ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Nr 105 Górnictwo z.9 1964

TADEUSZ DZIURA

ANALIZA DOKŁADNOŚCI POMIARU GŁĘBOKOŚCI SZYBU

Streszczenie: W artykule przeanalizowano wpływ czynników obniżających dokładność pomiarów związanych z przeniesieniem współrzędnej "Z" z powierzchni do kopalni przy pomocy taśmy szybowej. Podano sposoby pomiaru zmierzające do podniesienia dokładności określenia wysokości punktów przy pomocy taśmy szybowej na dowolnym poziomie kopalni.

1. WSTĘP

W ostatnich latach przystępuje się stopniowo do eksploatacji pokładów węgla uwięzionych w filarach ochronnych obiektów przemysłowych, miast, osiedli i szybów. Dla pełniejszego poznania procesów deformowania się powierzchni i górotworu towarzyszących eksploatacji górniczej prowadzone są pomiary geodezyjne, najczęściej wysokościowe i długościowe. Najbardziej rozpowszechnione pomiary wysokościowe na powierzchni wykonuje się w dowiązaniu do punktów niwelacyjnych pozostających poza zasięgiem wpływów eksploatacji górniczej. Z uwagi na to, że przystępuje się obecnie do prowadzenia podziemnych obserwacji ruchów górotworu a ustalone na podstawie pomiarów w nawiązaniu do powierzchni wysokości punktów obarczone są stosunkowo dużymi błędami przeniesienia współrzędnej "Z" z powierzchni na odpowiedni poziom kopalni, konieczne jest zastosowanie środków celem zwiększenia dokładności ustalania wysokości punktów w kopalni. Powyższe dotyczy również przenoszenia wysokości punktów z jednych poziomów kopalni na inne.

Nawiązanie pomiarów wysokościowych w kopalni w stosunku do punktów na powierzchni, zwane popularnie pomiarem głębokości szybu, wykonuje się przy pomocy stalowej taśmy szybowej. Bezwzględną wysokość reperu w kopalni (rys. 1) określa się wzorem:

$$H_k = H_p + O_w - O_p - h$$

gdzie:

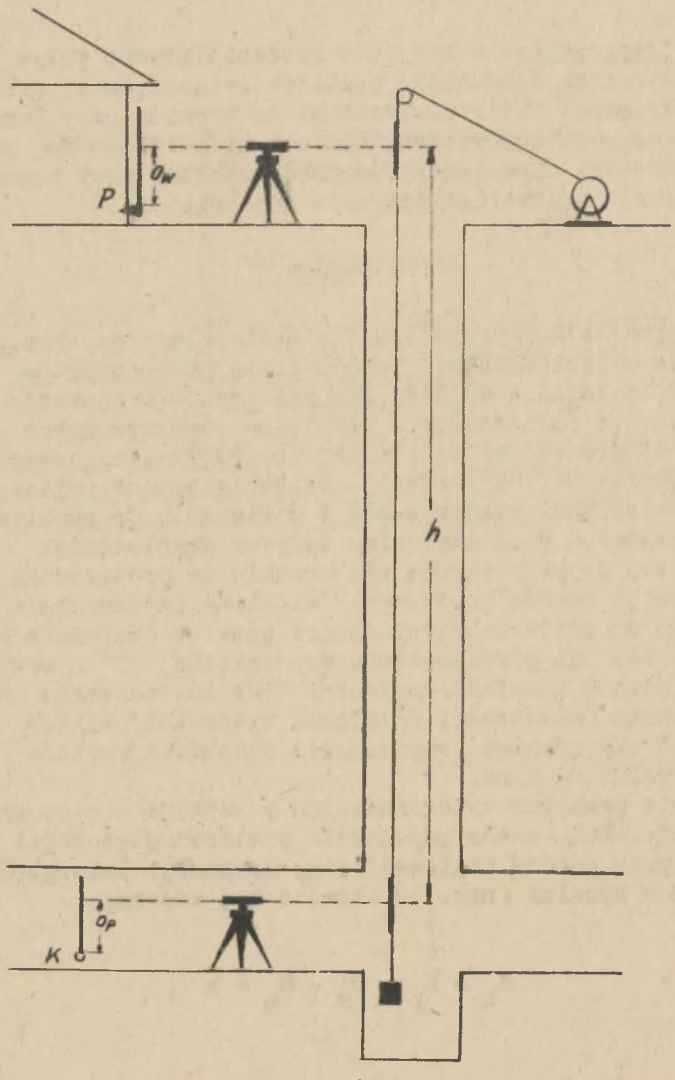
H_p - bezwzględna wysokość reperu na powierzchni,

