

Daniel DANILEWSKI

Nomogram do wyznaczania i przeliczeń rzeczywistych i pozornych kątów upadu oraz do wyznaczania kątów biegu warstw

WSTĘP

W artykule przedstawiono projekt nowego typu nomogramu pomocnego przy wykonywaniu graficznych konstrukcji na mapach geologicznych. Wiąże on wiele elementów konstrukcyjnych spotykanych na znanych powszechnie nomogramach i siatkach stereograficznych, np. spełnia takie same zadania jak nomogram Palmiera, tj. umożliwia wyznaczanie rzeczywistych i pozornych kątów upadu, oraz jak szereg konstrukcji wykonywanych na siatce Wulfa i pod względem możliwości jest najbardziej do niej zbliżony.

Przedstawiony nomogram pozwala na wykonywanie następujących konstrukcji: wyznaczanie pozornych kątów upadu, wyznaczanie rzeczywistego kąta upadu na podstawie jednego lub dwóch przekrojów geologicznych, określanie azymutu i kąta upadu osi fałdu na podstawie pomiarów biegu i upadu na dwóch skrzydłach, wyznaczanie elementów orientacji krawędzi przecięcia dwóch powierzchni na podstawie pomiarów biegów i upadów tych powierzchni. Nomogram może być również zastosowany w innych konstrukcjach geometrycznych, w których odgrywa jedynie rolę pomocniczą.

Zaletą nomogramu jest możliwość różnorodnych zastosowań, łatwość wykonywania konstrukcji oraz możliwość otrzymania bezpośrednio nie tylko danych liczbowych dotyczących kąta upadu, ale również modułów tych kątów, co bardzo ułatwia i skraca czas wykonywania opracowań graficznych.

OPIS NOMOGRAMU

Nomogram do wyznaczania i przeliczania kątów przedstawiony jest na fig. 1. Posiada on dwie wzajemnie prostopadłe osie — a i b . Punkt przecięcia się osi oznaczamy literą O . Równolegle do osi b znajduje się na nomogramie szereg linii prostych, których odległości od osi b wzrastają zgodnie z funkcją kątową \cotangens . Proste te są opisane na obu końcach wartościami kątów. Na nomogramie znajduje się również szereg współśrodkowych półokręgów ze środkiem w punkcie O , o promieniach

równych odległościom wyżej wymienionych prostych od osi *b*. Półokreśli, podobnie jak i proste, opisane są wartościami kątowymi. Nomogram zawiera dodatkowo podziałkę kątową (kątomierz) ułatwiającą wykonywanie konstrukcji oraz skalę i wartość cięcia warstwiczowego, dla których nomogram został wykonany. Może być również podana tabelka przeliczeniowa z wielkościami cięcia i wartościami skali, dla których nomogram ten będzie również zgodny. Skala i wielkość cięcia będzie, oczywiście, tylko w tym przypadku istotna, gdy przy wykonywaniu konstrukcji będziemy posługiwali się wielkościami modułów. Jeśli wystarczą nam wyłącznie liczbowe dane kątowe, każdy nomogram będzie przydatny niezależnie od skali i wielkości cięcia, dla których został wykonany.

ZASADA KONSTRUKCJI NOMOGRAMU

Podstawowym zadaniem konstrukcji nomogramu jest określenie jego skali i wielkości cięcia warstwiczowego oraz wyznaczenie na tej podstawie wielkości modułów dla poszczególnych kątów. Wyznaczenie modułów można wykonać dwiema metodami: graficzną i analityczną.

Metoda graficzna jest mało skomplikowana i mało pracochłonna, jednak mniej dokładna niż metoda analityczna. Wykreślamy dwie proste *c* i *d*, wzajemnie prostopadłe, z punktem przecięcia *T*. Na prostej *d* wyznaczamy odcinek *T—S* równy wielkości cięcia w przyjętej skali (fig. 2).

Przez punkt *S* prowadzimy szereg prostych w określonych odstępach kątowych, aż do przecięcia z prostą *c*. Pęk prostych opisujemy wartościami kątów, mierząc kąt zawarty pomiędzy prostą równoległą do osi *c* i opisywaną prostą. Odległość pomiędzy punktem *T* a punktem przecięcia się jednej z prostych *e* z osią *c* jest to moduł kąta, którego wartość jest opisana przy prostej *e*. W ten sposób otrzymujemy moduły dla wszystkich określonych wartości kątowych.

Metoda analityczna jest znacznie bardziej pracochłonna, lecz znacznie dokładniejsza niż metoda graficzna. Wielkość modułu (*m*) wyznacza się dla poszczególnych kątów według wzoru:

$$m = \cotangens a \cdot h \quad (1)$$

w którym: *m* — szukany moduł w przyjętej skali kąta *a*; *h* — wielkość cięcia warstwiczowego w przyjętej skali.

