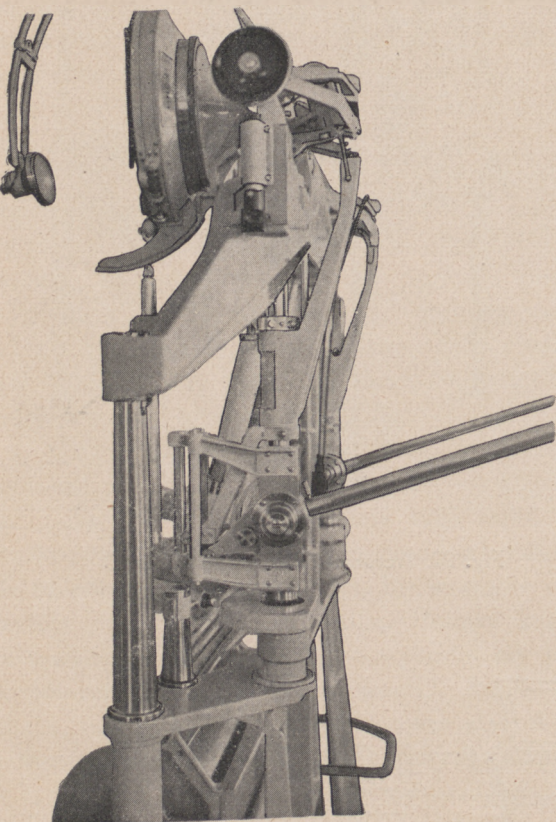


Fig. 84.

staw obserwacyjny w ten sposób, że kąt poziomy odpowiada skręceniu kamery o ten sam kąt poziomy, zaś kąt pionowy przenosi się przy pomocy ramion 1, 5, 8 (fig. 85) na pochylenie pryzmatu 7. Długość ramion 1 i 8 musi być jednakowa, a długość ramienia 5 powinna się równać odległości punktu obrotu drążka od osi poziomej oprawy pryzmatu 7. Kamery posiadają urządzenie opisane na str. 6, a zezwalające na takie umieszczenie klisz, jakie odpowiada ich położeniu w kamerze lotniczej. Zatem kliszę możemy przesuwając i pochylać w dwu prostopadłych kierunkach i zmieniać długość

ogniskowej, dostosowując położenie kliszy do orientacji wewnętrznej podanej czterema kątami. Do oświetlenia kliszy służą małe 4-rowoltowe lampki, poruszające się równomiernie z reflektorami  $d$ , oświetlającymi tylko tą część kliszy, na której wykonujemy pomiary. Jasność żarzenia tych lampek możemy zmieniać przez zmianę natężenia prądu.

Nastawienie przyrządu na punkt odbywa się w ten sposób, że ruch kółek pokrętnych i kołowrotu przenosi się na wózki  $X, Y, Z$ , dalej na drążki kierujące  $L$ , a z nich oddzielnie, dla kątów pionowych na pryzmaty, a dla kątów poziomych na kamery.

Ołówek kreślący plan poruszany jest przy pomocy gwintownicy, która zmontowana jest równoległe do wózka  $X$  i może być połączoną z popędem dla kierunku osi  $YY$ , gdy opracowujemy zdjęcia naziemne lub z popędem dla kierunku osi  $ZZ$ , gdy opracowujemy zdjęcia lotnicze. Poza tem, podobnie jak przy stereoplanigrafie, do przyrządu może być dołączony koordynatograf. Dla ułatwienia pracy obserwatora na przyrządzie, umieszczony jest bezpośrednio pod peryskopem bęben, na którym kreślimy plan w tej samej lub zmniejszonej podziałce. Urządzenie to pozwala na stałą kontrolę pracy wykresłej. Ponieważ zasadniczo kreślimy plan w samym przyrządzie, a nie na dodatkowym koordynatografie, przeto przyrząd ten nie musi być zasadniczo ustawiony dokładnie w poziomie, gdyż zestawienie i dostosowanie klisz przeprowadzamy do osi przestrzennych przyrządu, a zatem i do deski rysunkowej. Ma to jednak tą niedogodność, że ponieważ miejsce w przyrządzie jest bardzo małe, nie potrafimy umieścić papieru rysunkowego z naniesionymi punktami dostosowania w każdym położeniu, jakie niejednokrotnie podyktowane jest położeniem klisz w przyrządzie. Prosta optyka przyrządu stosunkowo łatwą jest do rektyfikacji.

Na aerokartografie możemy opracować zdjęcia naziemne i lotnicze, pochylone i prostopadłe. Kąt nachylenia kamer leży w granicach od  $30^\circ$  do  $-100^\circ$ , zaś kąt skręcenia do  $30^\circ$ . Opracować możemy diapozytywy zdjęć, negatywy zaś przy użyciu koordynatografu.

Aerokartograf jest udoskonaleniem autokartografu pomysłu Hugershoffa, wykonanym przez firmę Heyde w Dreźnie w r. 1919.

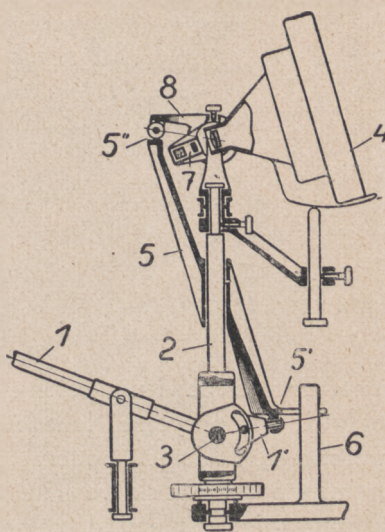


Fig. 85.

### 48. Autograf Wilda.

Autograf został skonstruowany przez Wilda w r. 1925. Początkowo przeznaczony był tylko dla zdjęć naziemnych i lotniczych prostopadłych; następnie w r. 1928 dostosowano go do zdjęć lotniczych wszelkiego rodzaju.

Zasadniczą cechą tego przyrządu, to ruchome kamery połączone stale z drążkami kierującymi.

Przyrząd składa się z dwu lunetek umieszczonych obok siebie w rozstawie oczu, ponad lunetkami znajdują się dwie kamery, zawieszono w łożyskach Kardana, z nimi połączone pod kątem prostym, drążki kierujące ślizgają się w przegubach suwadła przestrzennego. Ruchy wózków suwadła przenoszą się na drążki podobnie jak w aerokartografie. Drążki poruszają kamery, nastawiając je na punkty terenu.

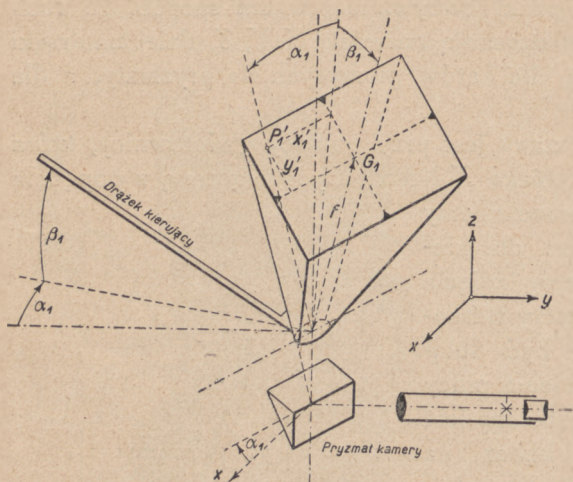


Fig. 86.

Przy nastawieniu celowej na punkt główny, drążek kierujący jest równoległy do osi optycznej lunetki. Ze względów konstrukcyjnych lunetki umieszczone są poziomo, podczas gdy kamery położone są pionowo, aby więc promienie zostały skierowane do lunetek, umieszczono między nimi a kamerami pryzmaty reflektorowe.

Nastawiając drążek kierujący pod kątem poziomym i pionowym, pochylamy również o te same kąty kamerę, a celowa padnie na punkt  $P'$ , którego współrzędne tłowe będą  $x'$  i  $z'$ . Położenie tego punktu nie odpowiada założeniom podanym w pierwszej części (str. 3), gdyż przeliczone kąty przy pomocy współrzędnych tłowych nie równają się tym, które nastawiono na przyrządzie. Udowodnimy to obliczając ze wzorów:

$$x'_1 = \frac{f}{\cos \beta_1} \operatorname{tg} \alpha_1; \quad z'_1 = f \operatorname{tg} \beta_1.$$

Wzory te podają współrzędne tłowe punktu, w którym oś celowa przebiega płaszczyznę kliszy, zaś wzory:

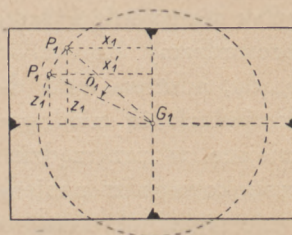


Fig. 87.



$$x_1 = f \cdot \operatorname{tg} \alpha_1, \quad z_1 = \frac{f}{\cos \alpha_1} \operatorname{tg} \beta_1,$$

podają współrzędne tłowe punktu, który odpowiada dla kątów  $\alpha_1, \beta_1$  w terenie punktowi, odfotografowanemu na kliszy, z czego wynika również, że, ponieważ kamerę pochylamy, odczytujemy zupełnie inne kąty, nie równające się kątom pomierzonym w terenie dla nastawionego punktu.

Między współrzędnymi tłowymi  $x_1', z_1'$  i  $x_1, z_1$  zachodzi związek tego

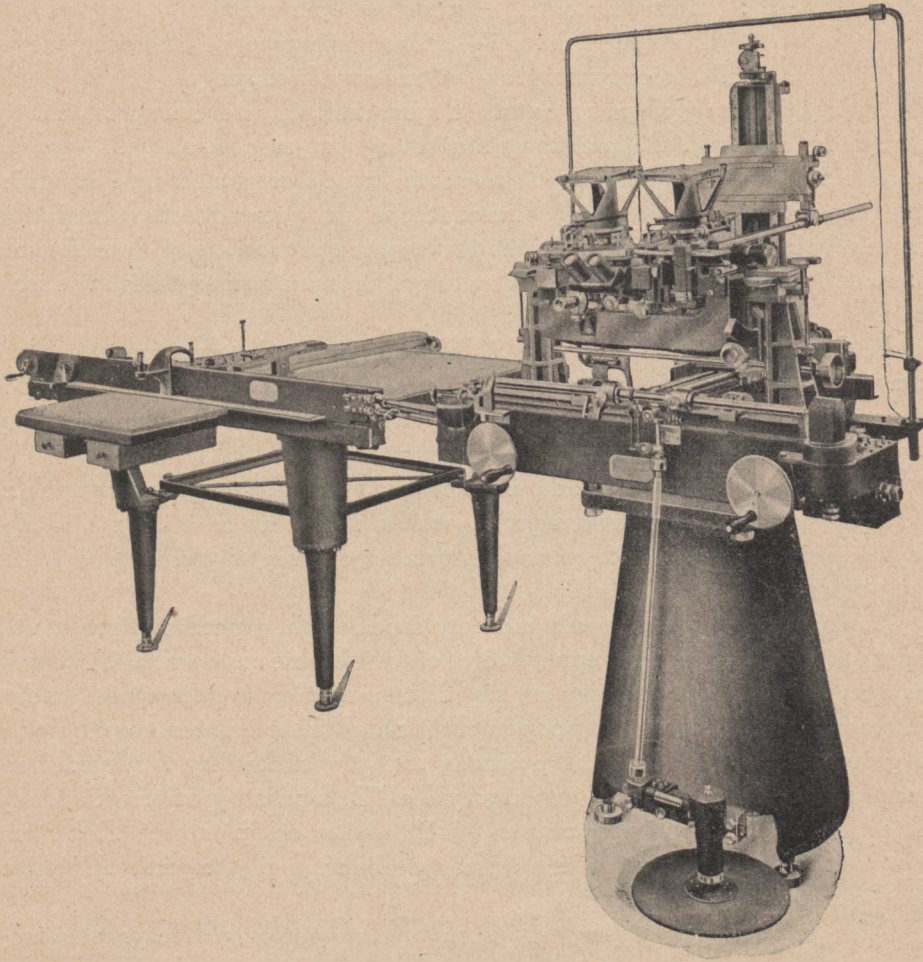


Fig. 88. Autograf Wiida.

rodzaju, że punkty te leżą na obwodzie tego samego koła, którego środek leży w punkcie głównym kliszy  $G$ .

Zatem zachodzi warunek:

$$x_1^2 + z_1^2 = x_1'^2 + z_1'^2.$$

Aby nie poprawiać kątów nastawionych na przyrządzie, skręcamy samą kamerę o kąt, który z fig. 87 można wyprowadzić:

$$\sin \alpha_1 = \frac{\sin \alpha_1 \sin \beta_1}{1 + \cos \alpha_1 \cos \beta_1}.$$

Korekcja ta zostaje automatycznie nastawiana w autografie przez dodatkowe urządzenie.

W odróżnieniu od innych maszyn kreślących, autograf składa się z trzech głównych części: I. części dolnej — podstawy przyrządu,

II. części ruchomej — zestawu mierzącego i obserwacyjnego,

III. koordynatografu — zestawu kreślącego.

I. Część dolna opiera się na trzech podstawkach, któremi sprowadzamy przyrząd do poziomu. Do podstawy stożkowej przymocowana jest głowica czworoboczna, na niej spoczywa ława, do której przytwierdzone są dwie szyny (prowadząca i opierająca), przeznaczone do prowadzenia właściwego autografu w kierunku osi  $xx$ , poza tem do ławy przymocowane są dwie konsole z domontowanymi podporami. Podpory te podtrzymują kamery i zestaw obserwacyjny.

II. Część ruchoma składa się z dwu części: z a) przestrzennego suwadła wodzidłowego i b) zestawu obserwacyjno-mierzącego. Obie części połączone są ze sobą przy pomocy drążków kierujących, które zamieniają ruchy przestrzenne suwadła na ruchy obrotowe kamer.

Suwadło wodzidłowe składa się z wózka, prowadzonego na szynach  $x$ , na którym porusza się w dwu szynach wózek  $YY$ , wraz ze stale z nim złączonym dźwigaczem, na którym znowu przesuwają się w kierunku osi  $ZZ$  sanki podstawy.

Przy pomocy tego suwadła możemy środek sanek podstawy przesuwac na wszystkie punkty przestrzenne, które leżą w obrębie autografu. b) Zestaw obserwacyjno-mierzący, składający się z dwu kamer i podwójnej lunety, umieszczony jest ruchomo na podporach. Każdą kamerą możemy wykonywać dwa główne ruchy: 1) około osi poziomej  $xx$ , gdy oś kamery w swoim normalnym położeniu obraca się w płaszczyźnie  $YZ$ , a prosta pozioma na kliszy opisuje powierzchnię walca poziomego, i 2) około osi pionowej  $ZZ$ , która leży w osi optycznej kamery, jeśli klisza obraca się w płaszczyźnie  $XY$  około swojej środkowej osi pionowej.

Dźwigar ruchomej części, zawieszony w dwu poziomych łożyskach, możemy skręcać około środkowej urojonej osi pionowej. W środku dźwigara zmontowana jest podwójna luneta. Symetrycznie do podwójnej lunety umieszczone są na dźwigarze osi pionowe kamery. Poniżej każdej kamery znajduje się pryzmat, który odbija promienie przechodzące przez obiektyw kamery i doprowadza je do lunety. Pryzmat ten wykonuje te same obroty około osi pionowej jak kamera, natomiast pozostaje w spoczynku, jeżeli kamerę pochylamy około osi poziomej.

Sanki podstawy składają się z trzech części: środkowej i dwu przesuwalnych, na których nastawiamy po połowie rzuty podstawy na oś  $XX$ . Ponieważ mamy możliwość rozsuwania tych ostatnich części tylko nazewnątrz, a nie do wewnątrz, jak to ma miejsce przy wcinaniu punktów, przeto klisze zakładamy do przyrządu przeciwnie: kliszę lewą do prawej kamery, zaś prawą do lewej kamery. Powoduje to dodanie dodatkowych pryzmatów, które promienie z lewej kliszy doprowadzają do prawego okularu, a promienie z prawej

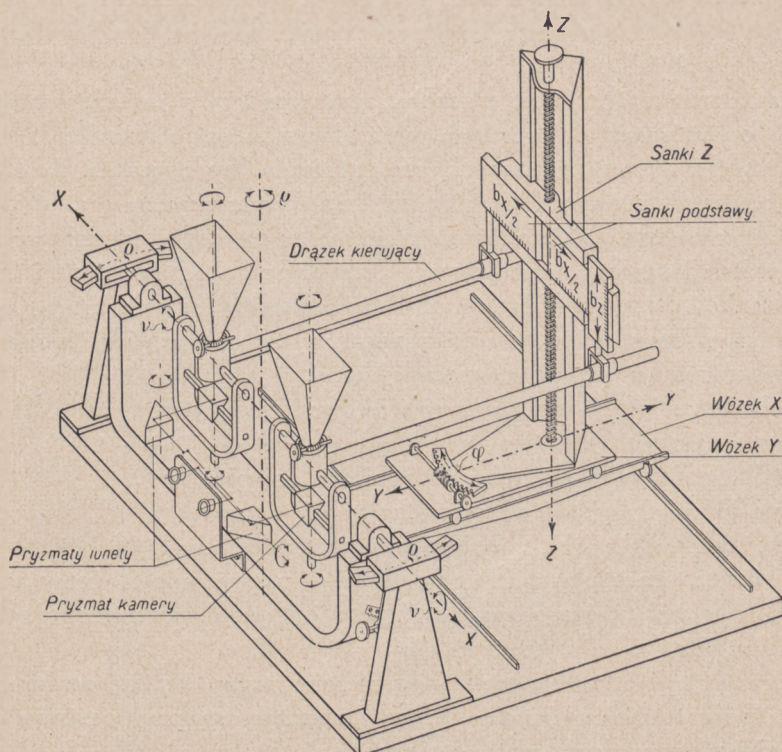


Fig. 89. Schemat autografu Wilda.

kliszy do lewego okularu. Rzut podstawy  $bz$  nastawiamy na sankach wysokościowych, poruszających się w prawej ruchomej części sanek podstawy. Rzut podstawy  $by$  nie da się nastawiać, natomiast całe sanki podstawy możemy skręcać w płaszczyźnie  $XY$  około prostej równoległej do osi  $ZZ$ . Urządzenie to jest ułatwieniem przy opracowaniu zdjęć naziemnych lewo i prawo skręconych, gdyż wielkość podstawy pozostaje niezmienną z opracowanych poprzednio zdjęć normalnych.