H_k - bezwzględna wysokość reperu w kopalni,

O_w - odczyt z łaty ustawionej na reperze P,

O_p - odczyt z łaty ustawionej na reperze K,

h - różnica odczytów na taśmie opuszczonej w szybie.



Rys.1

Dla odcinka taśmy h należy uwzględnić następujące poprawki:

a) poprawka na komparację taśmy

$$\lambda_k = V$$

b) poprawka na temperaturę

$$\lambda_t = h(t - t_o)\alpha$$

c) poprawka na wydłużenie taśmy pod wpływem własnego ciężaru

$$\lambda_w = \frac{g\,h}{F\,E}\left(L - \frac{h}{2}\right)$$

e) poprawka na wydłużenie taśmy gdy ciężar przyłożony jest inny od siły naciągu stosowanej przy komparacji

$$\lambda_p = \frac{L\,1000}{F\,E}(P - P_o)$$

W powyższych wzorach oznaczono przez:

h - odcinek taśmy zawarty między poziomymi celowymi niwelatorów

t - temperaturę powietrza w czasie pomiaru,

t_o - temperatura powietrza w czasie komparacji taśmy,

α - współczynnik rozszerzalności liniowej stali,

g - ciężar 1 cmb taśmy w kg,

F - przekrój taśmy w cm^2,

E - moduł sprężystości,

L - całkowita długość zwisającej taśmy,

P - obciążenie taśmy w czasie pomiaru,

P_o - obciążenie taśmy przy komparacji.

2. BŁĘDY SKŁADOWE POMIARU GŁĘBOKOŚCI SZYBU

Obliczona wysokość reperu na podszybiu po uwzględnieniu wszystkich poprawek dla odcinka h, obarczona jest błędem na który składają się:

m_z - błąd określenia wysokości reperu na nadszybiu,

m_n - błąd niwelacji na powierzchni i w kopalni,

m_m - błąd przyłożenia milimetrówek,

m_k - błąd komparacji taśmy,

m_t - błąd określenia temperatury,

m_c - błąd określenia ciężaru taśmy,

m_p - błąd określenia siły naciągu taśmy.

3. WYZNACZENIE WARTOŚCI POSZCZEGÓLNYCH BŁĘDÓW

Błąd określenia wysokości reperu na nadszybiu m_z ma wielkość uzależnioną od dokładności wykonania niwelacji na powierzchni. Zakładając, że wysokość reperu na nadszybiu określono niwelację precyzyjną, można przyjąć wielkość błędu $m_z = \pm 2$ mm.

Wpływ błędu niwelacji na powierzchni i w kopalni określi się przy założeniu, że odczyty na łatach i podziałkach wykonano przy jednakowych długościach celowych z dokładnością 1 mm.

$$m_n = m_o \sqrt{4} = \pm 2 \text{ mm}$$

Błąd przyłożenia milimetrówek do taśmy szybowej można zupełnie pominąć tylko pod tym warunkiem, że zastosuje się specjalne przykładki. Dotychczas jednak powszechnie używa się drewnianych składanych milimetrówek o bardzo niedokładnym podziale, które w czasie pomiaru na skutek drgań taśmy ulegają przesunięciom względem punktu przyłożenia, przez co błąd m_m może osiągnąć wielkość:

$$m_m = 4 \sqrt{2} = \pm 5{,}6 \text{ mm}$$

Komparację taśm szybowych przeprowadza Przedsiębiorstwo Miernictwa Górniczego odcinkami 20 m w oparciu o taśmę wzorcową z dokład-

nością odczytu $\pm$ 0,3 mm. Długość taśmy dzieli się w czasie komparacji na n odcinków (L = n 20) a więc błąd spowodowany komparacją

$$m_k = \pm 0{,}3\sqrt{n}$$

Wpływ błędu określenia temperatury na dokładność pomiaru głębokości szybu wyliczy się ze wzoru:

$$m_t = h\alpha m_{\Delta t}$$

$m_{\Delta t}$ - błąd określenia różnicy temperatury pomiaru i komparacji.

Przy analizach dokładnościowych pomiarów wykonanych taśmami stalowymi przyjmowano błąd określenia różnicy temperatur około $\pm$ 1°C. Z przeprowadzonych badań wynika, że przy stosowanych powszechnie do pomiaru temperatury termometrach okiennych i w warunkach szybowych, błąd ten może osiągnąć wartość $\pm$ 5° C. Powstanie tak znacznego błędu różnicy temperatur należy tłumaczyć następującymi przyczynami:

a) pomiar temperatury w czasie komparacji i w czasie pomiaru głębokości odbywa się różnymi termometrami i w różnym otoczeniu (powietrze suche, wilgotne, spływająca w szybie woda itp.),

b) nie mierzy się temperatury taśmy lecz temperaturę powietrza co prowadzi bardzo często do niewłaściwych poprawek na temperaturę.

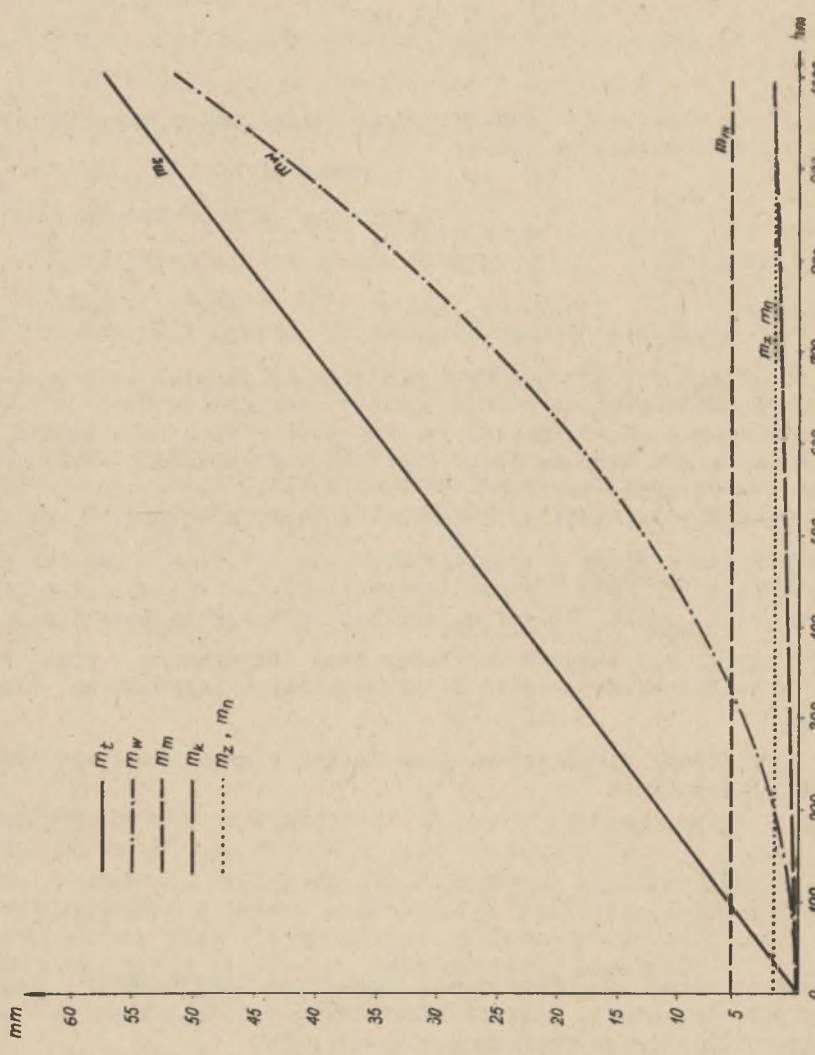
Błąd spowodowany niewłaściwym określeniem ciężaru własnego taśmy wyrazi się zależnością