Przykład: Obliczamy wartość *m* dla kąta 30°, przy cięciu 5 m i przyjętej skali 1 : 1 000:

$$\begin{aligned} \text{ctg } 30^\circ &= 1,7321 & h &= 5 \text{ mm (5 mm w skali 1 : 1 000)} \\ m &= 1,7321 \cdot 5 = 8,6605 \text{ mm} = 8,66 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Po wyznaczeniu modułów przystępujemy do wykreślania nomogramu. Pierwszą czynnością jest wyznaczenie wzajemnie prostopadłych osi *a* i *b*. Moduły odkłada się następnie na osi *a*, poczynając od punktu przecięcia się osi nomogramu. Wyznaczone końcowe punkty modułów opisuje się (ołówkiem) wartościami kątów, którym te moduły odpowiadają. Przez otrzymane punkty prowadzi się następnie proste równoległe do osi *b*. Proste te opisuje się wartościami kątów, przez które były one przeprowadzone. Przez te same punkty wyznaczone na osi *a* prowadzi się półokreśli do przecięcia z osią *b*, których środek znajduje się w pun-

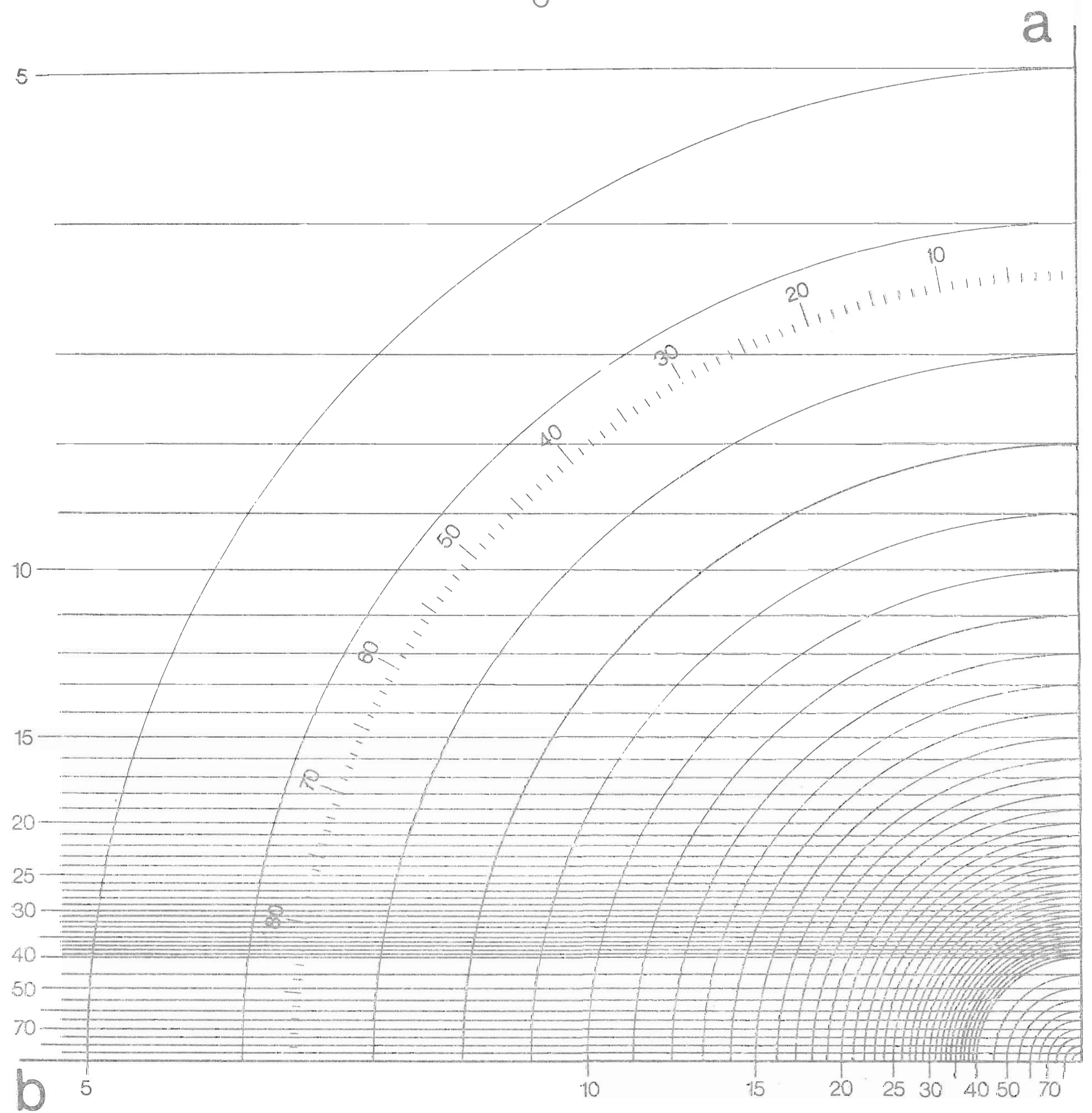
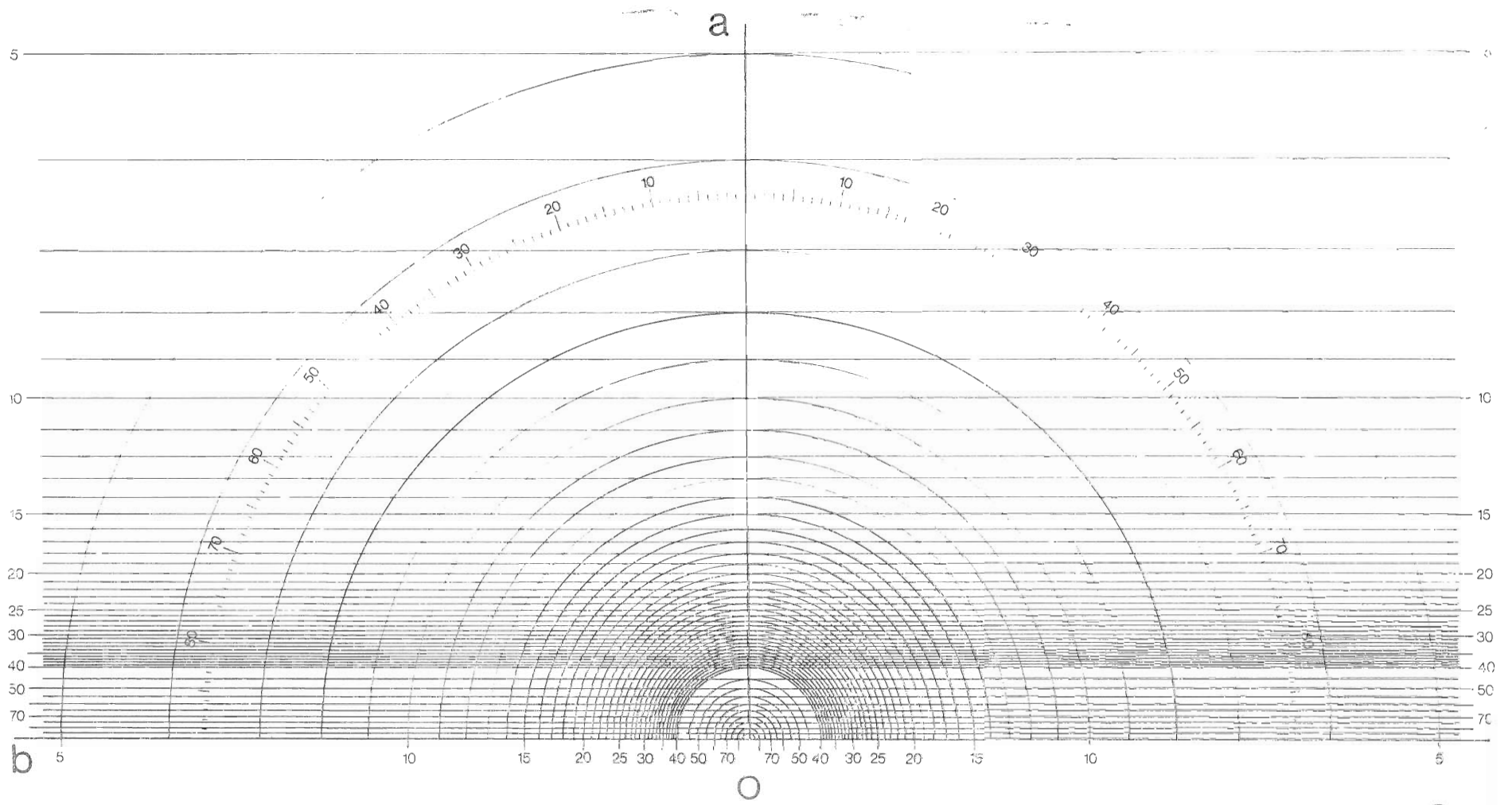


Fig 1 Nomogram do wyznaczania i przeliczeń rzeczywistych i pozornych kątów upadu oraz do wyznaczania kątów biegu warstw
 Nomogram to determine and calculate both real and apparent dip angles and to determine direction angles of strata