Mając do opracowania zdjęcia lotnicze, musimy obliczyć zwiększenie rzutu podstawy  $bx'$ , które nie będzie już rzutem podstawy na oś  $XX$ , tylko

na płaszczyznę  $XY$ . Skręcenie sanek podstawy odczytujemy na śrubie tangentencjalnej z dokładnością  $1/100$  mm.

Suwadło wodzidłowe poruszamy podobnie, jak przy poprzednio omówionych przyrządach przy pomocy dwu kółek pokrętnych i kołowrotu nożnego. Ulepszeniem jest wyłącznik, który zezwala jednym ruchem palca przesuwać w dowolne położenie wózek  $X$  oraz  $Y$ .

Przesunięcia wózków i sanek odczytujemy na licznikach i podziałkach z dokładnością  $1/100$  mm, a dla podstawy z dokładnością  $1/200$  mm.

Przy opracowaniu zdjęć lotniczych zamieniamy działanie śrub poruszających wózek  $X$  i  $Y$ .

III. Koordynatograf jest złączony z przyrządem podobnie jak przy poprzednio omówionych przyrządach, pozwala on na takie ustawienie początku układu współrzędnych przestrzennych autografu, by początek układu przechodził centrycznie przez lewe stanowisko fotogrametryczne, zatem mógł być dostosowany do sytuacji stanowisk naniesionej na desce rysunkowej. Koordynatografem możemy opracowywać plany w pomniejszeniu 3:1 i 2:1, oraz powiększeniu 1:2,5 modelu terenu, utworzonego w przyrządzie.

Z powyższego opisu autografu widzimy, że całą częścią ruchomą możemy wykonywać następujące ruchy główne:

1. Pochylenie jej około osi głównej poziomej w granicach od  $30^\circ$  do  $20^\circ$  (nowego podziału).

2. Skręcenie około środkowej urojonej osi pionowej.

Kamery możemy: a) obracać około osi pionowej,

b) pochylać około osi poziomej.

Kątów, o które obracamy i pochylamy kamery, nie możemy odczytać; dadzą się one obliczyć z odczytanych współrzędnych przestrzennych punktu i rzutów podstawy.

Poza wyżej podanymi ruchami głównymi mamy jeszcze możliwość wykonania tych wszystkich nastawień, które konieczne są przy zestrzajaniu i dostosowaniu zdjęć naziemnych i lotniczych, a więc:

1. Ruch, obracający lewy dodatkowy pryzmat lunety, dla nadania różnicy skręcenia (zbieżności) obu zdjęć lotniczych ( $d\theta$ ).

2. Dla każdej kamery urządzenie korekcyjne do skręcenia kamery o kąt  $\alpha$  opisany na str. 92.

3. Ruch obrotowy ramek, trzymających kliszę, dla nadania im kąta skantowania  $k$ .

4. Ruch dla wprowadzenia poprawki korekcyjnej, wynikłej z powodu ruchu podanego pod 1.

5. Ruch, pochylający prawy dodatkowy pryzmat lunety, dla nadania różnicy kątów pochylenia zdjęć lotniczych ( $d\nu$ ).

6. Ruch dla poprawienia opadania obrazu, który może mieć miejsce,

gdy podstawa jest długa i części kliszy nie mogą być stereoskopowo widziane; wtedy pochylamy podwójną lunetę około osi poziomej.

7. Ruch dla zmiany rozstawu oczu.

Wielkość pod 1, 3, 4, 5, 7 wyszczególnionych ruchów możemy odczytać na bębenkach lub podziałkach.

#### 49. Stereotopograf Poivilliersa.

Stereotopograf zbudowany jest na podobnej zasadzie, jak autograf Hugerhoffa. Kamery obracają się około osi pionowej, a części lunetek

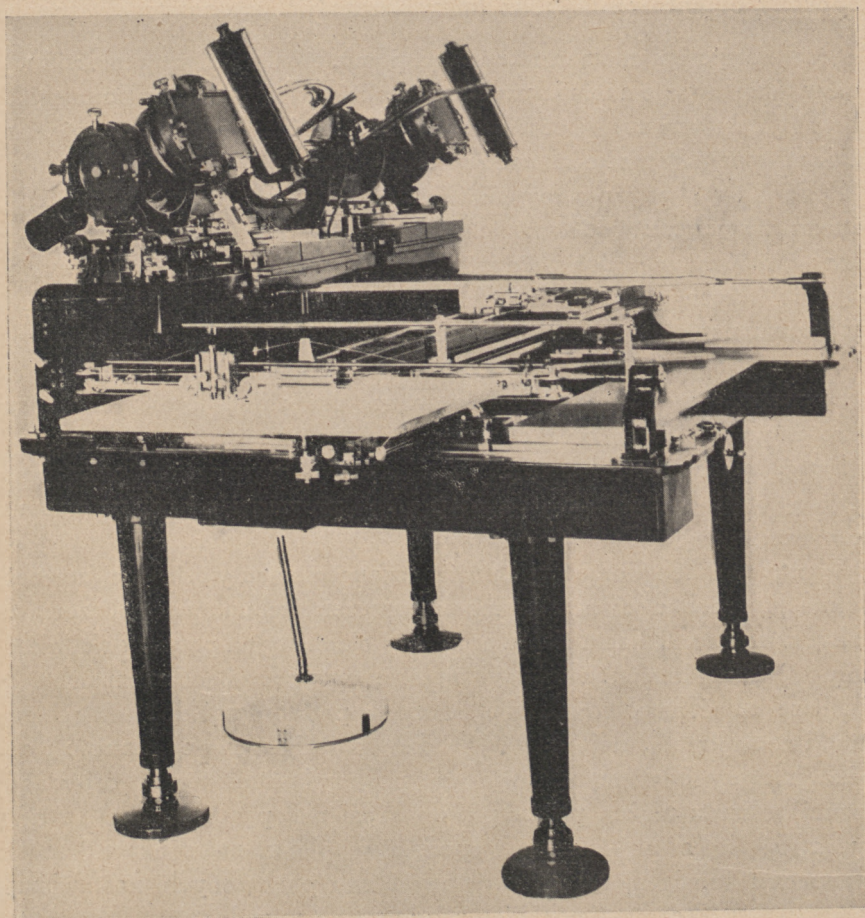


Fig. 90. Stereotopograf Poivilliersa.

z obiektywami obracają się około osi poziomej. Aby okulary lunet obserwacyjnych nie musiały być poruszane, umieszczono szereg pryzmatów podobnie

jak przy innych poprzednio omówionych przyrządach. Kamery możemy nastawiać na elementy orientacji zewnętrznej. Ruch kamer i obiektywów przenosi się na linjały leżące w płaszczyźnie poziomej. Punkty obrotów tych linjałów leżą w rzutach poziomych przednich punktów głównych kamer. Do wyznaczenia wysokości punktów służą linjały wysokościowe, leżące również w płaszczyźnie poziomej. Przyjmują one takie położenie, które odpowiada rzutom promieni na płaszczyznę pionową prostopadłą do osi  $XX$ . Linjały połączone są z koordynatografem, na którym kreślimy plany sytuacyjne i wysokościowe.

### 50. Sposoby orientowania klisz (stereogramów) w maszynach kreślących.

Przed przystąpieniem do kreślenia planu, musimy klisze umieścić w przyrządzie w takim wzajemnym i względem punktów dostosowania położeniu, jakie miały względem terenu, w chwili ich wyświetlenia. W tym celu powinniśmy zasadniczo znać orientację zewnętrzną.

Posiadamy dwa sposoby umieszczenia klisz w przyrządzie: 1) przez *nastawianie klisz na obliczone elementy orientacji zewnętrznej* i 2) przez *optyczno-mechaniczne dostosowanie klisz* do podanej sytuacji i wysokości, co najmniej trzech punktów (wystarczającą ilością danych koniecznych jest sytuacja dwu punktów i wysokość trzech punktów terenu).

Pierwszy sposób stosujemy obecnie dla zdjęć naziemnych, gdyż orientacja zewnętrzna jest nam dokładnie znana, dla zdjęć lotniczych stosujemy ją tylko w wyjątkowych wypadkach.

Drugi sposób jest dzisiaj powszechnie używany przy dostosowaniu zdjęć lotniczych, gdyż daje wyniki bardzo pewne i prowadzi do celu w stosunkowo krótkim czasie.

W przypadkach koniecznych wyznaczamy elementy orientacji zewnętrznej graficznie lub rachunkowo. Pomimo uproszczeń rachunkowe obliczenia zabierają zbyt dużo czasu. Nastawiając obliczone elementy na przyrządzie, nie otrzymujemy tej dokładności, jaką daje metoda optyczno-mechaniczna.

Klisze zdjęć naziemnych, dla których podane są dokładnie elementy orientacji zewnętrznej, dają się w bardzo krótkim czasie zestroić i zorjentować, wystarczy bowiem nastawić na przyrządzie elementy orientacji zewnętrznej, a zaraz można przystąpić do kreślenia planu. Zatem rzuty podstawy  $bx$ ,  $by$  i  $bz$  nastawiamy w podziałce planu na sankach podstawy. W przypadku zdjęć zbieżnych, skręconych lub pochyłonych, nastawiamy kamery na kąty skręcenia i pochylenia odczytane w polu.

Po nastawieniu elementów orientacji zewnętrznej, nastawiamy znaczek mierzący kolejno na punkty kontrolne, uchwycone na kliszy i przy ich pomocy badamy, czy w czasie prac polowych lub obliczeniowych nie popełniłiśmy jakich błędów. Orientowanie klisz zdjęć naziemnych w przyrządach

nie zajmuje więcej jak kilkanaście minut czasu, oczywiście dla wprawnego pracownika.

Daleko trudniej orientować klisze zdjęć lotniczych.

### 51. Orientowanie stereogramów drogą optyczno-mechaniczną.

Zadanie to opracował szczegółowo Gruber i Hugershoff. Podamy poniżej wzory opracowane przez Hugershoffa, gdyż są daleko prostsze, a prowadzą do tych samych wyników.

Tok postępowania przy orientowaniu stereogramów podzielimy na trzy części: 1) *utworzenie stereoskopowego modelu terenu*, 2) *nadanie mu żądanej podziałki* i 3) *spoziomowanie tegoż modelu*.

Pierwsza czynność polega na utworzeniu w dowolnej podziałce i dowolnie w przestrzeni położonego modelu terenu, przez nadanie kliszom takiego



Fig. 91. Obraz stereoskopowy, widziany w przyrządzie z zaznaczoną paralaksą pionową.

wzajemnego położenia, aby odpowiadające sobie promienie wiązek obu klisz przecięły się ze sobą. Musimy zatem jedną kliszę względem drugiej pochylić, skrócić i skantować, oraz wyznaczyć rzuty podstawy. W przyrządzie poznajemy dobre utworzenie modelu w ten sposób, że przy nastawianiu znacznika mierzącego na punkty rozłożone na całej powierzchni kliszy, paralaksa pionowa nie występuje.

Trzecia czynność polega na równomiernym skręceniu i pochyleniu kamer i zmienieniu rzutów podstawy do takiego położenia, by wyznaczana na przyrządzie sytuacja i wysokość punktów zgadzała się z pomiarami, przeprowadzonymi na terenie. Przy tej czynności musimy zachować niezmienną wzajemne położenie klisz względem przestrzennej podstawy, gdyż w przeciwnym razie, utworzony w części pierwszej model zostałby zburzony.

Powstanie modelu stereoskopowego uwarunkowane jest takim położeniem obu obrazów, by one były w położeniu wzajemnie perspektywicznym,

to znaczy takim, które odpowiada chwili naświetlenia płyt światłoczułych. Złe ułożenie klisz w maszynie kreślącej objawia się występującą paralaksą pionową (fig. 91), którą poznaliśmy przy opisie stereokomparatora, gdzie występowała przy opracowaniu stereogramów o różnej wysokości stanowisk fotogrametrycznych, a na równej wysokości założonych do przyrządu.

Na wystąpienie paralaksy pionowej, przy tworzeniu modelu stereoskopowego dla zdjęć lotniczych, wpływać będzie błędne nastawienie:

1. kąta skantowania,
2. różnicy kątów skręcenia kamer,
3. różnicy kątów pochylenia kamer,
4. różnicy wysokości lotu,
5. zboczenia podstawy (samolotu z powodu wiatru).

Występująca paralaksa pozioma, przy opracowaniu zdjęć lotniczych prostopadłych, świadczyć będzie tylko o błędnym nastawieniu wysokości punktu, nie zaś o błędnym zorientowaniu stereogramu w przyrządzie.

Jeżeli przybliżone elementy orientacji są nam znane, nastawiamy je na przyrządzie.

Przy tworzeniu modelu stereoskopowego przyjmujemy położenie lewej kliszy w przyrządzie jako stałe, a występujące błędy, spowodowane nierównomiernym lotem samolotu, odnosimy do kliszy prawej.

Błędy wzajemnego położenia klisz podzielimy na:

1.  $dk$  błąd różnicy skantowania,
2.  $d\varrho$  błąd różnicy skręcenia,
3.  $d\nu$  błąd różnicy pochylenia,
4.  $db_y$  błąd różnicy wysokości,
5.  $db_z$  błąd różnicy zboczenia.

Aby wyprowadzić związki dla obliczenia wpływu poszczególnych błędów na występującą paralaksę pionową, przyjmiemy, że klisze zostały założone tak do przyrządu, iż występująca paralaksa pionowa będzie bardzo małą.

Wyrażając położenie kliszy jako funkcję elementów orientacji zewnętrznej, możemy napisać:

$$p = F(k, b_y, \nu, \varrho, b_z),$$

a przyjmując wartości przybliżone i rozwijając funkcję tę w szereg Taylora, otrzymamy równanie na paralaksę pionową wyrażone błędami nastawienia:

$$dp = f_1 dk + f_2 db_y + f_3 d\nu + f_4 d\varrho + f_5 db_z. \quad 1)$$

Współczynniki tego równania dadzą się obliczyć przy pomocy badania wpływu, jaki mają na równanie I poszczególne błędy zosobna.

Przyjmijmy więc kolejno, że 1) zdjęcia zostały błędnie skantowane (fig. 92), wtedy wpływ błędu skantowania, na występującą paralaksę pionową,



będzie tem większy, im większa będzie współrzędna  $x$ . Możemy zatem napisać :

$$p_k = f_1 dk = x \cdot dk \quad \dots 1).$$

2. Przyjmując, że tylko różnicę wysokości położenia samolotu nastawiono

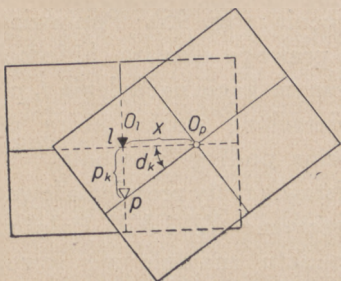


Fig. 92. Błąd skantowania.

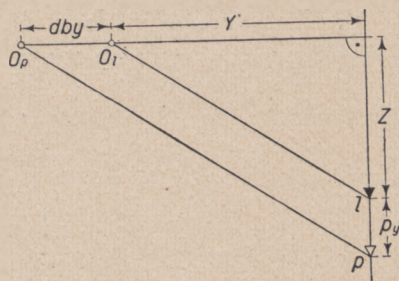


Fig. 93. Błąd różnicy wysokości.

błędnie, czyli, że klisze są równoległe przesunięte względem siebie, wtedy powstała paralaksa (fig. 93) równać się będzie :

$$p_y = f_2 dby = \frac{Z}{Y} dby \quad \dots 2).$$

Fig. 93 przedstawia rzut boczny na płaszczyznę  $XY$ ,  $O_l O_p$  oznaczają środki obiektywów kamery prawej i lewej, trójkącik pełny  $l$  i niewypełniony  $p$  oznaczają położenie znaczka mierzącego lewego i prawego mikroskopu, przy czym znaczek mierzący lewy opiera się na punkcie terenu.

Położenie klisz w przyrządzie jest takie, że w polu widzenia podwójnej lunety widzimy obrazy tego samego terenu.

3. Klisza prawa została błędnie pochylona (fig. 94). Oznaczając kąt nachylenia promienia do punktu terenu (w przyrządzie kąt pionowy) przez  $t$ , otrzymamy dla błędu pochylecia  $dv$  następujące równanie na paralaksę pionową :

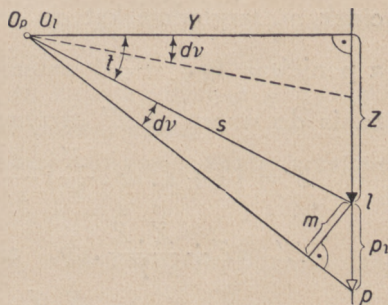


Fig. 94. Błąd różnicy pochylecia.

$$p_v = f_3 dv = \frac{m}{\cos t} = \frac{s \cdot dv}{\cos t} = \frac{s^2 \cdot dv}{Y} = \frac{(Y^2 + Z^2)}{Y} dv,$$

przyczem przyjmujemy, że kąt  $dv$  jest bardzo mały, a więc :

$$m = s \cdot \sin dv = \infty s \cdot dv.$$

Z fig. 94 wynika, że  $\cos t = \frac{Y}{s}$ . Zatem wpływ błędu pochylenia na paralaksę pionową będzie:

$$p_v = \left( Y + \frac{Z^2}{Y} \right) dv \quad \dots 3).$$

4. Kliszy prawej nadano błędny kąt skręcenia (fig. 95). Poprawiając ten błąd, punkt terenu opisze w polu widzenia prawego okularu hiperbole, gdyż przy zachowanym kącie nachylenia  $t$ , promień zakreśli powierzchnię stożka, którą płaszczyzna  $XZ$  przecina podług hiperboli.

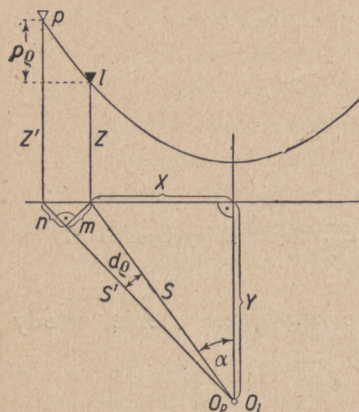


Fig. 95. Błąd różnicy skręcenia.