$$m_w = \frac{h}{F\,E}\left(L - \frac{h}{2}\right) m_g$$

Ciężar własny taśmy g oblicza się biorąc pod uwagę wymiary taśmy i ciężar właściwy stali. Badania laboratoryjne taśm nowych i taśm przez różny okres czasu używanych wykazały, że

a) taśmy często używane wykazują ubytek wagi wskutek korozji i ścierania przy czyszczeniu,

b) ciężar taśmy w szybach mokrych zwiększa się wskutek przylepiania pyłu węglowego, piasku podsadzkowego, wody itp.


mm
60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
m_t
m_w
m_m
m_k
m_z, m_n
m_t
m_w
m_m
m_z, m_n

Rys.2

Dorgą laboratoryjną ustalono dla taśm o przekroju 11 x 0,4 mm wartość $m_g = \pm 0,00098$ kg/m.

Wpływ błędu określenia siły naciągu taśmy na dokładność pomiaru głębokości szybu wyrazi wzór

$$m_c = \frac{L\ 1000}{F\ E}\ m_p$$

Do obciążenia taśm w czasie komparacji i pomiaru stosuje się dokład nie wyważone 10 kg obciążniki a więc błędu m_c z uwagi na jego bar dzo małą wartość nie należy rozpatrywać przy analizach dokładnościowych.

Na rys.2, przedstawiono wpływ poszczególnych błędów składowych na pomiar głębokości szybu przy zmianie odcinka h od 0 - 1000 m. Z rys.2 wynika, że błędy m_z, m_n i m_k utrzymane są w granicach 2 mm i w przeciwieństwie do błędów m_m, m_t i m_w tylko w małym stop niu wpływają na dokładność pomiaru. Zasadniczy wpływ na dokładność pomiaru mają błędy m_t i m_w, których wartość uzależniona jest od głębokości szybu.

Całkowity błąd określenia wysokości punktu na podszybiu wyrażony jest wzorem

$$M = \sqrt{m_z^2 + m_n^2 + m_m^2 + m_k^2 + m_t^2 + m_g^2}$$

Podstawiając do powyższego wzoru wartości błędów składowych obliczone dla głębokości 500 m