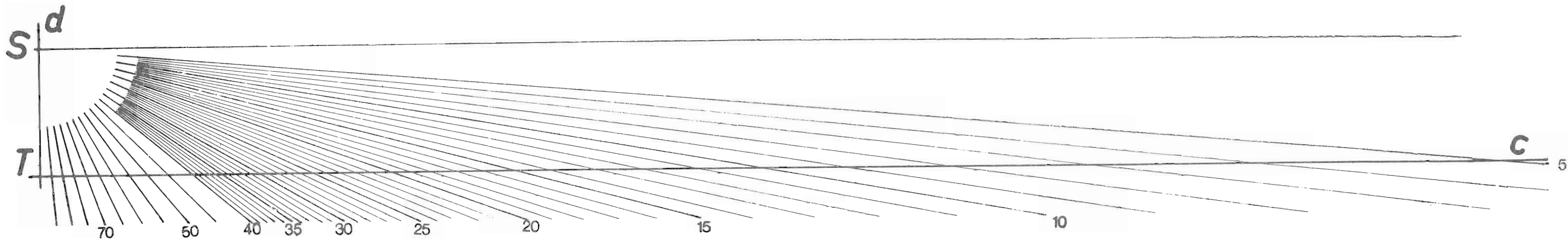


Fig. 2. Graficzna metoda wyznaczania wielkości modułów
 Graphical method of determining values of moduli

kcie O . Półokręgi opisuje się również wartościami kątowymi, analogicznie jak w opisie prostych równoległych.

Dla ułatwienia wykonywania konstrukcji za pomocą nomogramu wskazane jest, aby proste równoległe do osi b oraz półokręgi były wykreślone różnymi kolorami.

Ostatnią czynnością jest wykonanie podziału kąтового, analogicznego jak na kątomierzu. W uzupełnieniu należy podać skalę i wielkość cięcia, dla którego nomogram został wykonany lub tabelkę do przeliczeń.

WYKONYWANIE KONSTRUKCJI
Z ZASTOSOWANIEM NOMOGRAMU
WYZNACZANIE POZORYCH KĄTÓW UPADU

Z określaniem pozorych kątów upadu i ich modułów spotykamy się często przy wykonywaniu przekrojów geologicznych i map strukturalnych. Aby wyznaczyć pozorny kąt upadu, konieczne są następujące dane: rzeczywisty kąt upadu β oraz kąt α na płaszczyźnie poziomej pomiędzy linią przekroju a kierunkiem upadu, który jest prostopadły do linii biegu. Kąt α odkładamy za pomocą podziału kąтового, znajdującego się na nomogramie, w stosunku do osi a . Jednym ramieniem kąta jest oś a , a drugim — prosta f (fig. 3).

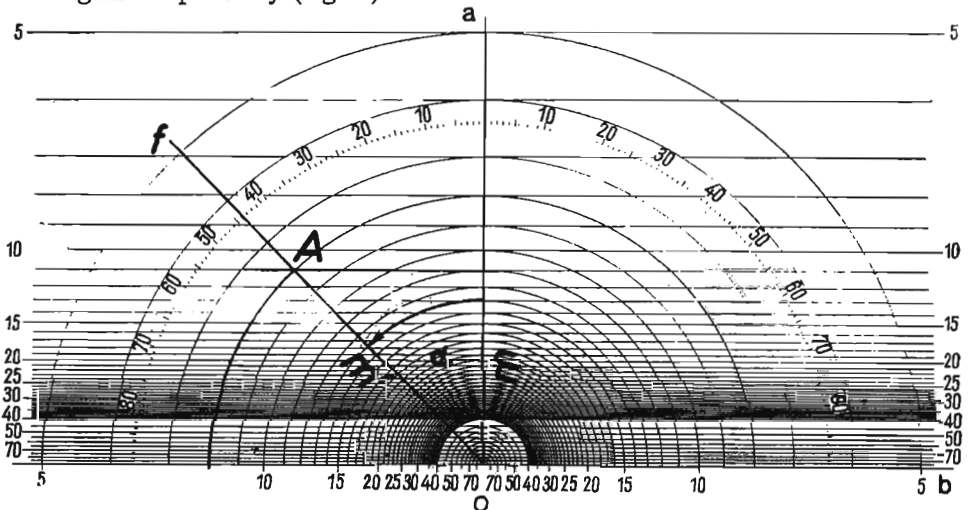


Fig. 3. Wyznaczanie pozorych kątów upadu
Determination of apparent dip angles

Rzeczywisty kąt upadu β , przedstawiony w postaci modułu m , wyznaczamy na osi a . Wyznaczamy następnie punkt przecięcia (A) prostej f z prostą równoległą do osi b , wykreśloną na nomogramie, której odległość od osi b odpowiada modułowi m kąta rzeczywistego. Promień półokręgu o środku w punkcie O , przeprowadzonego przez punkt A , jest modułem m kąta pozornego. W praktyce nie zawsze przez punkt A przechodzi jeden z półokręgów znajdujących się na nomogramie. Wówczas przyjmujemy wartość odpowiadającą półokręgowi przebiegającemu najbliżej punktu A lub pośrednią wartość szacunkową. Wartość kąta od-

czytujemy na osi *b*, gdzie półokręgi przecinają się z tą osią i gdzie zostały opisane. Wielkość modułu upadu pozornego jest promieniem tego półokręgu.