Fig. 95 przedstawia rzuty promienia lewego i prawego na płaszczyznę  $XZ$  i  $YX$ . Położenie obserwowanego punktu znajduje się w rogu kliszy, gdzie wpływ błędu skręcenia będzie największy. Chcąc błąd ten usunąć, musimy kamerę tak długo skręcać, aby promień prawy zajął właściwe położenie.

Ponieważ:  $p_0 = Z' - Z$ , a  $Z' = s' \cdot \operatorname{tg} t$ , przyczem jak poprzednio:

$$\operatorname{tg} t = \frac{Z}{s},$$

(kąt  $t$  przy skręcaniu kamery nie zmienia się), zatem  $Z' = \frac{Z}{s} s'$ . Z rysunku wynika, że  $s' = \infty s + n = \infty s + m \operatorname{tg} \alpha$ . Odcinek  $m$ , względnie kąt  $d\theta$  jest tak mały, że możemy przyjąć  $m = \infty s \cdot d\theta$ , a ponieważ  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{X}{Y}$ , zatem  $s' = s + s \cdot d\theta \cdot \frac{X}{Y}$ . Po wstawieniu tego równania do wzoru na  $Z'$  otrzymamy:

$$Z' = \left( s + s \cdot d\theta \cdot \frac{X}{Y} \right) \frac{Z}{s}, \text{ czyli}$$

$$Z' = Z + \frac{X \cdot Z}{Y} \cdot d\theta, \text{ a zatem}$$

$$p_0 = f_s d\theta = Z' - Z = \frac{X \cdot Z}{Y} \cdot d\theta \quad \dots 4).$$

5. Kliszom nadano błędne zboczenie  $bz$ . Występującą paralaksę pionową usuwamy, zmieniając rzut podstawy  $bz$  na przyrządzie przy pomocy odpowiedniej śruby. Odcinek, o który należy przesunąć śrubę, równać się będzie paralaksie pionowej, którą równocześnie usuwamy, zatem:

$$p_z = dbz \quad \dots 5).$$

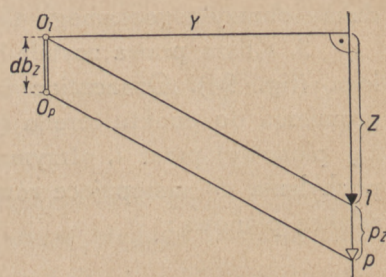


Fig. 96. Błąd różnicy zboczenia.

Jeżeli wszystkie błędy naraz wystąpią, wtedy paralaksa pionowa równać się będzie sumie wszystkich wyprowadzonych paralaks, zatem:

$$dp = x \cdot dk + \frac{Z}{Y} \cdot dby + \left( Y + \frac{Z^2}{Y} \right) dv + \frac{Z \cdot X}{Y} d\varrho + dbz. \quad \dots II)$$

Zbadajmy teraz, w którym miejscu na polu klisz poszczególne błędy będą miały największy wpływ na wystąpienie paralaksy pionowej, względnie gdzie one zupełnie nie dadzą się wykryć. Jeżeli to ustalimy, wtedy dowiemy się, jak należy badać model stereoskopowy i w jakiej kolejności usuwać występujące błędy.

W tym celu nastawmy znaczek mierzący na punkt, którego współrzędne przestrzenne są  $X, Y, Z = O$ .

Ukazującą się paralaksę usuńmy, kantując klisze.

Po wstawieniu współrzędnych punktu do równania II otrzymamy:

$$p_k = X dk + Y dv + dbz,$$

a po usunięciu paralaksy pionowej:

$$0 = X dk + Y dv + dbz \quad \text{lub} \quad dk = \frac{-Yd - dbz}{X},$$

zatem kantując kliszę równoważymy jeszcze inne błędy, ale ich nie usuwamy.

Przyjmijmy w dalszym ciągu współrzędne punktu równe  $X = O, Z = O$ . Dla zdjęć prostopadłych obraz tego punktu leżeć będzie w punkcie głównym lewej kliszy.

Po wstawieniu tych współrzędnych do równania II otrzymamy:

$$dp_s = Y dv + dbz \quad \dots 1 a)$$

Widzimy zatem, że w punkcie głównym, a więc w środku kliszy, wpływ na wystąpienie paralaksy pionowej zależy od błędu zboczenia podstawy i częściowo od błędu pochylenia. Paralaksę pionową możemy usunąć w dwojaki sposób, albo przez zmianę  $bz$ , albo pochylenie prawej kamery.

Po usunięciu paralaksy w punkcie głównym, równanie nasze przyjmie formę:

$$0 = Y dv + dbz, \quad \text{zatem} \quad dbz = -Y dv. \quad \dots 1 b)$$

Równanie to wskazuje, że zboczenie  $bz$  zrównoważono pochyleniem kliszy.

Nastawmy następnie znaczek mierzący na punkt, leżący na linii pionowej przechodzącej przez punkt główny, i położony blisko skraju kliszy, zatem o współrzędnych  $X = O, Z = Z_g$ , to z równania II otrzymamy:

$$dp_g = dby \frac{Z_g}{Y} + \left( Y + \frac{Z_g^2}{Y} \right) dv + dbz, \quad \dots 2 a)$$

a po wstawieniu równania 1 b, otrzymanego z pierwszego usunięcia paralaksy, otrzymamy:

$$dp_g = dby \frac{Z_g}{Y} + \frac{Z_g^2}{Y} dv. \quad \dots 2 b)$$

Usuwać występującą paralaksę pionową przez zmianę  $dby$  (śrubą  $by$ ), prawą stronę równania przyrównujemy do zera, zatem:

$$0 = dby \frac{Z_g}{Y} + \frac{Z_g^2}{Y} dv, \quad \text{czyli} \quad dby = -Z_g dv. \quad \dots 4a)$$

Przejdźmy następnie na punkt leżący na tej samej pionowej, lecz leżący w tej samej odległości wpobliżu dolnego skraju kliszy, a więc  $X=O$ ,  $Z_d = -Z_g$ , to po wstawieniu tych wartości do równania II otrzymamy:

$$dp_d = -dby \frac{Z_d}{Y} + \left( Y + \frac{Z_d^2}{Y} \right) dv + dbz. \quad \dots 5a)$$

Wstawiając do tego równania, równania 1 b i 4 a, otrzymamy:

$$dp_d = \frac{Z_d dv Z_d}{Y} + \left( Y + \frac{Z_d^2}{Y} \right) dv - Y dv, \quad \text{albo}$$

$$dp_d = \frac{2 Z_d^2}{Y} dv. \quad \dots 6a)$$

Paralaksę tą usuwamy pochylając prawą kamerę.

Równanie 6 a wskazuje, że błąd  $dv$  jest proporcjonalny do paralaksy pionowej. Aby zatem usunąć go całkowicie, musimy obliczyć, o jaki kąt należy pochylić kamerę.

Nie popełniając wielkiej niedokładności możemy przyjąć  $\omega \cdot Y = \sim dp_d$ . Z fig. 97 widzimy, że:

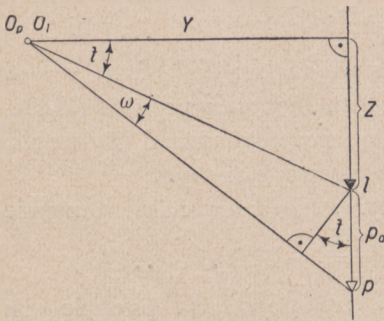


Fig. 97

$$dp_d = \omega \frac{Y}{\cos^2 t},$$

a ponieważ  $\cos t$  będzie mało różne od jedności, zatem nasze założenie niedużo odbiega od prawdziwej wartości. Podstawiając tę wartość w równanie 6 a, otrzymamy:

$$\frac{\omega \cdot Y}{\cos^2 t} = 2 \frac{Z_d^2}{Y} dv, \quad \text{zatem}$$

$$dv = \frac{\omega}{2} \left( \frac{Y}{Z_d} \right)^2 \frac{1}{\cos^2 t} \quad \dots 7a).$$

Celem wyrugowania całkowicie błędu  $dv$ , mierzymy na przyrządzie kąt, jaki odpowiada paralaksie pionowej dla dolnego punktu, a wstawiając jego wielkość, oraz współrzędne  $Y$  i  $Z_d$  do równania 7 a, obliczamy kąt pochylenia prawej kamery.

Jeżeli teraz powrócimy do środka kliszy, to przekonamy się, że wystąpi na nim paralaksa pionowa, która jednak zależy tylko od błędu  $dbz$  (por. równanie 1 a), gdyż błąd  $dv$  został całkowicie usunięty. Zmieniając zatem  $dbz$ , usuwamy paralaksę pionową. Dokładne wyrugowanie błędu  $dbz$  jest naj-

ważniejszą czynnością przy tworzeniu modelu stereoskopowego. Po usunięciu paralaksy pionowej przy pomocy śruby  $bz$ , przechodzimy jeszcze raz cały dotychczas opisany tok postępowania i eliminujemy kolejno dalsze błędy. Jeżeli się okaże, że błędy  $dv$  i  $dbz$  nie zostały poprzednio zupełnie usunięte, to świadczyć to będzie o wadliwie przeprowadzonym pomiarze kąta, odpowiadającego paralaksie lub błędnemu rachunkowi.

Następnie przechodzimy do rogów kliszy, a występująca tam paralaksa pionowa wskazuje na błąd  $d\varrho$  skręcenia kamer. Usuwamy go, skręcając kamerę prawą.

$$dp_r = \frac{X \cdot Z}{Y} d\varrho. \quad \dots 8a)$$

Po usunięciu wszystkich błędów powinniśmy w każdym punkcie zaobserwować tylko paralaksę poziomą, która posłuży nam przy wyznaczaniu współrzędnych przestrzennych, podobnie jak to miało miejsce przy przyrządach, służących do opracowania zdjęć stereofotogrametrycznych naziemnych.

Jeżeli przy zastosowaniu opisanego toku postępowania dla zdjęć prostopadłych nie napotykamy zasadniczo na większe trudności i w przeciągu krótkiego czasu (niecałej godziny) potrafimy utworzyć model stereoskopowy, to przy zdjęciach pochylonych musimy poświęcić czasem parę godzin, nim dojdziemy do pozytywnych rezultatów.

Podkreślić jeszcze raz należy, że powyższe wzory uwarunkowane są stałą współrzędną  $Y$ , którą utrzymujemy nie usuwając paralaksy poziomej. Przy zdjęciach prostopadłych należy o tym warunku pamiętać i paralaksę usuwać, zmieniając rzut podstawy  $bx$ , oraz w tym samym stosunku rzuty  $by$  i  $bz$ . Jeżeli paralaksa pozioma nie jest duża, nie należy jej usuwać, lecz ruchem śruby  $X$  badać, czy znaczki mierzące przechodzą przez ten sam punkt terenu na obu kliszach.

Utworzonemu modelowi stereoskopowemu musimy nadać podziałkę planu i spoziomować go w takie położenie, by wysokości punktów dostosowania zgadzały się z pomiarami w polu. Musimy zatem: a) nastawić rzuty podstawy w podziałce planu i b) kamery pochylić około osi  $XX$  i skręcić około osi  $ZZ$ , gdyż tylko około tych osi możemy kamery obracać.

II. *Ustalenie podziałki modelu i nadanie mu tej podziałki, w której ma być opracowany plan.* W tym celu z danych współrzędnych i wysokości dwu punktów obliczamy długość boku przy pomocy wzoru:

$$S_0 = \sqrt{X^2 + Y^2},$$

a następnie obliczamy jego długość przestrzenną wzorem przybliżonym:

$$S = S_0 + \frac{\Delta h^2}{2 \cdot S_0},$$

długość tę zamieniamy w podziałce planu na  $s = \frac{S}{c}$ , przyczem podziałka

planu wynosi 1 : c. Następnie nastawiamy plastyczny znaczek mierzący na te same punkty modelu stereoskopowego i wyznaczamy ich położenie na desce rysunkowej, zaś wysokości odczytujemy na bębenu licznika, względnie odczytujemy na przyrządzie ich współrzędne przestrzenne. Z sytuacji i wysokości lub ze współrzędnych, obliczamy jak poprzednio długość przestrzenną boku, a więc:

$$s' = s'_0 + \frac{\Delta h'^2}{2 \cdot s'_0}$$

Tworząc stosunek  $\frac{s}{s'} = r$ , otrzymujemy współczynnik  $r$ , przez który mnożymy długości rzutów podstawy, odczytane na przyrządzie ( $bx$ ,  $by$ ,  $bz$ ), a tak obliczone nowe rzuty podstawy nastawiamy na mostku podstawy. I teraz przy badaniu modelu stereoskopowego nie powinna wystąpić paralaksa pionowa.

III. *Poziomowanie modelu.* Do przeprowadzenia tego zadania musimy znać współrzędne prostokątne trzech punktów. Dla zrozumienia toku postępowania przy poziomowaniu modelu, przedstawmy sobie dwa trójkąty przystające, z których jeden niech łączy trzy punkty dostosowania, a drugi odpowiadające im punkty modelu. Następnie trójkąt pierwszy przesuńmy tak, by jeden jego punkt pokrył się z odpowiadającym punktem modelu, zaś linie

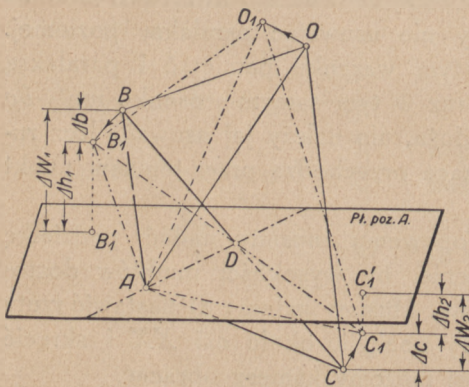


Fig. 98. Poziomowanie modelu.

poziome przechodzące przez ten punkt na obu trójkątach padły na siebie. Zauważymy wtedy, że obracając trójkąt modelu około linii poziomej  $AD$  (fig. 98), w pewnym położeniu zejdzie się z trójkątem punktów dostosowania. Kąt, który musimy pochylić trójkąt modelu, zawarty będzie między prostymi wykreślonymi z punktu  $B$  i  $B_1$  lub punktu  $C$  i  $C_1$  do linii poziomej (osi obrotu). Kąt ten wyznaczamy zazwyczaj graficznie. W przyrządach, jak już wspomniano, nie mamy możliwości pochylenia modelu około dowolnej osi, to też pochylenie to rozkładamy na dwa składowe kąty: 1) pochylenia kamer około osi  $XX$  i 2) skręcenia kamer około osi  $ZZ$ . Kąty te wyznaczamy, kładąc przez punkt  $B$  lub  $C$  dwie płaszczyzny pionowe, jedną prostopadłą do osi  $XX$ , a drugą do osi  $YY$ . Płaszczyzny te przetną oba trójkąty wzdłuż krawędzi, między którymi zawarty będzie kąt pochylenia  $d\nu$  i skręcenia  $d\varphi$ .

Zmieniając położenie modelu, musimy równocześnie zmienić położenie

podstawy, a tem samem i rzutów podstawy na osie przyrządu, gdyż gdybyśmy tego nie uczynili, zburzylibyśmy model stereoskopowy.

Dla wyznaczenia kątów  $d\nu$  i  $d\varrho$  nastawiamy w przyrządzie przestrzenne znaczek mierzący na punkty dostosowania i zaznaczamy sytuację tychże punktów, oraz zapisujemy ich wysokości (w *mm*). Następnie tworzymy z nich różnicę wysokości względem jednego punktu. Względem tego samego punktu tworzymy także różnicę wysokości z pomiarów w terenie. Różnicę tę wyrażamy w podziałce planu. Następnie porównujemy odpowiadające sobie różnice wysokości modelu stereoskopowego i różnice wysokości terenu, otrzymując przewyższenia błędnie położonego modelu stereoskopowego (fig. 98 i 99). Przewyższenia te odcinamy na prostopadłych w *B* i *C* do boku przeciwnego punktowi *A*, przez który przechodzi przyjęty poziom porównawczy. Odcięte punkty łączymy linią prostą i szukamy przecięcia się jej *D* z bokiem  $\overline{BC}$ . Punkt *D* połączony z punktem *A* daje prostą poziomą na modelu i terenie, a zarazem oś, około której należy model pochylić. Kąt, o który należy model pochylić, otrzymamy, kreśląc z punktu *B* lub *C* prostopadłą do osi obrotu, a następnie z punktu *B* do niej prostopadłą, na której odmierzymy  $\Delta b$ . Odcięty punkt łączymy z punktem przecięcia się prostopadłej z punktu *B* do osi obrotu, a kąt, jaki zawarty jest między tą prostopadłą a ostatnio wykreśloną prostą, jest kątem *V*, o który należy model pochylić około osi *AD*.

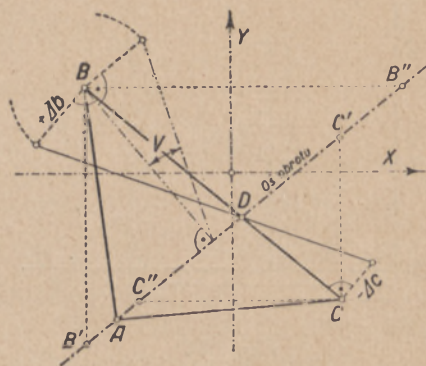


Fig. 99. Wyznaczenie kąta pochylenia i kąta skręcenia.

Dla otrzymania kąta pochylenia modelu około osi *XX*, kreślimy z punktu *B* lub *C* równoległą do osi *YY* aż do przecięcia się *B'* (*C'*) z prostą poziomą *AD*. Tworząc stosunek  $tg d\nu = \sim \frac{\Delta b}{BB'} = \frac{\Delta c}{CC'}$ , obliczamy kąt pochylenia.

Podobnie otrzymamy kąt skręcenia modelu około osi *ZZ*, kreśląc z punktu *B* lub *C* równoległą do osi *XX*, aż do przecięcia się *B''* (*C''*) z prostą *AD*, oraz tworząc stosunek  $tg d\varrho = \sim \frac{\Delta b}{BB''} \sim \frac{\Delta c}{CC''}$ . O tak obliczone kąty  $d\nu$  i  $d\varrho$  należy model skręcić i pochylić.