$$M = \sqrt{4,0 + 4,0 + 31,3 + 2,2 + 823,7 + 158,7} = \pm 32,0$$

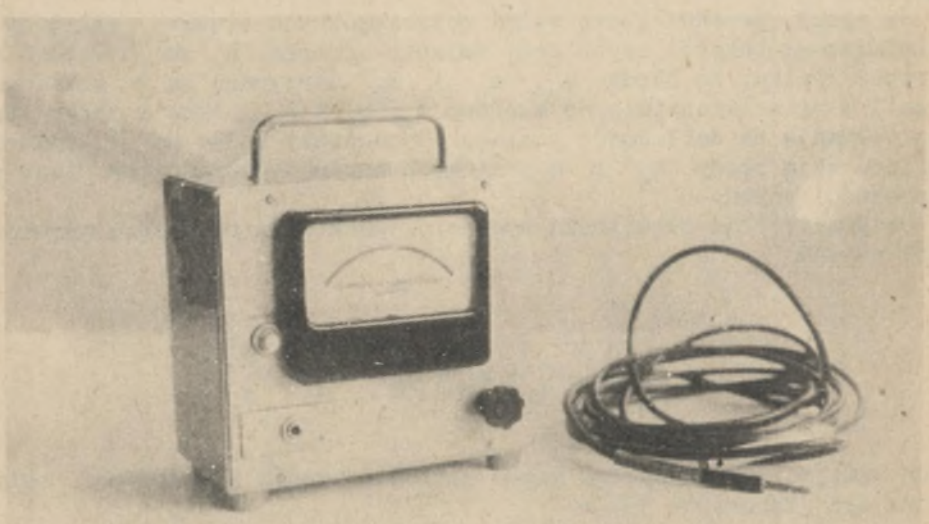
4. SPOSOBY ZWIĘKSZENIA DOKŁADNOŚCI POMIARU

Najbardziej szkodliwy wpływ na dokładność pomiaru głębokości szy bu ma błąd określenia różnicy temperatury. Jedyną drogą prowadzącą do ograniczenia tego błędu jest pomiar nie temperatury otaczającego powietrza lecz pomiar temperatury samej taśmy. Można to osiągnąć przez zastosowanie termometru termistorowego lub termopar. Za termometrem termistorowym (rys. 3) wyposażonym w odpowiedni czujnik przemawia prosta obsługa i szybkość pomiaru temperatury taśmy w do-

wolnym miejscu ze stosunkowo dużą dokładnością bo około 0,5°C. Stała czasu czujnika dla ciał stałych jest rzędu kilkunastu sekund.

Innym przyrządem zapewniającym dokładny pomiar temperatury (± 0,2°) jest termopara. Zastosowanie termopary do pomiaru temperatury w szybie napotkać może pewne trudności spowodowane specyficznymi warunkami panującymi w szybach wydobywczych. Niedogodnością może być konieczność przylutowania końcówek drutu do taśmy dla podłączania termopar.

Błąd spowodowany niewłaściwym obliczeniem ciężaru taśmy można w prosty sposób prawie całkowicie wyeliminować. W tym celu należy oddzielnie zważyć nową taśmę i kołowrót nawijający jeszcze przed wprowadzeniem jej do pomiaru. Ważąc każdorazowo po wykonaniu pomiaru, taśmę łącznie z kołowrotem nawijającym, otrzyma się z wystarczającą dokładnością aktualny ciężar 1 mb taśmy.



Rys. 3

Błąd przyłożenia milimetrówek zmniejszy się do wartości około 1,5 mm stosując w miejsce dotychczas używanych drewnianych podziałek milimetrowych specjalne metalowe przykładki.

Po uwzględnieniu wymienionych wskazań należy sądzić, że całkowity błąd przeniesienia współrzędnej Z z powierzchni na głębokość np. 500 m lub odwrotnie nie powinien przekraczać wielkości

$$M = \sqrt{m_z^2 + m_n^2 + m_m^2 + m_k^2 + m_t^2}$$

$$M = \sqrt{2{,}0^2 + 2{,}0^2 + 1{,}5^2 + 1{,}5^2 + 2{,}9^2}$$

$$M = \pm 4{,}5 \text{ mm}$$

Z powyższego wynika, że bardzo niewielkim nakładem pracy można uzyskać prawie siedmiokrotne zwiększenie dokładności pomiaru głębokości szybu.

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ЗАМЕРЕНИЯ ГЛУБИНЫ СТВОЛА

Р е з ю м е

В статье подвергается анализу влияние факторов занижающих точность измерений связанных с переносом координаты "z" с поверхности земли в шахту при помощи стволовой ленты. Приведены методы замерений стремящиеся к повышению точности определения высоты точек при помощи стволовой ленты на произвольном уровне шахты.

BETRACHTUNGEN ÜBER GENAUIGKEIT DER SCHACHTTIEFEMESSUNG

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wundern Parameter durchanalysiert, welche die Genauigkeit der Schachtbandmessungen bei Übertragung der Ordinate "Z" von Erdoberfläche in die Grube - vermindern. Es wurden Messmethoden angebracht welche Genauigkeitssteigerung bei Punkthöhenbestimmung mittels eines Schachtmessbands auf beliebigen Abbauhorizont - garantierent.

POLITECHNIKA ŚLĄSKA