WYZNACZENIE RZECZYWISTEGO KĄTA UPADU NA PODSTAWIE PRZEKROJU GEOLOGICZNEGO

W trakcie opracowań kameralnych może wyniknąć konieczność wyznaczenia rzeczywistego kąta upadu na podstawie przekroju geologicznego. W tym przypadku konieczna jest znajomość azymutu przekroju oraz biegu analizowanej powierzchni. Jeśli nie mamy podanej na mapie

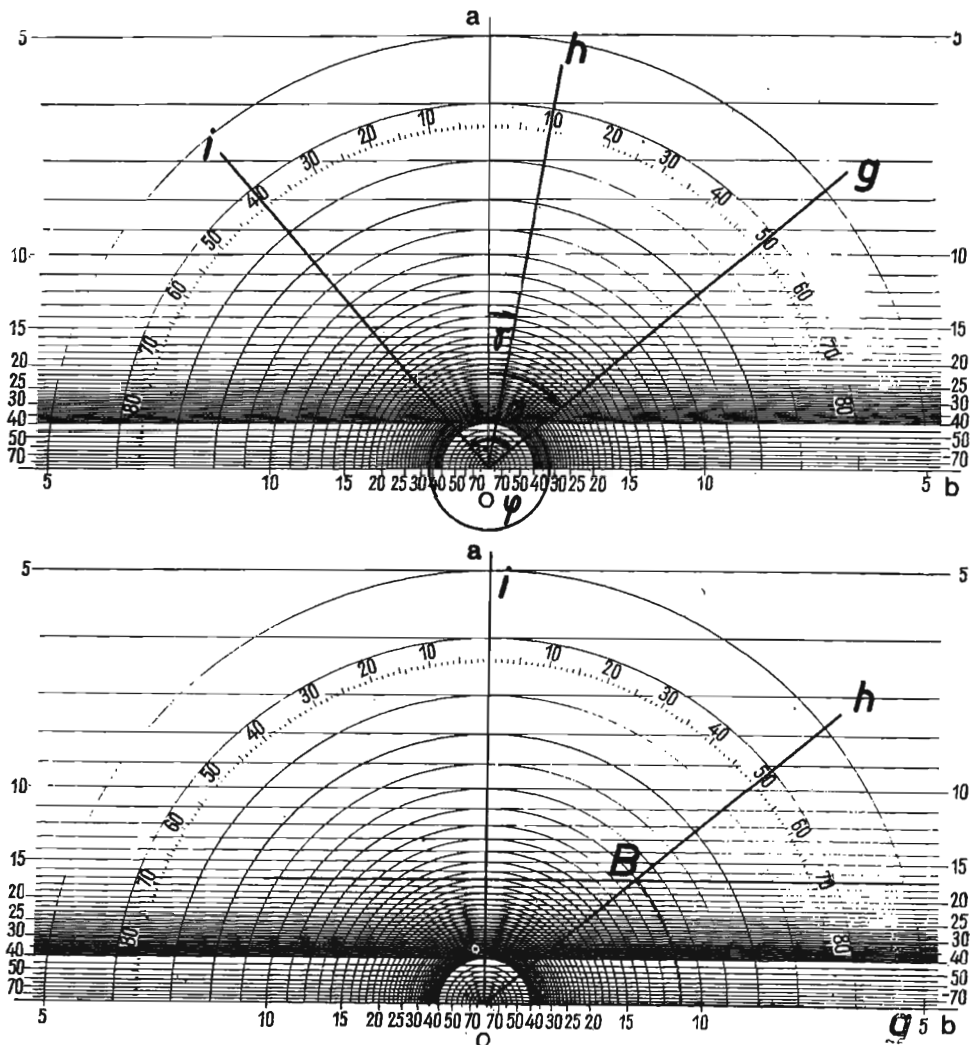


Fig. 4a, 4b — Wyznaczanie rzeczywistego kąta upadu na podstawie przekroju geologicznego
 Determination of real dip angle on one geological cross section

wartości biegu, jesteśmy zmuszeni do przyjęcia azymutu biegu zgodnie z ogólnym biegiem warstwy w danym terenie. Następnie na kalce przy piętej przy punkcie O wykonujemy konstrukcję przedstawioną na fig. 4.

Kąt γ jest azymutem linii przekroju, a kąt α — azymutem biegu warstwy. Prosta g jest linią biegu, a prosta h — linią przekroju. Wystawiając z punktu O prostą prostopadłą do linii biegu g , którą nazwiemy prostą i , znajdujemy azymut linii upadu, którym jest kąt φ . Obracamy następnie kalkkę do położenia przedstawionego na fig. 4b.

Wyznaczamy punkt B przecięcia się prostej h z półokręgiem o wartości kąta upadu wyznaczonego na przekroju. W przykładzie przedstawionym na rysunku 4b pozorny kąt upadu wynosi 11° . Następnie wykreślamy z punktu B prostą równoległą do osi b . Odległość tej prostej równoległej od osi b jest wielkością modułu rzeczywistego kąta upadu. Wartość tego kąta, która w tym przypadku wynosi 17° , odczytujemy na opisie równoległych.