Kąty pochylenia i skręcenia nadajemy w stereoplanigrafie i aerokartografii każdej kamerze z osobna, przy autografii obu kamerom równocześnie. Pochylając model około osi *XX* o kąt  $d\nu$ , musimy również zmienić rzuty

podstawy na osie  $YY$  i  $ZZ$ . Z fig. 100 otrzymamy wzory, wynikające z transformacji układów:

$$\begin{aligned} bz &= b_0z \cos d\nu + b_0y \sin d\nu, \\ by &= b_0y \cos d\nu - b_0z \sin d\nu. \end{aligned}$$

Jeżeli kąt  $d\nu$  jest bardzo mały, możemy przyjąć  $\cos d\nu$  równy jedności. Oznaczając  $bz - b_0z = dbz$ , otrzymamy wzory przybliżone:

$$dbz = b_0y \frac{d\nu'}{\varrho'}, \quad \text{analogicznie} \quad dby = -b_0z \frac{d\nu'}{\varrho'}.$$

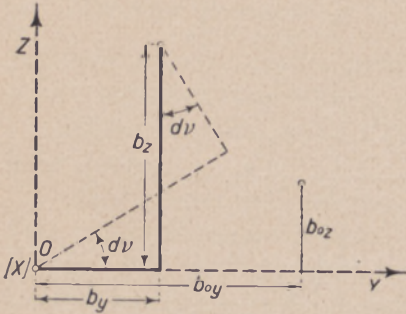


Fig. 100.

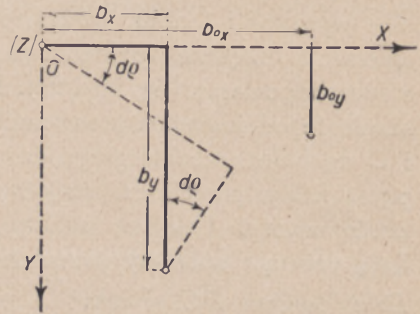


Fig. 101.

Składając model około osi  $ZZ$ , zmieniamy również rzuty podstawy na osie  $XX$  i  $YY$  fig. 101. Wzory wyprowadzamy zupełnie podobnie jak poprzednio, zatem:

$$\begin{aligned} bx &= b_0x \cos d\varrho - b_0y \sin d\varrho, \\ by &= b_0x \sin d\varrho + b_0y \cos d\varrho, \end{aligned}$$

względnie wzory przybliżone:

$$dbx = -b_0y \frac{d\varrho'}{\varrho'}, \quad \text{oraz}$$

$$dby = b_0x \frac{d\varrho'}{\varrho'}.$$

Jeżeli model stereoskopowy powstał ze zdjęć, których elementy orientacji zewnętrznej bardzo odbiegają od znanych wartości przybliżonych, wtedy nie wystarcza graficzne wyznaczenie kąta pochylenia i skręcenia, gdyż przy pochylaniu modelu musimy również klisze kantować i poprawiać kąty pochylenia i skręcenia. W przypadku tym możemy również wyprowadzić związki, których jednak nie będziemy podawać, gdyż zwykle w tym przypadku przez kilkakrotne powtórzenie opisanego powyżej toku postępowania dochodzimy do dobrych wyników.

Przy tworzeniu modelu stereoskopowego dla zdjęć pochyłonych natrafiamy na większe trudności, spowodowane paralaksą poziomą, której, jak to już poprzednio podaliśmy, nie powinniśmy usuwać. Poza tem na występującą



paralaksę pionową może mieć wpływ kulistość ziemi i refrakcja, jeżeli odległości punktu od położenia obiektywów są znacznie różne.

Po dostosowaniu modelu do punktów dostosowania, przystępujemy do opracowania mapy. Nadliczbowe punkty o znanej sytuacji i wysokości służą

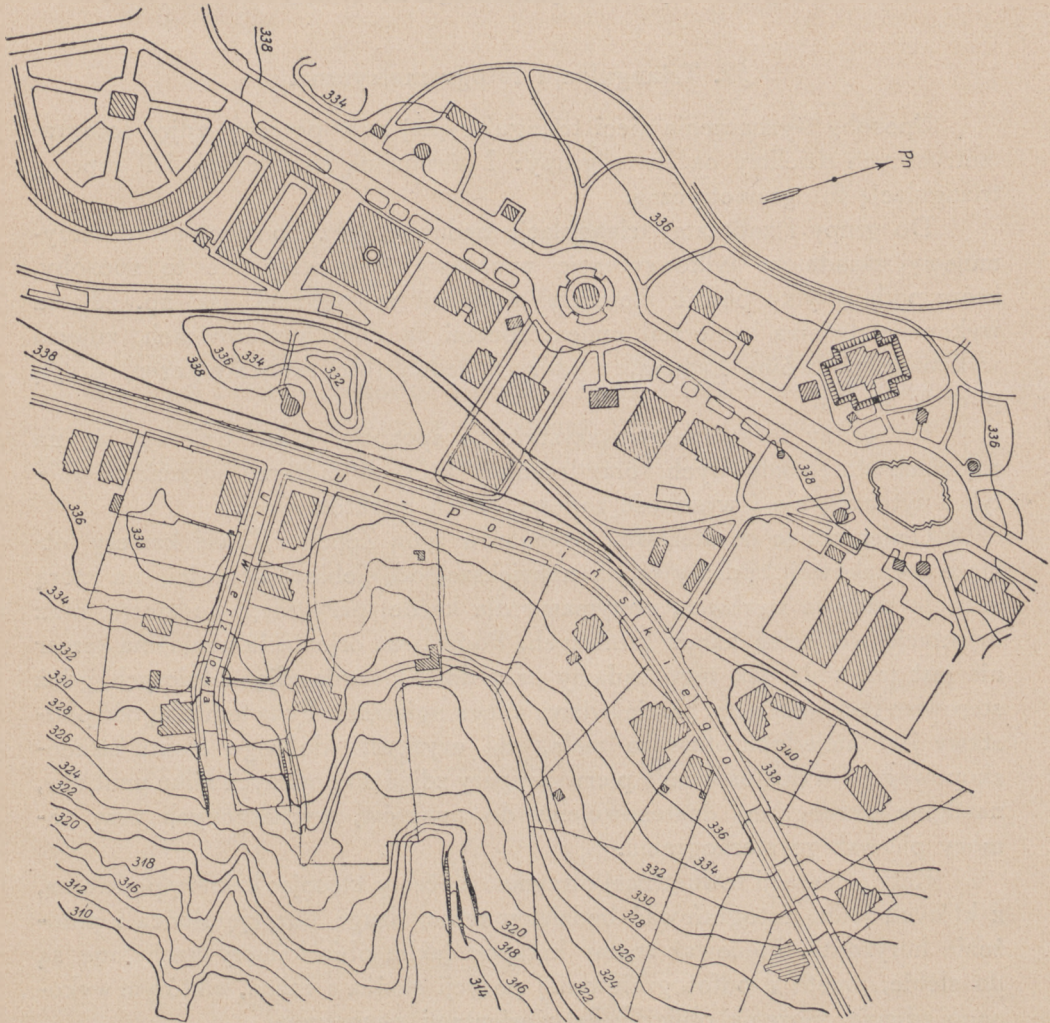


Fig. 102. Foto-mapa okolicy ulicy Ponińskiego we Lwowie opracowana przez autora przy pomocy aerokartografu. Podziałka ca 1: 4000 (patrz zdjęcie lotnicze fig. 39).

nam za punkty kontrolne. Sytuację terenu opracowujemy metodą punktową, zaś warstwice metodą ciągłą. Do wykreślenia warstwicy nastawiamy przyrząd tak, by odczyt na bębenu odpowiadał warstwicy, którą mamy wykreślić, następnie sprzęgamy ruch tarczy kołowrotu tak, byśmy nie mogli nią

wykonywać obrotów. Punkty warstwicy wyszukujemy ruchem śruby  $X$  i  $Y$ . Jak wiadomo z opisu przyrządów, przy opracowaniu zdjęć naziemnych ruch, wykonany tarczą kołowrotu, przenosi się na mostek podstawy w kierunku osi  $ZZ$ , zaś przy opracowaniu zdjęć lotniczych w kierunku osi  $YY$ , a w kierunku osi  $ZZ$  przy pomocy kółka pokrętnego  $Y$ .

## 52. Triangulacja fotogrametryczna.

Sposoby wyznaczenia sieci triangulacyjnej przy pomocy zdjęć fotogrametrycznych dzielimy na dwie grupy: I niepełną triangulację i II zupełną triangulację fotogrametryczną.

Do grupy I zaliczamy triangulację nadirową (przy pomocy której otrzymujemy zasadniczo tylko sytuację punktów), oraz wszystkie te sposoby, które podają tylko pewne elementy orientacji zewnętrznej, jak np. zdjęcia wykonane dwiema kamerami umieszczonymi na dużych sterowcach, zdjęcia wykonane podwójną kamerą, z których jedną fotografujemy teren, drugą pozycję słońca.

Do grupy II zaliczamy wszystkie te sposoby, które opierają się na zdjęciach stereoskopowych, przy pomocy których możemy wyznaczyć nie tylko sytuację, ale i wysokość zagęszczonych punktów sieci.

Umieszczając na sterowcu (wymiarów typu Zepelina) dwie kamery lotnicze jednakowej budowy w jak największej od siebie odległości, na którą zezwala budowa sterowca, otrzymamy dla każdej pary zdjęć podstawę, oraz orientację wzajemną kamer lotniczych. Podstawa i orientacja wzajemna kamer nie jest tak stałą, jak tego żądamy przy dostosowaniu zdjęć lotniczych, gdyż sterowiec pod wpływem parcia wiatru ulega ugięciom. Poza tem długość podstawy jest niejednokrotnie za mała, dla uzyskania dobrego efektu stereoskopowego. Po dostosowaniu pierwszej pary zdjęć do podanych kilku punktów, następne stereogramy dostosowujemy do punktów, wyznaczonych przy pomocy pierwszego stereogramu.

Kąty orientacji zewnętrznej otrzymać możemy, stosując kamerę podwójną, z których jedną fotografować będziemy teren, drugą pozycję słońca i położenie horyzontu. Ponieważ znamy kąt, pod jakim obie kamery nachylone są do siebie, przeto z odfotografowanej pozycji słońca i czasu, w którym wykonano zdjęcie, możemy obliczyć kąty orientacji zewnętrznej.

## 53. Triangulacja nadirowa.

Triangulacja opiera się na opisanej (str. 71) graficznej metodzie sporządzania planów.

Przyjmując, że teren jest płaski, a zdjęcia lotnicze prostopadłe wykazują nieznaczne pochylenie osi optycznych (patrz str. 76), możemy z punk-

tów głównych każdej kliszy, uważając je za punkty nadirowe, mierzyć kąty poziome.

Triangulację nadirową możemy wykonać dla jednego szeregu lub też dla zespołu. W pierwszym wypadku pokrycie w szeregu musi wynosić naj-

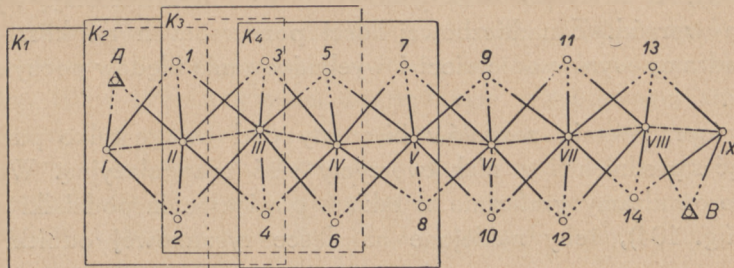


Fig. 103. Triangulacja nadirowa w szeregu.

mniej 60%, w drugim poza 60%-wem pokryciem w szeregu powinny poszczególne szeregi zespołu zachodzić na siebie także z 60%-wem pokryciem.

Dla oddzielnych szeregów zakładamy przy pomocy zdjęć lotniczych ciągi poligonowe, usztywnione trójkątami. Ciągi te łączą ze sobą punkty

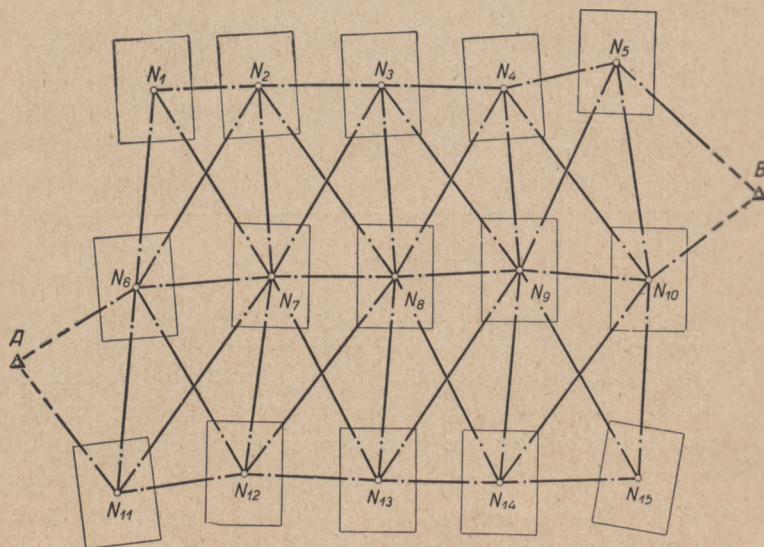


Fig. 104. Triangulacja nadirowa w zespole.

główne (nadirowe) klisz I, II, III... (fig. 103), zaś trójkąty powstają przez połączenie szeregu punktów na kliszach 1, 2, 3..., które możemy odszukać na trzech po sobie następujących zdjęciach lotniczych. W tak utworzonej sieci mierzymy z punktów nadirowych na kliszach wszystkie kąty sieci.

Dla obliczenia boków sieci przyjmujemy bok I II z kliszy  $K_1$ , inne boki obliczamy przy pomocy kątów pomierzonych na kliszach, względnie na kalkach kierunków.

Podziałkę sieci ustalamy na podstawie odległości dwu punktów  $A$  i  $B$ , które znamy, a które po zidentyfikowaniu na kliszach zostają wyznaczone wcinaniem wprzód. Z nadliczbowej ilości pomierzonych na kliszach kątów przeprowadzamy wyrównanie sieci i wyeliminowanie błędów pochylenia zdjęć lotniczych.

Przy opracowaniu zespołów bierzemy pod uwagę tylko punkty nadirowe zdjęć sąsiednich i z nich tworzymy sieć triangulacyjną. Wykreślenie sieci przeprowadzamy graficznie w takim powiększeniu podziałki zdjęć lotniczych (fig. 104), żeby naklejone na desce rysunkowej odbitki fotogra-

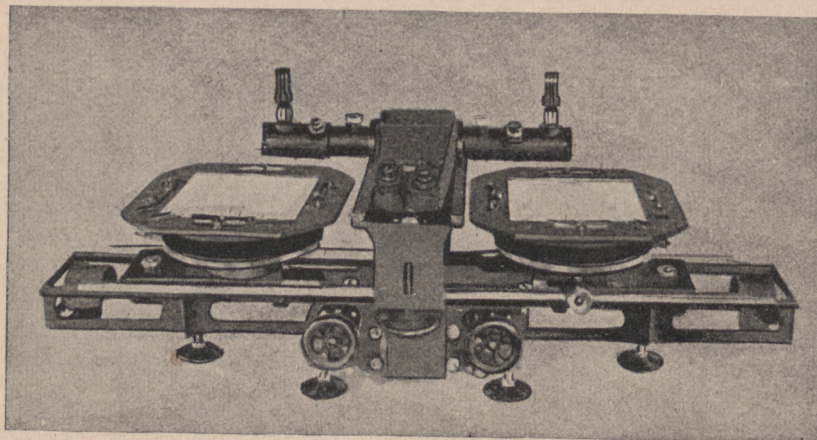


Fig. 105. Triangulator promieniowy firmy Photogrammetrie.

ficzne nie zachodziły na siebie. W tym celu przenosimy na odbitki z klisz punkty nadirowe wszystkich sąsiednich zdjęć lotniczych. Następnie odbitkę pierwszą naklejamy w dowolnym położeniu na papier rysunkowy, poczem drugą dostosowujemy do pierwszej tak, by kierunki między punktami nadirowymi padły na siebie. Odbitkę 6-tą leżącą w szeregu 2-gim dostosowujemy do pierwszej i drugiej, posługując się kierunkami podanymi przez proste łączące punkty nadirowe odbitki 1-szej i 6-tej, oraz 2-giej i 6-tej. Przy dostosowaniu następnych odbitek otrzymujemy coraz więcej kierunków kontrolnych, które pozwolą na graficzne wyrównanie usytuowania odbitki. Podziałkę powstałej sieci triangulacyjnej ustalamy przy pomocy punktów, których sytuację znamy, porównując odległość pomierzoną w terenie z odległością na planie.

Podobnie jak w szeregu możemy i tutaj przeprowadzić wyrównanie

sieci, względnie możemy poprawić pomiar kątów dla klisz pochyłonych, przesuając punkt nadirowy do ogniska, leżącego na kierunku zdjęcia w odległości  $f \cdot \operatorname{tg} \nu/2$  od punktu głównego.

Wyniki triangulacji nadirowej będą tem lepsze, im dokładniej potrafimy przenieść położenie punktu nadirowego na klisze sąsiednie. Do zwiększenia dokładności przenoszenia punktów nadirowych oraz pomiaru kątów na kliszach skonstruowano przyrządy nazwane triangulatorami promieniowymi. Przyrządy te (fig. 105 i 106) wyglądem zewnętrznym przypominają stereokomparator, składają się z podstawy, na której w dwu równoległych szynach ślizgają się ramki na klisze. Konstrukcja ramek zezwala na skręcanie kliszy około osi, przechodzącej przez punkt główny, i mierzenie tego kąta skręcenia, który odpowiada kątowi poziomemu. Ponad ramkami umieszczony jest podwójny mikroskop ze znaczkami do celowania.

Aby przenieść punkt główny z jednej kliszy na drugą, podsuwamy np. kliszę lewą pod oś celową lewego mikroskopu, poczem kliszę prawą przesuwamy i skręcamy tak długo, aż plastycznie widziany znaczek oprze się na plastycznym modelu terenu. Następnie w podobny sposób postępujemy przy nastawieniu celowej prawego mikroskopu na punkt główny prawej kliszy.