WYZNACZANIE KĄTA UPADU RZECZYWISTEGO NA PODSTAWIE DWÓCH PRZEKROJÓW

Warunek wyznaczenia wartości rzeczywistych wymaga, aby przekroje nie były względem siebie równoległe i — oczywiście — aby zawierały linię przecięcia płaszczyzny przekroju z analizowaną powierzchnią. Konieczna jest również znajomość azymutów tych przekrojów.

Konstrukcję wyznaczenia rzeczywistych kątów i modułów upadu oraz wartości biegów wykonuje się na kalce nałożonej na nomogram i przy piętej w punkcie O .

Posługując się opisem kątowym i przyjmując oś a jako kierunek północy, liniami prostymi k i l wyznaczamy azymuty przekrojów, jak na fig. 5a.

Następnie wyznaczamy punkt przecięcia się tych prostych z półokręgami odpowiadającymi modułom kątów pozornych, określonych na odpowiednich przekrojach. Punkty te łączymy prostą n , po czym obracamy kalkkę do położenia, w którym prosta n będzie równoległa do osi b (fig. 5b).

W tym położeniu odległość na kalce pomiędzy osią b nomogramu a prostą n odpowiada wielkości modułu rzeczywistego kąta upadu, a wartość tego kąta można odczytać na opisie równoległych. W przypadku przedstawionym na fig. 5b wynosi ona w przybliżeniu 12° .

Wyznaczamy następnie prostą p , pokrywającą się z osią a nomogramu, po czym obracamy kalkkę do pierwotnego położenia. Prosta p wyznacza azymut upadu odczytanego na opisie kątowym, znajdującym się na nomogramie. Jeśli chcemy otrzymać wartość biegu, to do otrzymanej wartości dodajemy 90° . W tym przypadku, pokazanym na fig. 5a, azymut upadu wynosi w przybliżeniu 65° , a więc bieg płaszczyzny będzie wynosił $65 + 90 = 155^\circ$.

Wyżej opisana konstrukcja może być stosowana nie tylko w przypadku wyznaczenia rzeczywistych wartości biegów i upadów na podstawie dwóch przekrojów, lecz również na podstawie pomiarów upadu pozornego, wykonanych na ścianach szybików, szybów lub odkrywek. Należy wówczas zmierzyć oprócz upadów pozornych również azymuty ścian.

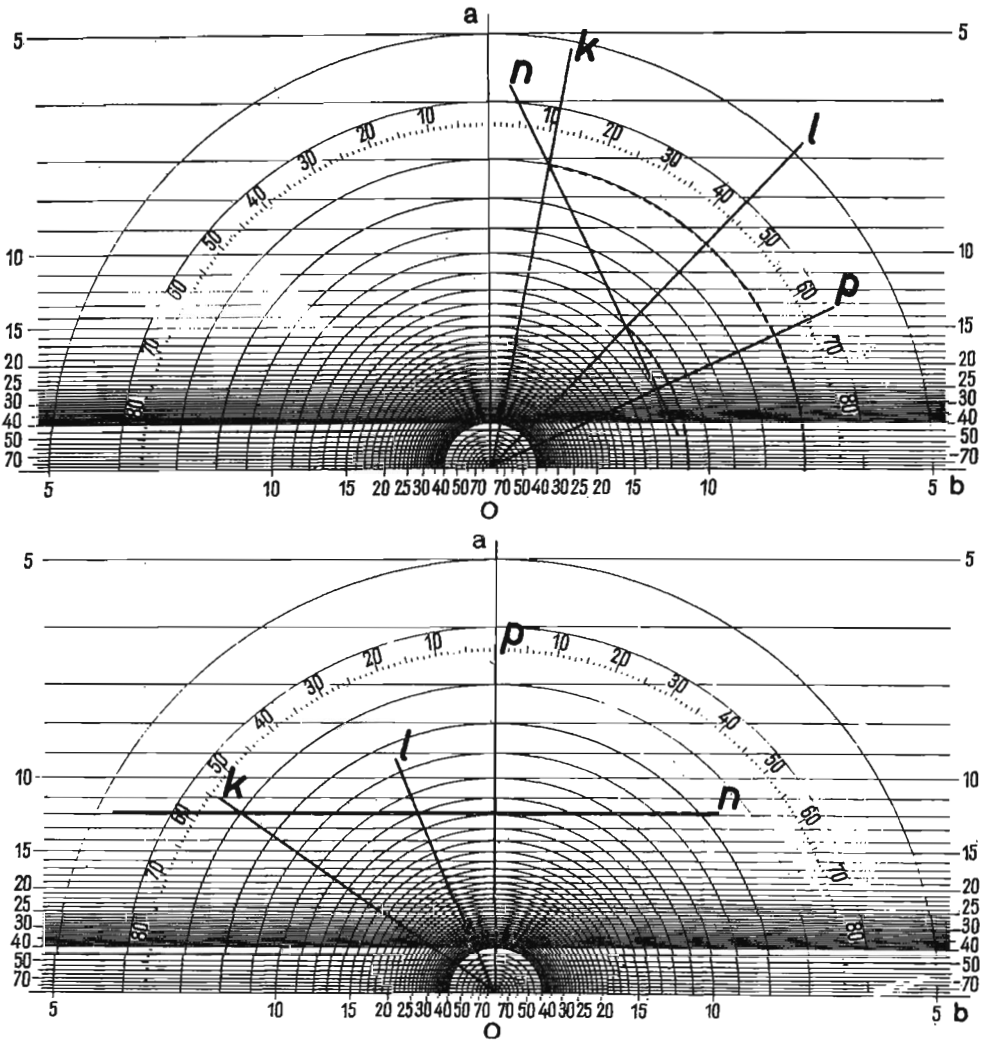


Fig. 5a, 5b — Wyznaczanie kąta upadu rzeczywistego na podstawie dwóch przekrojów
 Determination of real dip angle on two cross sections

WYZNACZANIE AZYMUTU I KĄTA UPADU OSI FAŁDU NA PODSTAWIE
 POMIARÓW BIEGÓW I UPADÓW NA DWOCH SKRZYDŁACH FAŁDU

Konstrukcję tę przeprowadza się, podobnie jak poprzednio opisaną, na kalce przymocowanej w punkcie *O*. Na kalce wykreślamy liniami prostymi *r* i *s*, wystawionymi z punktu *O*, azymuty upadów z dwóch pomiarów biegów wykonanych na dwóch skrzydłach fałdu, posługując się podziałem kątowym znajdującym się na nomogramie (fig. 6a).

Jeśli biegi w obu przypadkach mają takie same wartości, co jest równoznaczne z pokrywaniem się azymutów linii upadów, oznacza to, że os