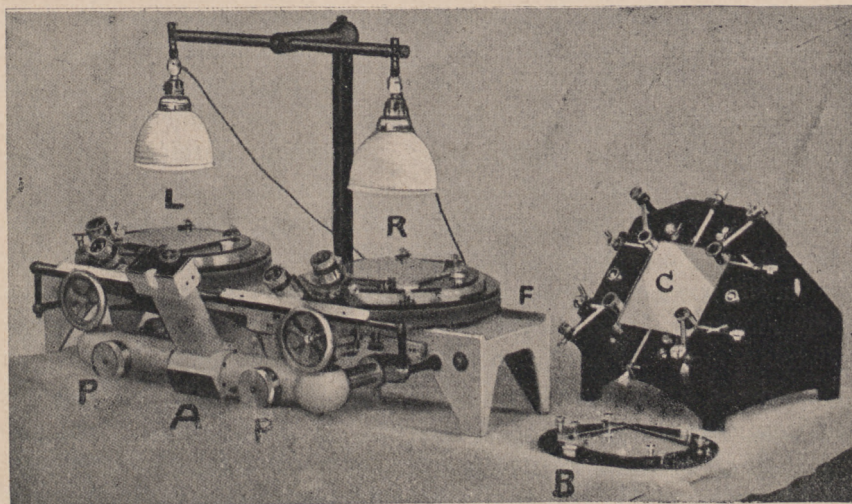


Fig. 106. Triangulator promieniowy firmy Zeiss.

Przez to wzajemne skantowanie klisz możemy z kątów odczytanych na podziale ramek klisz obliczyć kąt, pod jakim dwa zdjęcia są względem siebie skantowane. Po skantowaniu klisz przystępujemy do mierzenia kątów między kierunkami do punktów nadirowych klisz sąsiednich i punktów które stanowią sieć triangulacyjną. W tym celu przesuujemy i skręcamy obie

klisze, starając się ułożyć je w takim położeniu, by plastyczny znaczek oparł się na modelu terenu w tym punkcie, który mamy włączyć do sieci. Różnica odczytów dla położenia skantowanej kliszy, a nastawionej na punkt sieci, równa się kątowi poziomemu, jaki utworzony jest między kierunkiem do punktu nadirowego kliszy drugiej, a kierunkiem do nastawionego punktu. (np. I II i I 1, oraz II I i II 1 fig. 103).

Do zaznaczenia na kliszach przeniesionych punktów nadirowych klisz sąsiednich służy specjalne urządzenie, które nakładamy na okular mikroskopu, poczem punkt odkłuwamy.

#### 54. Zupełna triangulacja fotogrametryczna.

Zupełne wykorzystanie zdjęć stereoskopowych do triangulacji fotogrametrycznej, możemy przeprowadzić w dwojaki sposób 1) używając zdjęć naziemnych i 2) zdjęć lotniczych.

1. Opierając się na kilku punktach stałych, do których nawiązujemy zdjęcia naziemne, wyznaczamy położenie szeregu punktów, które posłużą nam jako punkty nawiązania dla dalszych zdjęć fotogrametrycznych. Jeżeli nie posiadamy żadnych punktów nawiązania, wtedy wystarczy pomierzyć bardzo dokładnie podstawę, by wyznaczyć położenie punktów dla dalszych zdjęć. Tego rodzaju zagęszczenie sieci będzie miało zastosowanie w terenie górzystym i pagórkowatym, przy opracowaniu map krajów niezbadanych. Orientację sieci otrzymamy z pomiaru południka na jednym ze stanowisk fotogrametrycznych, zaś wysokość przez nawiązanie niwelacji do poziomu morza.

Zagęszczenie sieci przy pomocy zdjęć naziemnych możemy również przeprowadzić w ten sposób, że z pojedynczych zdjęć bardzo dokładnie zorjentowanych względem kilku punktów nawiązania, wyznaczamy na teodolicie do wymierzenia klisz kierunki do punktów, którymi mamy się zagięścić. Kierunki te wzięte z kilku klisz posłużą do wyznaczenia położenia punktu (wcinanie wprzód z wyrównaniem). Dla planów o małej podziałce wystarczy graficzne wyznaczenie punktu.

2. Do zagęszczenia sieci mogą być użyte również zdjęcia lotnicze pochylone lub prostopadłe. Wykonując zdjęcia pochylone, obejmujemy niemi duży obszar terenu, na którym wystarcza znać położenie trzech punktów, aby móc, po dostosowaniu stereogramu w przyrządzie, wyznaczyć położenie szeregu punktów, do których dostosujemy zdjęcia prostopadłe, obejmujące tylko pewną część terenu zdjęć pochylonych.

Dotychczas opisane sposoby zagęszczenia sieci mają tą zasadniczą wadę, że punkty leżące na dalszym planie wyznaczone zostaną z mniejszą dokładnością, niż te, które leżą na bliższym planie. Jeżeli będą one służyć do opracowania map w małej podziałce, błędy te nie będą szkodliwe.

Szereg zdjęć prostopadłych, które mamy użyć do triangulacji, winien być wykonany z możliwie jak największym pokryciem. Trzy są sposoby wykonania zdjęć szeregowych o dużym pokryciu: jeden przy zastosowaniu zwykłej kamery lotniczej, którą wykonujemy zdjęcia prostopadłe o pokryciu 60% do 80%, drugi przy użyciu podwójnej kamery i trzeci używając kamery lotniczej, którą wykonujemy naprzemian zdjęcia prostopadłe i pochylone.

Kamerą podwójną możemy uzyskać 100% pokrycie, jeżeli kąt, pod którym te kamery będą nachylone do siebie, wyniesie  $30^\circ$  i gdy zawiesimy je na samolocie tak, by oś symetrii obu kamer była w czasie lotu pionową, wtedy możemy wykonać zdjęcia w takich odstępach czasu, by teren, zdjęty na kliszy prawej, został przy następnym równoczesnym naświetleniu obu kamer odfotografowany na kliszy lewej (fig. 107). Migawki kamery podwójnej połączone są ze sobą w ten sposób, że jedno pociśnięcie sprężyny automatycznie otwiera równocześnie obie migawki.

Aby otrzymać 100% pokrycie, należy dobrać tak odstęp czasu wyświetlenia następujących po sobie zdjęć, by odpowiadał on podstawie  $b = 2 \operatorname{tg} 15^\circ W$ . Tak wykonane zdjęcia lotnicze po-

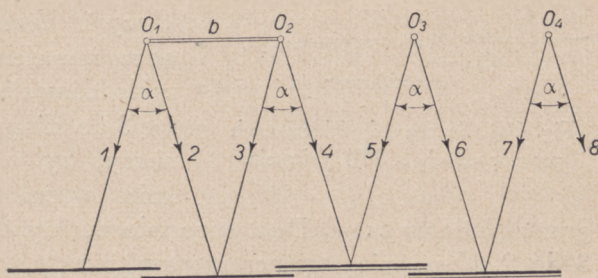


Fig. 107. Szereg zdjęć wykonanych podwójną kamerą.

zwolą nam na opracowanie całego szeregu, przy dostosowaniu pierwszego stereogramu do trzech punktów dostosowania. Mając bowiem dostosowane zdjęcie 2 i 3 (fig. 107) do punktów terenu, oraz dla tego położenia pomierzone na przyrządzie kąty orientacji zewnętrznej, możemy, ze znanego kąta pochylenia kamer względem siebie, przeliczyć elementy orientacji zewnętrznej dla kliszy 4. Nastawiając w przyrządzie kliszę 4 na obliczone elementy orientacji zewnętrznej, możemy do niej dostosować kliszę 5, tworząc model stereoskopowy. Czy położenie to jest dobre, sprawdzamy nastawiając przyrząd na punkt, leżący na skraju stereogramu, objęty poprzednim stereogramem. Postępując w ten sposób dalej, tworzymy model stereoskopowy dla zdjęć 6 i 7 i dalszych, opracowujemy cały szereg, wyznaczając na każdym stereogramie punkty, które stanowić będą sieć triangulacyjną.

Trudność w wykonaniu i opracowaniu takich zdjęć lotniczych polega na obsłudze podwójnej kamery oraz na obliczaniu i nastawianiu elementów orientacji zewnętrznej.

Mając podane współrzędne kilku punktów, objętych opracowanym szeregiem, możemy wyrównać utworzoną sieć, tworząc sieci trójkątów lub ciągi

poligonowe. Wyrównanie to odnosić się będzie tak do sytuacji punktów, jak i do ich wysokości.

Zdjęć lotniczych, wykonanych jedną kamerą o naprzemian prostopadłej i pochylonej osi optycznej, nie możemy użyć dla celów triangulacji, gdyż nie możemy wyznaczyć kąta, jaki tworzyły zdjęcia prostopadłe z pochylonemi.

Szereg zdjęć prostopadłych o pokryciu 70—80% opracowujemy w następujący sposób: Zdjęcia lotnicze 1 i 2 dostosowujemy do trzech punktów,

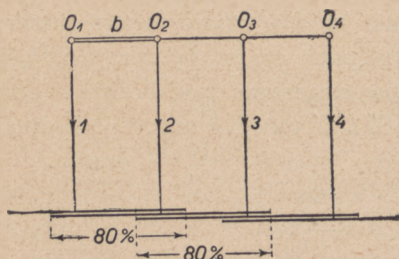


Fig. 108. Szereg zdjęć lotniczych prostopadłych o 80% pokryciu.

których sytuację i wysokość znamy, następnie na przyrządzie odczytujemy elementy orientacji zewnętrznej i wyznaczamy współrzędne przestrzenne trzech punktów, które na kliszy 2 i 3 są odfotografowane. Następnie zakładamy do przyrządu w miejsce lewej kliszy 1, kliszę prawą 2, nastawiając ją na odczytane elementy, a w miejsce prawej kliszy zakładamy kliszę 3, poczem zestrzajemy kliszę 3 do kliszy 2. Rzuty podstawy tak zmieniamy, by wysokość jednego z punktów, które wyznaczaliśmy z pierwszego stereogramu, była ta sama. Dwa pozostałe punkty dają kontrolę zestrojenia kliszy 3 do 2. Następnie wyznaczamy trzy punkty, które są odfotografowane na kliszach 3 i 4. Postępując w dalszym ciągu w sposób powyżej opisany, przechodzimy cały szereg. Przy dostosowaniu klisz popełnimy błędy, które dadzą się wykryć i wyrównać przy pomocy punktów kontrolnych.

W aerokartografie Hugershoffa posiadamy urządzenie dodatkowe w zestawie obserwacyjnym, które przyczynia się do zmniejszenia błędów nastawienia kamer i zestrojenia klisz. Polega ono na wprowadzeniu dodatkowych pryzmatów, których przesunięcie w kierunku poziomym powoduje zmianę biegu promienia. I tak promień z lewej kliszy dochodzi normalnie do lewego okularu, po przesunięciu pryzmatów dochodzi do prawego okularu. Korzystając z tego urządzenia, po opracowaniu pierwszego stereogramu nie przenosimy kliszy 2 do lewej kamery, lecz pozostawiamy ją na swoim miejscu, a kliszę 3 zakładamy w miejsce 1, poczem zmieniamy bieg promieni przesuwając pryzmaty  $U$  (fig. 83). Przy zestrojeniu kliszy 3 do 2 nie popełniamy błędów odczytu i nastawienia kątów orientacji zewnętrznej dla kliszy 2.

Przy zmianie pryzmatów na t. zw. pseudoobserwację musimy również nastawiać w przeciwnym kierunku rzuty podstawy  $bx$ , gdyż muszą one odpowiadać położeniu promieni, podobnie jak to ma miejsce w autografie Wilda.

Położenie punktów zakładanej sieci zaznaczamy na papierze rysunkowym i na bębnie lub odczytujemy współrzędne przestrzenne. Przy dostosowaniu następnego stereogramu, musimy papier rysunkowy podsunąć pod nastawione punkty kontrolne, gdyż kamery nie przesuwamy względem deski

Przy zmianie pryzmatów na t. zw. pseudoobserwację musimy również nastawiać w przeciwnym kierunku rzuty podstawy  $bx$ , gdyż muszą one odpowiadać położeniu promieni, podobnie jak to ma miejsce w autografie Wilda.



rysunkowej, zatem i kreślenie mapy zawsze będzie w tem samym położeniu na desce rysunkowej. Podobnie przeliczamy współrzędne punktów sieci z jednego stereogramu do położenia w drugim lub przeciwnie. Tak przeliczanie współrzędnych jak i przesuwanie arkusza rysunkowego jest powodem błędów, które musimy wyrównać przy pomocy punktów kontrolnych pomierzonych na terenie.

Długość szeregu na przestrzeni, którego możemy przeprowadzić triangulację fotogrametryczną, nie została dokładnie ustalona. Reklamowana długość 30 km wydaje się autorowi za duża.

*Triangulator Boykowa.* Przyrządy, których konstrukcję podał Boykow, podzielić można na trzy grupy: 1) przyrządy do wykonania zdjęć lotniczych i zdjęć fotograficznych dla określenia podstawy, 2) przyrząd do opracowania triangulacji, t. zw. triangulator i 3) przyrząd do opracowania planów.

Do założenia i pomiaru podstaw w powietrzu wykonuje Boykow zdjęcie terenu dwoma samolotami lecącymi równolegle w takiej od siebie odległości, aby zawarta między nimi podstawa była najkorzystniejsza dla podziałki planu. Samoloty te są zaopatrzone w potrójne kamery lotnicze, z których dwie, nachylone do siebie pod kątem  $43^\circ$ , zdejmują teren, trzecia kamera służy do fotografowania równolegle lecącego samolotu. Osie optyczne dwu pierwszych kamer są umieszczone w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku lotu, oś optyczna obiektywu trzeciej kamery, skierowana jest prostopadle do kierunku lotu. Do samolotów przymocowane taśmy, zostają w czasie lotu napięte w przedłużeniu samolotu i odfotografowane przez trzecią kamerę, równolegle lecącego samolotu, a ponieważ znamy jej długość, możemy zatem na podstawie zdjęcia fotograficznego obliczyć odległość, w jakiej znajdowały się samoloty w chwili wykonania zdjęć. Wszystkie migawki kamer fotograficznych obu samolotów odmykają się przy pomocy aparatu radiowego obsługiwanego na jednym z samolotów, przez co otrzymujemy gwarancję, że wykonane zdjęcia odbyły się dokładnie w tym samym czasie.

Odstępy czasu zdjęć lotniczych są regulowane na radioaparacie nadawczym. Pokrycie zdjęć wynosi 60—80%, tak że na trzecim rzędzie klisz odfotografowane będą punkty terenu, zdjęte na kliszach pierwszego rzędu.

Do opracowania triangulacji służy triangulator (fig. 109), który składa się z 6-ciu kamer, umieszczonych na dwu szynach. Konstrukcja kamer jest taka sama jak kamer lotniczych, użytych do zdjęć lotniczych. Tworzą one trzy systemy, odpowiadające trzem położeniom samolotów, zatem każdy system składa się z dwu kamer. Każdą kamerę możemy pochylić w łożyskach Kardana w dowolnym kierunku, zaś z sąsiednią odpowiadającą drugiemu samolotowi połączona jest ruchomo na mostku podstawy. Na mostku podstawy nastawiamy obliczone rzuty podstawy. Każdy z systemów możemy przesuwać w kierunku trzech osi układu prostokątnego opisanego przyrządu.

Przed każdym obiektywem kamery umieszczony jest obiektyw projekcyjny, przy pomocy którego rzucaamy obraz danej partji kliszy na ekran. Ekranów



Fig. 109. Triangulator przy pracy.

takich położonych poniżej stereoskopu jest dwa. Stereoskop wraz z ekranami i obiektywami projekcyjnymi możemy poruszać równomiernie.

Tok postępowania przy opracowaniu triangulacji jest następujący: Obliczone przy pomocy taśm i fotografii elementy podstawy, oraz położenia podwójnych kamer względem siebie, nastawiamy dla każdego

systemu oddzielnie. Pierwszy system kamer musimy dostosować do znanego położenia przynajmniej trzech punktów, następny system dostosowujemy do poprzedniego w ten sposób, że stereoskopowy model pierwszego systemu zestrajamy z stereoskopowym modelem systemu drugiego. Do przeprowadzenia tego zadania służy stereoskop, który, rzucone na koliste ekrany, obrazy doprowadza do naszych oczu. Do połączenia ekranu z obiektywami projekcyjnymi kamer, które mamy dostosować, służą dźwignie uwidocznione na fig. 109. Po dostosowaniu dwu pierwszych systemów dostosowujemy system trzeci do drugiego i o ile pokrycie na to pozwala, do systemu pierwszego.

Odczytane na przyrządzie daty orientacji zewnętrznej służą do nastawienia klisz w przyrządzie do opracowania map. Widzimy zatem, że triangulator zastępuje pracę pomiarową w polu dla wyznaczenia położenia punktów dostosowania i umożliwia opracowanie takich terenów, gdzie triangulacja jest niepełna lub jej nie ma, a więc przede wszystkim w kolonjach i krajach nieznanach.

Sposób podany przez Boykova napotyka jednak na trudności, przede wszystkim przy wykonaniu lotu przez dwa samoloty. Stałe utrzymywanie się samolotów na tej samej wysokości, mniej więcej w tej samej odległości, a co najważniejsze na równej linii, jest bardzo trudne i kosztowne. Poza tem rozwinięcie taśmy wzdłuż linii prostej w osi samolotu, może być za mało dokładne w stosunku do wymaganej dokładności pomiaru podstawy.

### 55. Pokrycie terenu zdjęciami lotniczymi.

Z opisu metod i przyrządów możemy sobie przedstawić, jak powinniśmy przygotować i wykonać lot, aby osiągnąć określone sobie zadanie.

Do prac przygotowawczych należy ustalenie i obliczenie wysokości lotu, procentu pokrycia, ilości potrzebnych płyt, sposobu wykonania lotu, odstępu czasu naświetlenia kolejnych płyt i czasu potrzebnego do przelecenia z lotniska na miejsce pracy.

Poniżej podamy tylko obliczenia dla zdjęć lotniczych prostopadłych, które najczęściej stosujemy.

Wysokość lotu dobieramy tak, aby podziałka wykonanego zdjęcia na kliszy odpowiadała tej, w której mamy opracować plan. Otrzymamy zatem stosunek:

$\frac{W}{f} = \frac{c}{1}$ , skąd wysokość lotu  $W = fc$ , przyczem  $f$  równa się ogniskowej kamery lotniczej i wyrażona jest w metrach, a  $c$  jest cyfrą podziałki 1:c.

Przyjmując np.  $f = 0,18$  m, a podziałkę planu 1:5000, otrzymamy  $W = 900$  m.

Z proporcji obliczyć możemy również długość i szerokość pola objętego jedną kliszą.