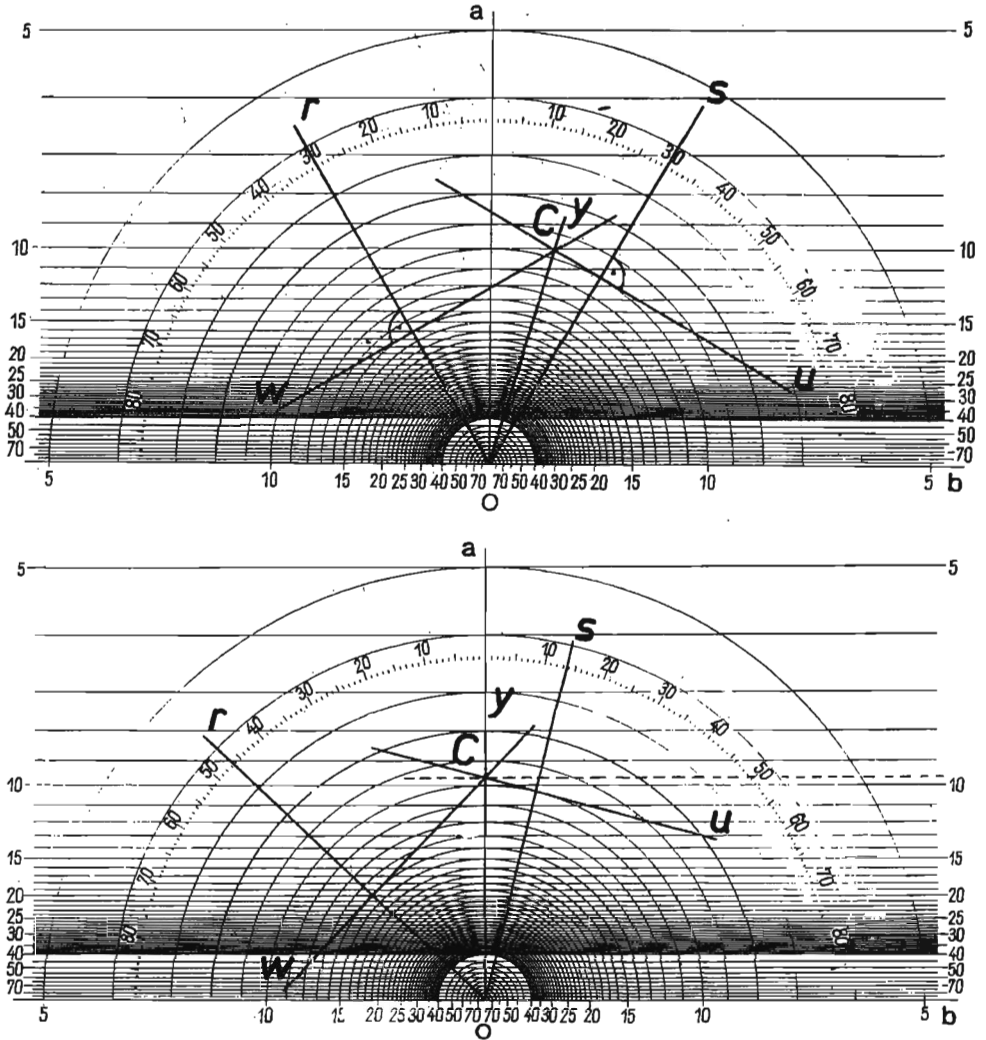


Fig. 6a, 6b — Wyznaczanie azymutu i kąta upadku osi fałdu na podstawie biegów i upadków na dwóch skrzydłach fałdu

Determination of azimuth and dip angle of a fold axis on both directions and dips at two fold limbs

jest pozioma, a jej azymut jest równoległy do biegu skrzydeł. Następnie obracając kalkę ustawiamy każdą prostą r i s równoległe do osi nomogramu. Na tak ustawionej prostej wyznaczamy odległość od punktu O , równą modułowi kąta upadku w danym punkcie pomiaru. Z tego punktu wykreślamy równoległą u do osi b . Podobnie wykonujemy konstrukcję dla drugiej prostej s , wykreślając prostą w . Znajdujemy punkt C przecięcia się prostych u i w . Wyznaczony punkt C ustawiamy na osi a nomogramu, obracając odpowiednio kalkę (fig. 6b).

Odległość $C - O$ jest modulem kąta upadku, a wartość tego kąta można odczytać na prostej przechodzącej przez punkt C i równoległej do osi b . W tym przypadku wynosi on w przybliżeniu 10° . Następnie wykreślamy prostą y , przechodzącą przez punkty C i O . Kalkę ustawiamy w pierwotnym położeniu i wówczas prosta y wyznacza azymut osi fałdu, który odczytujemy na podziale kątowym opisanym na nomogramie. W tym przypadku wynosi on 16° , jeśli przyjąć kierunek osi a jako kierunek północy (fig. 6a). Zwrot upadu zależy od elementu fałdu, dla którego wyznaczamy oś. W przypadku wyznaczania osi antykliny zwrot upadu skierowany jest zawsze w stronę punktu O , a w przypadku synkliny od punktu $x O$.

WYZNACZANIE KRAWĘDZI PRZECIĘCIA SIĘ DWÓCH POWIERZCHNI
NA PODSTAWIE POMIARÓW BIEGÓW I UPADÓW TYCH POWIERZCHNI

Jest to konstrukcja identyczna jak przy wyznaczaniu osi fałdu. Odcinek $C - O$ jest modulem upadu krawędzi przecięcia się tych płaszczyzn, a prosta y wyznacza azymut tej krawędzi.

Pracownia Kartografii Geologicznej
Zakładu Nauk Geologicznych PAN
Warszawa, Al. Zwirki i Wigury 93
Nadesłano dnia 21 czerwca 1971 r.

Данель ДАНИЛЕВСКИ

НОМОГРАММА ДЛЯ ОБОЗНАЧЕНИЯ И ПЕРЕСЧЕТА
ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ И МНИМЫХ УГЛОВ ПАДЕНИЯ,
А ТАКЖЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВ ПРОСТИРАНИЯ ПЛАСТОВ

Резюме

В статье представлен новый тип номограммы, служащей для составления графических конструкций на геологических картах. Она позволяет составлять следующие конструкции: обозначение мнимых углов падения (фиг. 3), определений действительного угла падения на основании одного (фиг. 4a и 4b) и двух геологических профилей (фиг. 5a и 5b), обозначения азимутов и углов падения осей складок на основании измерения простираний и падений на двух крыльях складки, а также для обозначения границы пересечения двух поверхностей и падений этих поверхностей (фиг. 6a и 6b). Требуемые величины углов получены в цифровом значении, а также в виде модулей величин падения. Значения, полученные в виде модулей, в значительной мере ускоряют камеральные картографические работы.

Daniel DANILEWSKI

**NOMOGRAM FOR DETERMINING AND CALCULATING BOTH ACTUAL
AND APPARENT DIP ANGLES AND FOR DETERMINING STRIKE ANGLES
OF BEDS**

Summary

The article presents a new type of nomogram useful in making graphical constructions on geological maps. It allows us to execute the following types of constructions: determination of apparent dip angles (Fig. 3); determination of actual dip angle on the basis of one (Figs. 4a and 4b) and two (Figs. 5a and 5b) geological sections; determination of both azimuth and dip angle of a fold axis by measuring strikes and dips on both fold limbs; and determination of crossing edge of two planes by measuring the courses and dips of these planes (Figs. 6a and 6b). The sought angles are obtained in numerical values and, at the same time, as moduli for dip values. The values obtained in the form of the moduli considerably accelerate the cartographical works carried on maps.