Oznaczając przez  $a$  i  $b$  użyteczne wymiary kliszy (dla formatu 18/13  $a = 16$ ,  $b = 11$  cm), przyczem  $a$  jest dłuższym bokiem, długość pola objętego kliszą wyrazi się wzorem:

$$A = a \frac{W}{f} = ac,$$

zaś szerokość pola wzorem:

$$B = b \frac{W}{f} = bc,$$

a powierzchnia pola wzorem:

$$P = abc^2 \quad \text{lub} \quad P = ab \frac{W^2}{f^2}.$$

We wzorach tych przyjmujemy  $a$ ,  $b$  i  $f$  w mm, zaś  $W$  w km, otrzymamy zatem powierzchnię w  $km^2$ .

Ilość płyt światłoczułych potrzebnych do pojedynczego pokrycia terenu o powierzchni  $100 km^2$  otrzymamy przez podzielenie:

$$L = \frac{100}{P} = \frac{100}{ab} \left( \frac{f}{W} \right)^2.$$

Ponieważ musimy się liczyć z częściowym pokryciem klisz, które dla foto-planów powinno wynosić przynajmniej 33%, wobec tego powierzchnia, z każdej kliszy wykorzystana, zmniejszy się o współczynnik, który otrzymamy odejmując od jedności wielkość pokrycia, zatem:

$$1 - k/100 \quad (\text{np. } 1 - 33/100) \quad \text{lub} \quad \frac{100 - k}{100}.$$

Powierzchnia wykorzystana z jednego zdjęcia lotniczego będzie się zatem równać:

$$P = \frac{100 - k}{100} \cdot ab \frac{W^2}{f^2},$$

a ilość klisz koniecznych do pokrycia zdjęciami lotniczymi  $100 \text{ km}^2$  terenu obliczymy wzorem:

$$L = \frac{10.000 f^2}{abW^2 (100 - k)}.$$

Dla zdjęć stereoskopowych pokrycie musi być większe i niejednakowe w obu prostokątnych do siebie kierunkach. Zazwyczaj przyjmujemy pokrycie 60—80% w kierunku większego wymiaru kliszy, który odpowiada kierunkowi lotu, a pokrycie 33% w kierunku krótszego boku kliszy, którym poszczególne szeregi zachodzą na siebie. Tworząc podobnie jak poprzednio współczynnik, przez który mnożymy powierzchnię otrzymamy:

$$P = \frac{abW^2 s z}{f^2 10.000}, \quad L = \frac{1.000.000 f^2}{abW^2 (100 - s) \cdot (100 - z)},$$

przyczem  $s$  i  $z$  są cyframi procentu pokrycia w kierunku podłużnym i poprzecznym zespołu. Powierzchnia  $P$  jest tą częścią kliszy, która będzie po-

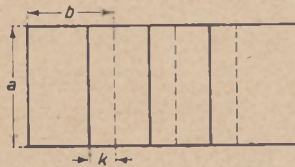


Fig. 110.  
Pokrycie w szeregu.

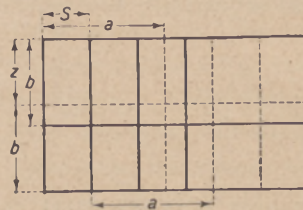


Fig. 111.  
Pokrycie w zespole.

kryta przez klisze sąsiednie, a ilość klisz wynika z pola niepokrytego kliszami sąsiednimi.

Do obliczenia odstępów linii lotu i odstępów czasu naświetlenia, kolejno następujących po sobie zdjęć, musimy ustalić długość i szerokość niepokrytego pola, zatem:

$$A' = \frac{W(100 - s)}{f100} \quad \text{i} \quad B' = \frac{W(100 - z)}{f100}.$$

Ze względu na szybkość lotu samolotu montujemy kamerę lotniczą tak, by dłuższy bok kliszy umieszczony był wzdłuż podłużnej osi samolotu.

Zyskujemy przez to na odstępie czasu, w którym mamy się przygotować do następnego zdjęcia.



Fig. 112. Plan lotu dla zespołu obejmującego miasto Lwów.

Obliczone  $B'$  podaje nam odstęp lotów, zaś  $A'$  podstawę dwu zdjęć stereoskopowych.

Odstępy czasu wykonania dwu po sobie następujących zdjęć obliczamy z podstawy i szybkości lotu  $v_1$  km/h, przy pomocy wzoru:

$$t_{sec} = \frac{3,6 A'}{v_1}, \text{ przyczem } v_1 = v_s - v_w,$$

$v_s$  jest szybkością własną samolotu, a  $v_w$  szybkością wiatru,  $A'$  podane w m.

Dla uzyskania dobrego naświetlenia płyty światłoczułej, ustalamy przed lotem wielkość błędu i wielokrotność filtru, który ma być użyty. Czas wyświetlenia płyty jest zazwyczaj wartością stałą równą  $1/200$  sec.

Po obliczeniu odstępu lotów dla zespołu sporządzamy kalkę lub kreślimy na mapie plan lotów. Położenie kierunków poszczególnych lotów dobieramy w ten sposób, by wypadły one na punktach łatwych do odszukania w terenie. Ponieważ jednak łatwiej utrzymać kierunek lotu, wykonując loty pod wiatr, przeto praktyczniej jest wykonać tylko kalkę lotów i ją nakładać na mapę przed lotem lub w czasie lotu, po ustaleniu kierunku wiatru.

Do wykonania zdjęć lotniczych najlepiej nadaje się okres czasu od początku maja do końca września. Godziny południowe nadają się lepiej dla zdjęć fotogrametrycznych, gdyż krótkie cienie nie utrudniają opracowania stereogramów. W czasie zdjęć niebo powinno być wolne od chmur, by opracowany foto-plan był jednostajny. Ilość pogodnych dni, która przypada na tych kilka miesięcy, jest tak mała, że aby je wykorzystać, musimy mieć stale przygotowany samolot do lotu i to najlepiej w pobliżu terenu, który mamy objąć zdjęciami. Dobrze urządzona stacja meteorologiczna, odda nam nieocenione usługi. Wyświetlone płyty powinny być zaraz wywołane, aby

powstałe braki można było przy najbliższym locie uzupełnić. Praca laboranta fotograficznego powinna być bardzo sumienna i celowa.

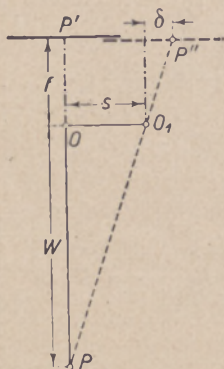


Fig. 113.

## 56. Kamery lotnicze.

Kamera lotnicza powinna być przystosowana do tych wszystkich wymogów, które poznaliśmy przy omawianiu metod sporządzania foto-planów i foto-map. A więc kamera lotnicza powinna nadawać się do zdjęć prostopadłych i pochyłonych, budowa jej powinna być solidna, aby do wszelkich czynności, które lotnik na niej ma wykonać, nie miała urządzeń zbyt delikatnych, gdyż każdy ruch przy huku motoru wykonywany jest z większą siłą.

Tak samo i kasetki na płyty muszą być solidnie zbudowane.

Najczęściej spotykany format kliszy wynosi 13/18.

Z reguły używamy migawki centralnej, by nie wprowadzać nowych błędów przerysowania obrazu. Jak wielkie może być przerysowanie spowo-

dowane tem, że w czasie wyświetlenia płyty samolot porusza się, obliczymy z dwu położeń płyty w chwili otwarcia i zamknięcia migawki (fig. 113). Gdy w ciągu tego czasu samolot wykonał drogę  $s$ , to punkt  $P$ , który przy otwarciu migawki utworzył swój obraz na płycie w punkcie  $P'$ , przed zamknięciem migawki utworzony zostanie w punkcie  $P''$ . Przesunięcie  $\delta$  otrzymamy, tworząc stosunek :

$$\frac{\delta}{s} = \frac{f}{W},$$

zatem

$$\delta = s \frac{f}{W} = s c,$$

a ponieważ,  $s = 3,6 v_1 n$  ( $n$  czas wyświetlenia), przeto :

$$\delta = 3,6 v_1 n c.$$

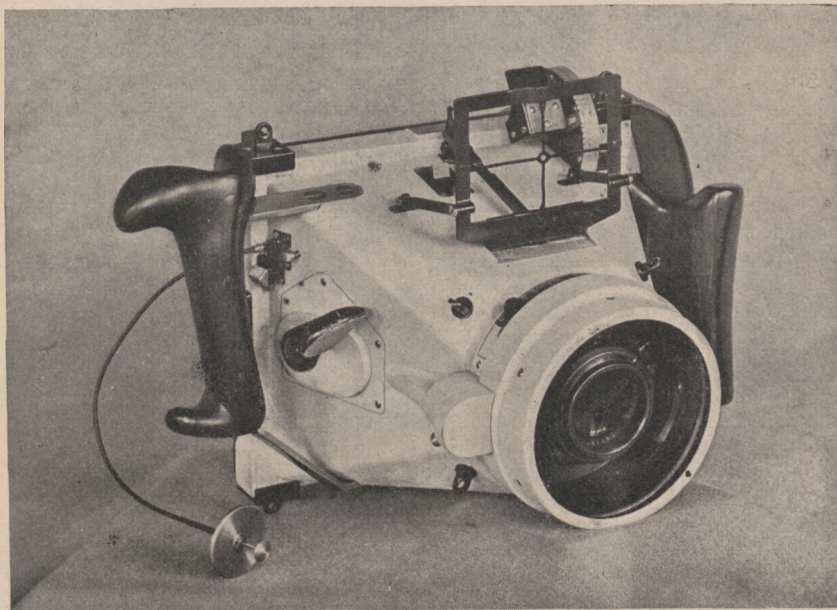


Fig. 114. Kamera lotnicza firmy Aërotograph.

*Kamera lotnicza firmy Aërotograph* (fig. 114) wyposażona jest w obiektyw Zeiss-Tessar (1:4,5) o ogniskowej 18 cm, składane ramki celownicze i libellę pudełkową, którą posługujemy się przy wykonywaniu zdjęć pochylonych. Format płyty wynosi 13/18 cm.

Najnowszy typ kamery lotniczej, dostosowanej i do zdjęć na błonie, posiada znaczki tworzące osie tłowe, umieszczone na szlifowanej płycie szklanej

grubości 1 *cm*, w formie delikatnych kresek litery *T*. Do płyty tej przylega ściśle w czasie zdjęcia płyta światłoczuła lub błona (film). Aby ten warunek był zachowany, kamera lotnicza posiada urządzenie, które nie zezwala na naświetlenie płyty światłoczułej, jeśli ona nie przylega do płyty szklanej.

Kasety metalowe mają pomieszczenie na 6 płyt, a kaseta na błony mieści wstążkę na 50 zdjęć.

Przy wykonaniu szeregu zdjęć pochylonych, posługujemy się kamerą umieszczoną w specjalnie skonstruowanym zawieszaniu (fig. 115).

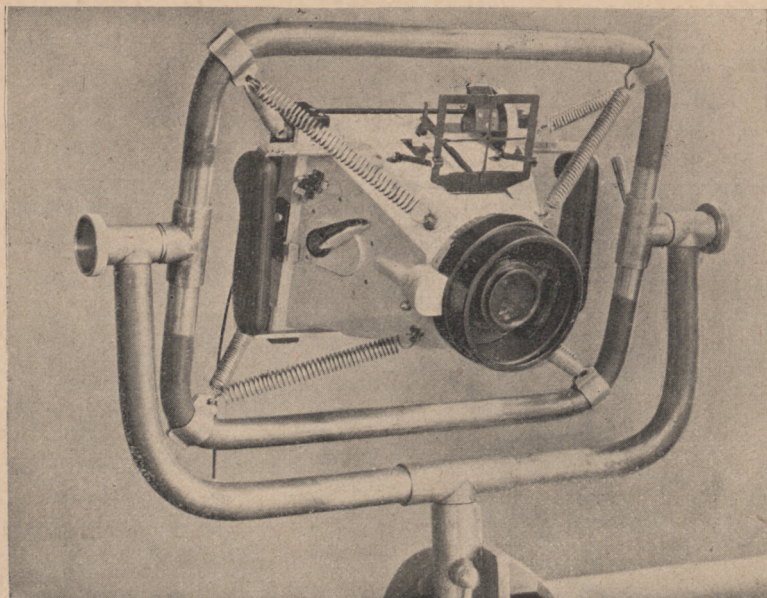


Fig. 115. Zawieszenie kamery lotniczej dla zdjęć pochylonych.

*Kamera lotnicza firmy Zeissa* (fig. 116) posiada obiektyw Tessar (1:4,5) o ogniskowej 18 *cm*, dwa filtry, które włączamy przy pomocy guzików (z prawej strony), zmienną migawkę centralną (od 1/75 do 1/160 *sec*), poruszaną przy pomocy śruby na przodzie fig. 116, składane ramki celownicze, libellę pudełkową, libellę rurkową, automatyczne numerowanie zdjęć i dwa uchwyty do zdjęć, wykonanych z ręki. Kasety mają pomieszczenie na 6 płyt, a dla błon na 120 zdjęć.

Zawieszenie kamery na samolocie zezwala na skręcanie kamery około osi optycznej, celem wyeliminowania błędu zboczenia, oraz na pochylanie osi optycznej, dla wykonania zdjęć pochylonych.



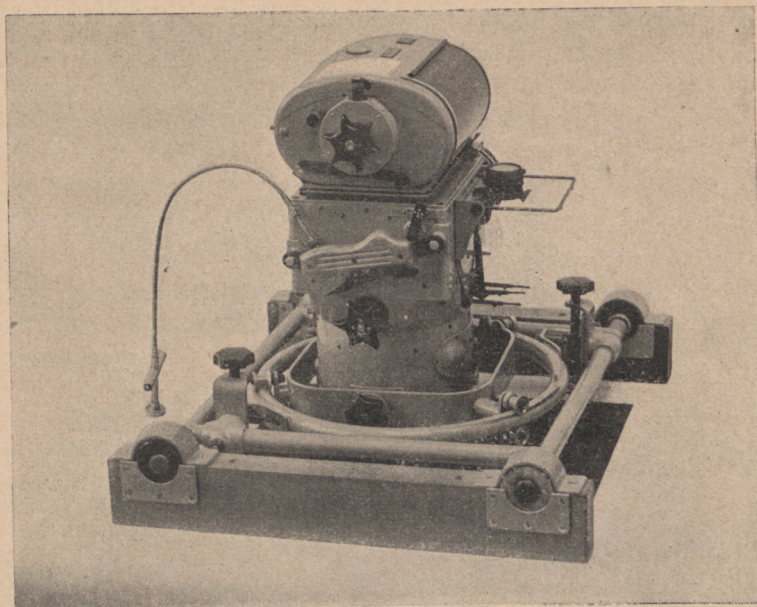


Fig. 116. Kamera lotnicza firmy Zeissa z kasetą na błony.

*Kamera lotnicza Wilda* (fig. 117) posiada specjalny obiektyw (1:5) o ogniskowej 165 mm, migawkę centralną (1/150 sec.), automatyczne numerowanie zdjęć lotniczych, libellę pudełkową dla zdjęć prostopadłych i pochylonych, podwójny filtr i dwa uchwyty do zdjęć ręcznych.

Kasety mieszczące 10 płyt posiadają łącznie z kamerą takie zabezpieczenie, by naświetlenie płyty było dopiero wtedy możliwe, gdy płyta przylega do ramek z klinami, tworzącymi osie tłowe. Z chwilą naświetlenia płyty, kasetka automatycznie odskakuje od ramek, poczem jednym pociągnięciem wymieniamy płytę do następnego zdjęcia.

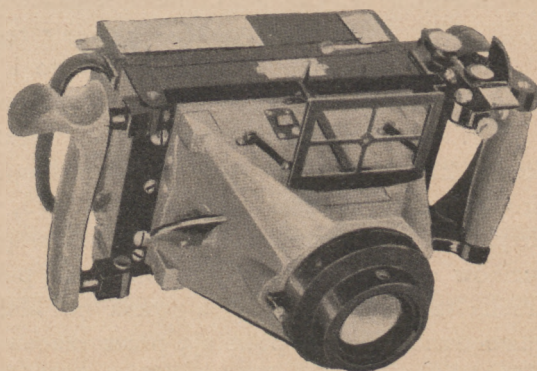


Fig. 117. Kamera lotnicza firmy Wild.

Zawieszenie kamery lotniczej na samolocie zezwala, poza skręceniem kamery około osi optycznej, na wykonywanie zdjęć pochylonych, które po-

znaliśmy przy omawianiu 100% pokrycia dla zdjęć stereoskopowych, a więc naprzemian zdjęcie prostopadłe i pochylone o kąt  $17^\circ$ .

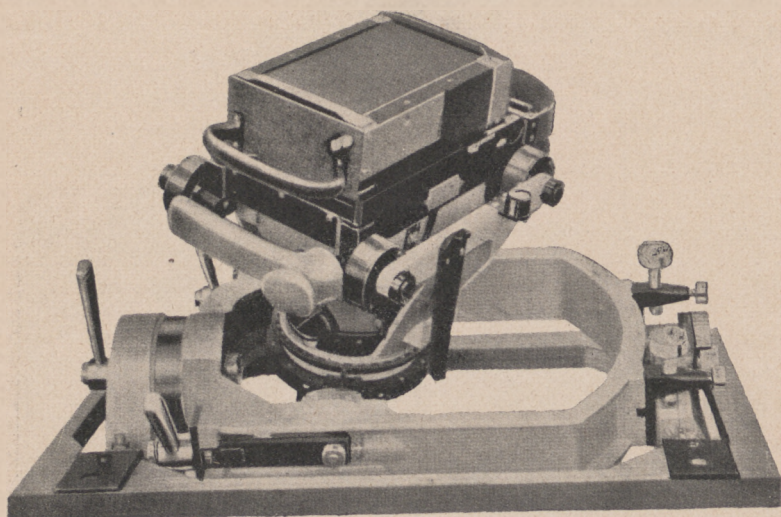


Fig. 118. Zawieszenie kamery lotniczej Wilda.

*Automatyczna kamera lotnicza Zeissa* (fig. 119) składa się z następujących części:

1. kamery lotniczej z zawieszeniem,
2. lunety obserwacyjnej z regulatorem pokrycia,
3. popędu propellerowego i
4. kasety wymiennej na błony.

1. Kamera zaopatrzona jest w obiektyw specjalny (1:4, 5) o ogniskowej 21 cm, posiada migawkę centralną, nastawianą przy pomocy guzika (środkowego) na czas wyświetlenia  $1/75$ ,  $1/100$ ,  $1/130$  i  $1/160$  sec., dwa filtry, 2- i 5-ciokrotny, które możemy włączyć w czasie lotu przy pomocy guzików dolnych, numerator błon, libellę pudełkową z podziałem stopniowym. Libella ta zostaje odfotografowana na błonie. Znaczniki, tworzące orientację wewnętrzną kamery, powstają przez rzucenie czarnego punktu umieszczonego na obiektywie na błonę, przy pomocy małych lupek umieszczonych w rogach kamery.

Szczelne przyleganie błony uzyskane jest w ten sposób, że błona zostaje w czasie wyświetlenia przyciśnięta do metalowej płyty, leżącej w odległości ogniskowej. Płyta ta posiada rowki i otworki, przez które usunięte zostaje powietrze między błoną a płytą. Ciśnienie powietrza wewnątrz kamery wytwarza się pod wpływem szybkości poruszania się samolotu, przez rurę zwróconą w kierunku lotu.

Kamera zawieszona jest w łożysku Kardana, oraz na kolistym wózku, dla ułożenia osi tłowej w kierunku lotu.

2. Regulator pokrycia połączony jest w polu widzenia lunety z prope-  
lerem i szybkościomierzem lotu ponad terenem. Obserwator ma możliwość  
stałej kontroli w czasie  
lotu: pokrycia, zbcze-  
nia i pionowości osi ka-  
mery lotniczej. Na pod-  
stawie swoich obserwacji  
reguluje ruchy wykony-  
wane automatycznie przez  
kamerę. Pole widzenia  
w lunecie przesunięte jest  
tak, że od pionu w kie-  
runku lotu widzimy obs-  
zar o szerokości lotu,  
w kierunku przeciwnym  
o szerokości 0,47, a w bok  
o szerokości 0,7 wyso-  
kości lotu. W lunecie wi-  
dzimy libellę, która podaje  
pochylenie osi optycznej,  
oraz ostrza umieszczone  
na obracającej się płycie.  
Odstęp tych ostrzy zmie-  
niamy zależnie od wy-  
maganego pokrycia te-  
renu zdjęciami lotnicze-  
mi. Obroty propellera,  
który porusza te ostrza,  
tak regulujemy, aby w czasie wykonywania zdjęć lotniczych, obserwowany  
teren w lunecie poruszał się równomiernie z ostrzami.

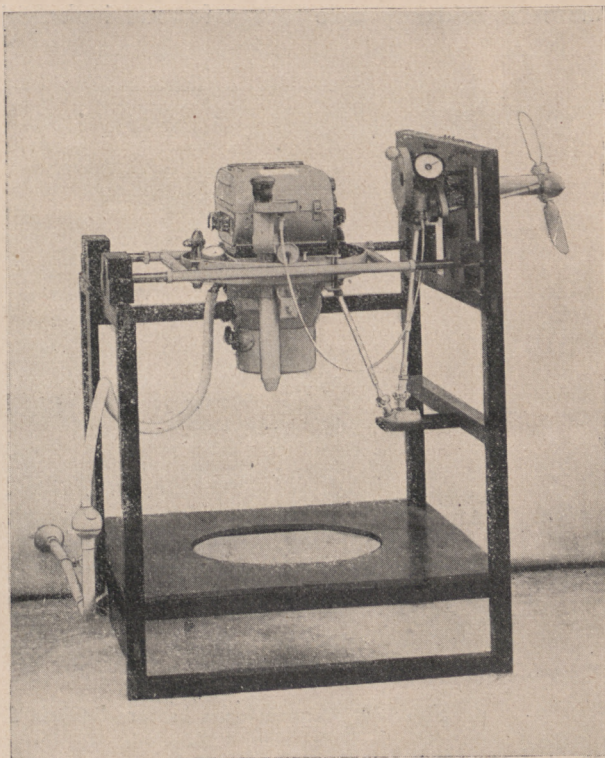


Fig. 119. Automatyczna kamera lotnicza firmy Zeissa.

3. Propeller umieszczony jest nazewnątrz samolotu i obsługuje: regu-  
lator pokrycia, oraz kamerę, w której odmyka migawkę, przesuwa błonę  
i reguluje dopływ powietrza. Szybkość obrotu propellera regulujemy przez  
skręcenie skrzydełek, oraz zmiany połączeń kółek w załączniku obrotów.

4. Kaseta na błony mieści 60 m długą, a 190 mm szeroką wstążkę.  
Na błonie możemy wykonać 310 zdjęć z odstępami 10 mm. Na pokrywie  
kasety pomieszczone jest okienko, w którym odczytujemy ilość wykonanych  
zdjęć, oraz ilość metrów odwiniętej błony.

*Automatyczna kamera lotnicza firmy Aërotopograph dla błon posiada  
obiektyw specjalny typu Tessar o ogniskowej 13,5 cm dla formatu kwadra-*

towego o boku 12 cm. Kasetę na błony mieści wstążkę 50 m długą, na której można wykonać około 350 zdjęć.

Popęd dla automatycznego przesuwania i przytłaczania błony do płyty szklanej odbywa się przy pomocy motoru elektrycznego zasilanego z akumulatora. Do regulowania pokrycia służy regulator pokrycia, w którym na matówce widzimy pole fotografowane i obracającą się linię śrubową. Śrubę

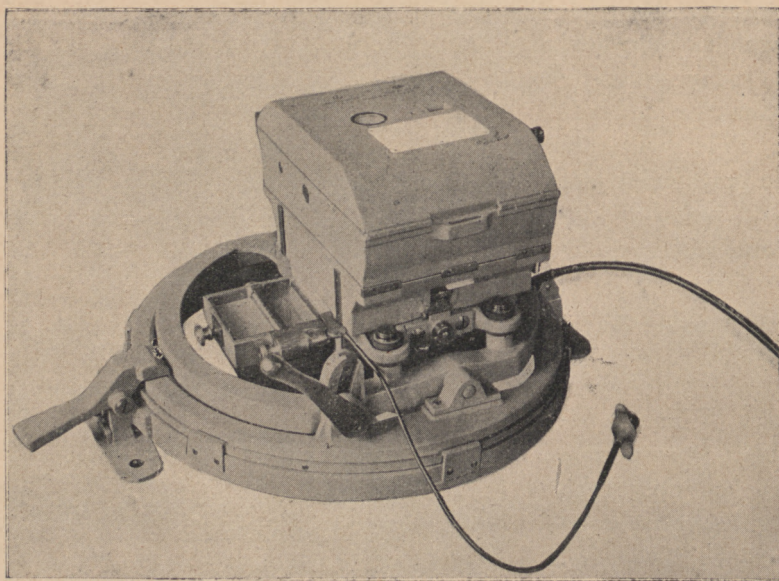


Fig. 120. Automatyka kamera lotnicza firmy Aërotograph.

dobieramy tak, by krok jej był dostosowany do żadanego pokrycia, by zatem widoczne części linii śrubowej poruszyły się na matówce z tą samą szybkością co fotografowany teren. Śruby takie możemy w czasie lotu łatwo wymieniać.

Na podobnych zasadach zbudowane są kamery automatyczne konstrukcji angielskiej i amerykańskiej.

### 57. Dokładność zdjęć fotogrametrycznych.

Poniżej zestawiono wyniki badań dokładności sporządzenia foto-planów i foto-map, wykonanych przy pomocy prostowników i maszyn kreślących.

Przytoczone błędy średnie otrzymano w ten sposób, że porównano sytuację i wysokość kilkunastu punktów wyznaczoną fotogrametrycznie z sytuacją i wysokością tychże punktów obliczoną lub pomierzoną inną metodą

pomiarową, a następnie z różnic wynikłych z porównania utworzono błąd średni.

W „Eidg. Landestopographie“ w Bernie (Szwajcaria) badano foto-mapę sporządzoną w podziałce 1 : 10.000, przyczem otrzymano następujące wyniki:

Przy użyciu autokartografu Hugershoffa i nastawieniu przyrządu na 44 punkty terenu, błąd średni sytuacji raz nastawionego punktu  $m_l = \pm 0,35 \text{ mm}$ , a błąd średni raz odczytanej na przyrządzie wysokości  $m_h = \pm 1,10 \text{ m}$ .

Przy użyciu stereoplanigrafu i 62 punktów porównania otrzymano:

Błąd średni sytuacji raz nastawionego punktu  $m_l = \pm 0,16 \text{ mm}$ .

Błąd średni raz odczytanej wysokości  $m_h = \pm 0,99 \text{ m}$ .

Przy użyciu autografu Wilda i 96 punktów porównania otrzymano:

Błąd średni sytuacji raz nastawionego punktu  $m_l = \pm 0,30 \text{ mm}$ .

Błąd średni raz odczytanej wysokości  $m_h = \pm 0,51 \text{ m}$ .

Badany foto-plan wykonany dla terenu płaskiego w podziałce 1 : 10.000 wykazał błąd średni sytuacji  $m_l = \pm 0,26 \text{ mm}$ , a maksymalna różnica nie przekraczała 1 mm.

Wykonane w „Reichsamt für Landesaufnahme“ w Berlinie badania foto-map i foto-planów w podziałce 1 : 5.000 dały następujące wyniki:

Przy użyciu autokartografu i nastawieniu 16 punktów terenu otrzymano:

Błąd średni sytuacji raz nastawionego i dokładnie oznaczonego punktu  $m_l = \pm 0,16 \text{ m}$ ,

błąd średni sytuacji dowolnych punktów  $m_l = \pm 0,88 \text{ m}$ ,

zaś błąd średni raz odczytanej wysokości punktów dokładnie oznaczonych  $m_h = \pm 0,06 \text{ m}$ ,

dla punktów dowolnych  $m_h = \pm 0,15 \text{ m}$ .

Trochę lepsze wyniki osiągnięto przy pomocy stereoplanigrafu.

Błąd średni sytuacji raz nastawionego punktu dowolnego  $m_l = \pm 0,56 \text{ m}$ .

Błąd średni raz odczytanej wysokości  $m_h = \pm 0,16 \text{ m}$ .

Na podstawie tych badań wydano w Niemczech przepisy normujące dozwolone granice błędów, która dla sporządzonej foto-mapy w podziałce 1 : 5.000 wynosi  $m_l \text{ max.} = \pm 3,0 \text{ m}$  (w lasach  $\pm 7,0 \text{ m}$ )

$m_h = \pm 0,5 \text{ m}$  dla punktów dobrze odszukanych, zaś dla warstwicy  $m_h = \pm (0,4 + 5 \text{ tg}) \text{ m}$ .

Badania przeprowadzone przez autora w I. katedrze miernictwa Politechniki Lwowskiej na aerokartografie Hugershoffa dały następujące wyniki:

Przy opracowaniu foto-mapy w podziałce 1 : 5.000 otrzymano różnice między odczytanymi datami na przyrządzie, a zdjęciem poligonowem i niwelacyjnym dla 14 punktów, przyczem:

Błąd średni sytuacji raz nastawionego punktu  $m_l = \pm 0,16 \text{ mm}$ ,

a błąd średni raz odczytanej wysokości  $m_h = \pm 0,11 \text{ mm}$ .

**Spis ważniejszej literatury, którą posługiwał się autor przy opracowaniu  
„Zasad zdjęć fotogrametrycznych“.**

Przyjęte skróty:

- W. S. G. — Wiadomości służby geograficznej. Warszawa.  
I. A. f. Ph. — Internationales Archiv für Photogrammetrie.  
Z. f. V. — Zeitschrift für Vermessungswesen.  
Z. f. I. — Zeitschrift für Instrumentenkunde.  
A. V. N. — Allgemeine Vermessungs-Nachrichten.  
B. u. L. — Bildmessung und Luftbildwesen.  
M. L. St. — Mitteilungen Luftbild Stereografik (Photogrammetrie).  
Z. f. V. u. K. — Schweizerische Zeitschrift für Vermessungswesen und Kulturtechnik.

Pozycje zaopatrzone gwiazdką\* podają dzieła lub artykuły, skąd zaczerpnięto wzory, rysunki lub fotografie przyrządów.

**Literatura obejmująca całość fotogrametrii.**

1. Podręcznik inżynierski, 1925. Fotogrametrja, str. 448—456. Opracował prof. dr. K. Weigel.
2. J. Kreutzinger: Topografja, Warszawa 1928, str. 81—96.
- \*3. Lüscher H.: Photogrammetrie. Aus Natur und Geisteswelt. T. 612, 1920.
- \*4. Die Photogrammetrie und ihre Anwendung bei der schweizerischen Grundbuchvermessung und bei der allgemeinen Landesvermessung. Sammlung von Referaten. Effingerhof A. G., Brugg 1926.
5. Geodätische Woche Köln 1925, str. 50—95. Wittwer, Stuttgart 1926.
6. Seliger, P.: Photogrammetrie. Ergebnisse der Exakten Naturwissenschaften. T. VI. Springer 1927.
- \*7. Sarnetzky, H.: Grundzüge der Luft- und Erdbildmessung. Sammlung Borntraeger, t. 14. 1928.
8. Eggert, O.: Die Entwicklung der photogrammetrischen Auswertungsgeräte in Deutschland. Z. f. V. 1928.
9. Hay, A.: Die Photographie in Wissenschaft und Praxis, str. 378—460. Deuticke 1929.
- \*10. Hugershoff, R.: Photogrammetrie und Luftbildwesen. J. Springer, Wiedeń 1930.

**Literatura do fotogrametrii naziemnej.**

11. Seliger, P.: Die stereoskopische Messmethode in der Praxis. Springer 1911.
12. Hay, A.: Sehen und Messen. F. Deuticke, Lipsk, 1921.

13. Meydenbauer, A.: Handbuch der Messbildkunst. Knapp, W. Halle, 1912.
14. Dock, H.: Photogrammetrie und Stereophotogrammetrie. Sammlung Göschen, t. 699. Berlin 1923.
15. Ollivier, F.: La topographie sans topographes. Edition de la Revue d'Optique théorique et instrumentale. Paryż, 1929.

#### Literatura do fotogrametriji lotniczej.

16. Hegershoff, R. u. Cranz, H.: Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen. Wittwer, Stuttgart 1919.
17. Pulfrich, C.: Über Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen. Fischer, G. Jena 1919.
- \*18. Clerc, L.: Application de la Photographie Aérienne. Doin, O. Paryż, 1920.
19. Winchester, C., Wills F.: Aerial Photography. Chapman, Londyn, 1928.

#### Literatura do poszczególnych paragrafów.

1. Podział zdjęć fotogrametrycznych.  
Por. poz. 1, 2, 3, 7, 15.
2. Kamera fotograficzna.
20. Gardner, C.: Die Aufhebung der Verzeichnung von Objektiven für Photographie aus der Luft. Photographische Industrie 1927.
21. Oberländer, L.: Das Geodar, ein verzeichnungsfreies Objektiv für geodätische Zwecke. I. A. F. Ph. 1923.
  3. Mierzenie kątów.  
Por. poz. 1, 3, 7, 14.
  4. Komparator.  
Por. poz. 3, 10.
- \*22. Hegershoff, R.: Die Photographie und ihre Anwendung auf Flugzeugaufnahmen Geographische Anzeiger, 1920.
  5. Teodolit do wymierzania klisz.
23. Samel, P.: Die Prüfung und Berichtigung eines Bildmesstheodolits in Verbindung mit einer Luftbildmesskammer. B. u. L. 1929.
24. Müller, F. J.: Der Hegershoff-Heydesche Phototheodolit Z. f. Feinmechanik 1922.
  6. Orjentacja zewnętrzna.  
Por. poz. 3, 4, 7, 11, 13, 14, 15.
  7. Fotogrametrja stolikowa.
25. Adamczik, J.: Präzisions-Photogrammetrie. I. A. f. Ph. 1916.
  8. Stereofotogrametrja.  
Por. poz. od 1 do 15.
26. Pulfrich, C.: Stereoskopisches Sehen und Messen. Jena, 1911.
  9. Strefa neutralna przy zdjęciach stereoskopowych.  
\*Por. poz. 18.
  10. Paralaksa pozioma.  
Por. poz. od 1 do 15.
  11. Obliczenie współrzędnych przestrzennych ze stereogramu.  
Por. poz. 3, 7, 9, 11, 13, 14, 15.
  12. Obliczenie długości podstawy.  
Por. poz. 18 oraz poz. 3, 11, 15.

27. Manek, F.: Über die Berücksichtigung der stereoskopischen Parallaxe bei stereophotogrammetrischen Aufnahmen. I. A. f. Ph. 1917.
  13. Stereokomparator.
28. Pulfrich, C.: Über neue Anwendung der Stereoskopie und einen hierfür bestimmten Stereokomparator. Z. f. I. 1902.
- \*29. Pulfrich, C.: Vorschriften für die Justierung der Stereokomparatoren. Jena Zeiss, Mess. 249.
  14. Kreślenie planów stereofotogrametrycznych.
30. Dock, H.: Ein logarithmischer Kreisrechenschieber für stereophotogrammetrische Zwecke. B. u. L. 1929.
31. Dock, H.: Studie über rationale Auswertung terrestrischer Stereoaufnahmen mittels des Stereokomparators. B. u. L. 1927.
  15. Zdjęcia skręcone, zbieżne i pochylone.
32. Sander, W.: Der v. Orel-Zeiss'sche Stereoautograph und neue Vorschläge für seine weitere Ausgestaltung. Z. f. I. 1921.
33. Dock, H.: Studie über Form und Lage der Linien gleicher Parallaxe bei stereophotogrammetrischen Aufnahmen mit wagrechten Hauptachsen. I. A. f. Ph. 1919.
34. Dock, H.: Studie über die Herleitung der Abstandsgleichungen für stereophotogrammetrische Aufnahmen mit wagrechten Hauptachsen. I. A. f. Ph. 1917.
  16. Graficzny sposób kreślenia planów ze zdjęć lewo i prawo skręconych. Por. poz. 3, 15.
  17. Przyrządy do mechanicznego kreślenia planów.
35. Lüscher, H.: Der Stereoautograph, Modell 1914, seine Berichtigung und Anwendung. Z. f. I. 1919.
36. Eggert, O.: Der Stereoautograph. Z. f. I. 1920.
37. Gruber, O.: Der v. Orel-Zeiss'sche Stereoautograph mit Zusatzeinrichtung zur Ausarbeitung von Luftaufnahmen. I. A. f. Ph. 1923.
38. Domansky, K.: Aus der Praxis der Stereophotogrammetrie. I. A. f. Ph. 1923.
  18. Wyznaczenia orientacji wewnętrznej.
39. Baeschlin, F.: Korrekte und strenge Behandlung des Problemes der Bestimmung der innern Orientierung eines Phototheodoliten. Schw. Z. f. V. u. K. 1929.
40. Gast, P.: Über die innere Orientierung von Messbildern. B. u. L. 1929.
41. Klingatsch, A.: Über die Konstantenbestimmung der inneren Orientierung. I. A. f. Ph. 1923.
42. Gruber, O.: Bestimmung der inneren Orientierung von Messkammern. I. A. f. Ph. 1923.
  19. Wyposażenie fotogrametryczne polowe.
43. Doležal, E.: Instrumentale Neuerungen. I. A. f. Ph. 1923.
44. Schneider, F.: Ueber die Feldausrüstung Zeiss Model C 3 b, ein Aufnahme-gerät für terrestrische Photogrammetrie. B. u. L. 1928.
  20. Prace polowe.
45. Gruber, O.: Topographische Ergebnisse der Pamir-Expedition des D. u. Ö. Alpenvereines 1913. I. A. f. Ph. 1923.
46. Werkmeister, P.: Photogrammetrische Ermittlung der Länge der Standlinie bei stereophotogrammetrischer Punktbestimmung. I. A. f. Ph. 1923.
47. Wenzel, O.: Wie wird eine terrestrische stereophotogrammetrische Geländeaufnahme ausgeführt. M. L. St. 1926.



48. Ween, Th.: Praktische Erfahrungen mit der terrestrischen Stereophotogrammetrie in Norwegen. B. u. L. 1926.  
21. Zastosowanie fotogrametriji naziemnej.
49. Doležal, E.: Photographie und Photogrammetrie im Dienste der Denkmalpflege und das Denkmälerarchiv. I. A. f. Ph. 1908.
50. Unte, J.: Die Staatliche Messbildanstalt, ihr Werden und Wirken. B. u. L. 1927.
51. Wendt, H.: Die Stereoskopie und Stereogrammetrie in der Röntgentechnik. Techn. Mitteilungen für Röntgengetriebe. Müller, Hamburg 1929.
52. Albrecht, H.: Die Photogrammetrie in der Architektur. Freiburg 1929.
53. Unte, J.: Architektur-Photogrammetrie u. Felsenkirche zu Oberstein. B. u. L. 1928.  
22. Fotogrametrja lotnicza.
54. Löschner, H.: Über Herstellung und Verwendung von Luftbildplänen. Mitteilungen des Hauptvereines deutscher Ing. in der tsch.-slow. Rep. 1929.  
23. Rodzaje zdjęć lotniczych i prac fotogrametriji lotniczej.
- \*55. Koerner, O.: Arten der Luftbildverwendung. B. u. L. 1927.  
24. Orjentacja zewnętrzna zdjęcia lotniczego.  
Por. poz. 16, 17, 18.  
25. Graficzne kreślenie foto-planów.
56. Richter, W.: Methode der schnellen und genauen kartographischen Verwendung des Luftbildes für grössere unvermessen Gebiete ohne Anwendung der bestehenden Auswertegeräte. A. V. N. 1929.  
26. Graficzne wyznaczenie wysokości lotu, linii poziomej na kliszy, kierunku zdjęcia, kąta skantowania, kąta pochylenia i punktu nadirowego.  
Por. poz. 3, 7, 16.  
27. Metoda optyczna
- \*57. Mapping from air photographs. Londyn, 1920.  
28. Prostowanie.
- \*58. Roussilhe, H.: Application de la photographie aérienne à la réfection du cadastre. Paryż, 1921.
- \*59. Roussilhe, H.: Application de la photographie aérienne aux levés topographiques de précision. Paryż, 1917.
60. Gruber, O.: Die perspektiven und optischen Verhältnisse bei der Entzerrung von Fliegerbildern. Z. f. I. 1922.
61. Schilling, Fr.: Die geometrische Theorie der mechanischen Entzerrung von ebenen Fliegeraufnahmen. Z. f. V. 1926.
62. Aschenbrenner, C.: Über die Verwendung von Entzerrungsgeräten zur kartographischen Darstellung von geneigtem Gelände aus Flugzeugaufnahmen Z. f. I. 1927.
63. Merkel, H.: Die geometrischen Grundlagen der Entzerrung von Luftaufnahmen. A. V. Z. (Zeitschrift des Arnstädter Verbandes) 1929.  
29. Inwersory.
- \*64. Gruber, O.: Inwersoren. Z. f. I. 1925.  
30. Wpływ różnic wysokości na sytuację foto-planu.  
Por. poz. 18, 58.
65. Tardivo, C.: Topofotografia Aerea. I. A. f. Pk. 1913.  
31. Prostowniki (podział).
- \*66. Lüscher, H.: Entzerrung von Luftbildern und die dazu dienenden neuzeitlichen Geräte. Die Luftbildausstellung. I. L. A. Berlin, 1928.

32. Prostownik Roussilhe'a.  
Por. poz. 58, 59.
33. Prostownik Zeissa.
- \*67. Gruber, O.: Über den Bau von Entzerrungsgeräten. B. u. L. 1927.
34. Prostownik Aschenbrennera.
68. Aschenbrenner, Cl.: Das Entzerrungsgerät der Photogrammetrie. M. L. St. Monachium, II rok, 6 zeszyt
- \*69. Aschenbrenner, Cl.: Das Entzerrungsgerät des Konsortiums Luftbild-Stereographik Modell 1926. B. u. L. 1926.
35. Prostownik Hegershoffa.
70. Gruner, H.: Das photogrammetrische Instrumentarium der Aërotograph. B. u. L. 1928.
36. Prostownik Williamsona.  
Por. poz. 66.
37. Sposoby sporządzania foto-planów przy pomocy prostowników.
71. M. L. St. Luftbild und Städtebau. Monachjum, 1925.
72. Hanko, G.: Genauigkeit der in Ungarn hergestellten entzerrten Photokarten. B. u. L. 1929.
73. Gerlach, R.: Beschaffung von Entzerrungsunterlagen B. u. L. 1929.
74. Richter, H.: Aus der Praxis der Entzerrung. B. u. L. 1928.
38. Graficzne kreślenie foto-map.
- \*75. Scheimpflug, Th.: Die technischen und wirtschaftlichen Chancen einer ausgedehnten Kolonialvermessung. Ila Wochen Rundschau 1907.
76. Hotine, R.: Simple Methods of Surveying from Air Photographs. Londyn, 1927.
77. Scheimpflug, Th.: Kernflächenverfahren. I. A. f. Ph. 1914.
39. Prostowanie z odcinaniem wprzód.  
Por. poz. 58.
40. Wpływ pochylenia osi optycznej na pomiar kątów poziomych z kliszy fotograficznej.
- \*78. Koppmair, J.: Nadirtriangulierung. A. V. N. 1929.
79. Rehn, E.: Fehleruntersuchungen zur Nadirpunkttriangulation. B. u. L. 1929.
80. Boer, J.: Neues Verfahren zur Landesvermessung mittels Luftbilder. B. u. L. 1928.
81. Werkmeister, P.: Richtungssätze aus Aufnahmen aus dem Luftfahrzeug mit ungefähr vertikaler Bildachse.
41. Wpływ różnicy wysokości punktów terenu i pochylonej kliszy na pomiar kątów poziomych z kliszy.  
Por. poz. 78.
82. Aschenbrenner, Cl.: Über Nadirpunkttriangulation. M. L. St. II, 5, 1926.
42. Foto-plan uzupełniony warstwicami przez pomiar dodatkowy.
83. Lüscher, H.: Herstellung von grossmasstablichen Schichtenlinienkarten in hochwertigem flachem Gelände unter Heranziehung von Luftbildern. M. L. St. 1925.
43. Bezpośrednie kreślenie map.
84. Piasecki, B.: Współczesne metody i aparaty fotogrametryczne. Przegląd mierniczy, 1930, Nr. 4. i 5.
44. Projekcja stereogramów na jeden ekran.
85. Cassini.: Aerophotogrammetrie in Italien. B. u. L. 1929.
- \*86. Koerner: Die Photogrammetrie auf der Aerotechnischen Woche zu Rom. B. u. L. 1927.

87. Herfurt, T.: Włoska szkoła fotogrametryczna Nistri. W. S. G. 1929, zeszyt 1—2.  
46. Stereoplanigraf Zeissa.
88. Gruber, O.: Der Stereoplanigraph. Z. f. I. 1923.  
47. Aerokartograf Hegershoffa.
- \*89. Gruner, H.: Der Aërokartograph, Witter, Stuttgart, 1929.  
48. Autograf Wilda.
90. Graf, R.: Fehlertheorie der Wild'schen Stereo-Autographen. Z. f. V. u. K. 1928.
91. Baeschlin, F.: Zur Theorie des Wild-Autographen. Z. f. V. u. K. 1929.
- \*92. Berchtold, E.: Der Wild-Autograph. Z. f. V. u. K. 1929.  
49. Stereotopograf Poivilliers.
93. Notice sur les Stéréotopographie Poivilliers. Paryż.  
50. Sposoby orjentowania klisz w maszynach kreślących.
94. Hegershoff, R.: Das Rückwärtseinschneiden im Raum mit Benützung des Autokartographen. I. A. f. Ph. 1923.
95. Hegershoff, R.: Die Phototopographie und ihre Anwendung auf Flugzeugaufnahmen. Geographische Anzeige, 1920.
96. Fischer, F.: Über die Berechnung des räumlichen Rückwärtseinschnitts bei Aufnahmen aus Luftfahrzeugen Jena, 1921.
97. Hornoch, A.: Beiträge zur Lösung des räumlichen Rückwärtseinschneidens. A. V. N. 1928.
98. Schulze, F.: Vereinfachte Lösung der Fundamentalaufgabe der Lufttopographie. B. u. L. 1928.  
51. Orjentowanie stereogramów drogą optyczno-mechaniczną.  
\*Por. poz. 10 str od 184 do 193.
99. Gruber- O.: Einfache und Doppelpunkteinschaltung im Raum. Jena, G. Fischer, 1924.
100. Redel: Das Flugzeug im Dienste der Forstwirtschaft. M. L. St. 1926.
101. Schneider, K.: Die Aerophotogrammetrie im Dienste der Schweizer Landesvermessung. B. u. L. 1929.  
52. Triangulacja fotogrametryczna.
- \*102. Gruber, O.: Fortschritte der Aerotriangulation. B. u. L. 1928.  
53. Triangulacja nadirowa.
103. Rudel, E.: Darstellung eines nahezu ebenen Geländes nach Fliegeraufnahmen bei spärlich vorhandenen Festpunkten. Sitzungsber. der bayer. Akademie der Wissensch. 1921.
104. Aschenbrenner, Cl.: Über Nadirpunkttriangulation. M. L. St. 1926.
105. Aschenbrenner, Cl.: Bericht über die Durchführung und die Ergebnisse einer Bildtriangulierung mit den neuen Geräten der Photogrammetrie G. m. b. H. B. u. L. 1929.
106. Buchholtz, A.: Über die Ausgleichung von Bildtriangulation. B. u. L. 1930. Por. poz. 78.  
54. Zupelna triangulacja fotogrametryczna.
107. Seeliger, P.: Topographische Triangulation duch Stereophotogrammetrie. Z. f. V. 1905.
108. Weidinger, H.: Koppelaufnahmen. M. L. St. 1927.
109. Boykow, M.: Die Bedingungen für die Wirtschaftlichkeit der Luftaufnahmen. B. u. L. 1928.
110. Langhoff, H.: Der Mehrfach-Reihenbildner der N. V. Aerogeodetic in Berlin-Zehlendorf, B. u. L. 1926.

- \*111. Das aerogeodätische Verfahren der N. V. Aerogeodetic Berlin.  
55. Pokrycie zdjęć lotniczych.
  - 112. Dock, H.: Planung vom Vermessungsflügen für „Senkrechtaufnahmen“. Věstnik Inženýrské komory v Praze. 1927
  - 113. Leiber, F.: Die spektralen Eigenschaften des Luftbildfilters. Die Photograph. Industrie. 1928.
  - 114. Ungewitter, J.: Aus der Praxis des Luftbildtechnikers. B. u. L. 1928.
  - 115. Ungewitter, J.: Eine neue Visiervorrichtung für Luftbild-Messaufnahmen. B. u. L. 1929.
  - 116. Carlier, A.: La Photographie Aérienne. Delegrave, Paryż, 1921.
  - 117. Lewartowski, J.: Format klisz zdjęć lotniczych. W. S. G. 1929, zeszyt 3—4.  
56. Kamery lotnicze.
  - 118. Schneider, K.: Ein neues Reihenbildgerät für Luftmessaufnahmen. B. u. L. 1926.
  - 119. Lacmann, O.: Gegenwartsfragen der Phototopographie. B. u. L. 1928.
  - 120. Seliger, P.: Das Luftbildwesen-Bildaufnahme. Z. d. Vereines deut. Ing. 1928.
  - 121. Hugershoff, R.: Neue Aufnahme und Auswertegeräte für kolonialtopographische Aufnahmen. B. u. L. 1929.
  - 122. Aschenbrenner, Cl.: Neue Geräte und Methoden für die photogrammetrische Erschliessung unerforschter Gebiete. B. u. L. 1929.  
57. Dokładność zdjęć fotogrametrycznych.
  - \*123. Schneider, K.: Ergebnisse aerophotogrammetrischen Probeaufnahmen mit Wild-Instrumenten. Z. f. V. u. K. 1928.
  - \*124. Seidel, I.: Die photogrammetrischen Arbeiten des Reichsamt für Landesaufnahme im Etatjahr 1927. B. u. L. 1928.
  - 125. Salach, Cz.: Prace fototopograficzne w świetle źródeł rosyjskich. W. S. G. 1929, zeszyt 1—2.
-

## SPIS RZECZY.

Przedmowa autora . . . . .	Str. III
----------------------------	-------------

### CZEŚĆ I.

1. Podział zdjęć fotogrametrycznych . . . . .	1
2. Kamera fotograficzna . . . . .	1
3. Mierzenie kątów . . . . .	3
4. Komparator . . . . .	4
5. Teodolit do wymierzania klisz . . . . .	4
6. Orientacja zewnętrzna . . . . .	6
7. Fotogrametrja stolikowa . . . . .	7
8. Stereofotogrametrja . . . . .	9
9. Strefa neutralna przy zdjęciach stereoskopowych . . . . .	10
10. Paralaksa pozioma . . . . .	11
11. Obliczenie współrzędnych przestrzennych ze stereogramu . . . . .	12
12. Obliczenie długości podstawy . . . . .	13
13. Stereokomparator . . . . .	15
14. Kreślenie planów stereofotogrametrycznych . . . . .	17
15. Zdjęcia skrócone, zbieżne i pochylone . . . . .	19
16. Graficzny sposób kreślenia planów ze zdjęć lewo i prawo skróconych . . . . .	24
17. Przyrządy do mechanicznego kreślenia planów . . . . .	25
18. Wyznaczenie orientacji wewnętrznej . . . . .	29
19. Wyposażenie fotogrametryczne polowe . . . . .	31
20. Prace polowe . . . . .	33
21. Zastosowanie fotogrametrji naziemnej . . . . .	37

### CZEŚĆ II.

22. Fotogrametrja lotnicza . . . . .	39
23. Rodzaje zdjęć lotniczych i prac fotogrametrji lotniczej . . . . .	40
24. Orientacja zewnętrzna zdjęcia lotniczego . . . . .	44
25. Graficzne kreślenie foto-planów . . . . .	45
26. Graficzne wyznaczenie wysokości lotu, linii poziomej na kliszy, kierunku zdjęcia, kąta pochylenia, kąta skantowania i punktu nadirowego . . . . .	47
27. Metoda optyczna . . . . .	49
28. Prostowanie . . . . .	51
29. Inwersory . . . . .	57

	Str.
30. Wpływ różnic wysokości na sytuację foto-planu . . . . .	59
31. Prostowniki (podział) . . . . .	60
32. Prostownik Roussilhe'a . . . . .	60
33. Prostownik Zeissa . . . . .	63
34. Prostownik Aschenbrennera . . . . .	64
35. Prostownik Hugershoffa . . . . .	66
36. Prostownik Williamsona . . . . .	67
37. Sposoby sporządzania foto-planów przy pomocy prostowników . . . . .	67
38. Graficzne kreślenie foto-map . . . . .	71
39. Prostowanie z odcinaniem wprzód . . . . .	74
40. Wpływ pochylenia osi optycznej na pomiar kątów poziomych z kliszy fotograficznej . . . . .	75
41. Wpływ różnicy wysokości punktów terenu i pochylonej kliszy na pomiar kątów poziomych z kliszy . . . . .	76
42. Foto-plany uzupełnione warstwicami przez pomiar dodatkowy . . . . .	77
43. Bezpośrednie kreślenie map . . . . .	79
44. Projekcja stereogramu na jeden ekran . . . . .	79
45. Maszyny samokreślące . . . . .	82
46. Stereoplanigraf Zeissa . . . . .	82
47. Aerokartograf Hugershoffa . . . . .	86
48. Autograf Wilda . . . . .	90
49. Stereotopograf Poivilliersa . . . . .	95
50. Sposoby orjentowania klisz (stereogramów) w maszynach kreślących . . . . .	96
51. Orijentowanie stereogramów drogą optyczno-mechaniczną . . . . .	97
52. Triangulacja fotogrametryczna . . . . .	108
53. Triangulacja nadirowa . . . . .	108
54. Zupełna triangulacja fotogrametryczna . . . . .	112
55. Pokrycie terenu zdjęciami lotniczymi . . . . .	117
56. Kamery lotnicze . . . . .	120
57. Dokładność zdjęć fotogrametrycznych . . . . .	126
Spis literatury . . . . .	128



ERRATA.

Str. 28 fig. 27 zamiast „lineał“ ma być „linjał“.

Str. 52 wiersz 23 po słowie „wtedy“ ma być „dla każdej podziałki“.

Str. 77 wiersz 31 zamiast „41“ ma być „42“.

At cbd

Biblioteka Główna UMK



300000511301

(3)

306  
31

25, 1

Biblioteka  
Główna  
UMK Toruń

737861

