

Józef MARKOWICZ, Grażyna OBER, Stanisław SZWEDA
Politechnika Śląska, Gliwice

OCENA DOKŁADNOŚCI WYZNACZANIA OBCIĄŻENIA ZESPOŁU STROPNICA – OSŁONA ODZAWAŁOWA SEKCJI OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ NA PODSTAWIE WYNIKÓW POMIARÓW DOŁOWYCH

Streszczenie. Praca dotyczy metody wyznaczania oddziaływania górotworu na sekcję obudowy zmechanizowanej na podstawie pomiaru sił wewnętrznych w sekcji. Oddziaływanie górotworu zamodelowano w postaci skrętnika przyłożonego do zespołu stropnica – osłona odzawałowa. Rozpatrzono wpływ dokładności pomiaru sił wewnętrznych w sekcji na parametry oddziaływania górotworu. Stwierdzono, że przedstawiona metoda badań umożliwia wystarczającą dokładność wyznaczenia wybranych parametrów oddziaływania górotworu na zespół stropnica – osłona odzawałowa.

ASSESSMENT OF THE ACCURACY WITH WHICH A LOAD ACTING ON THE ASSEMBLY: CANOPY - GOB SHIELD OF A POWERED ROOF SUPPORT UNIT IS DETERMINED ON THE BASIS OF RESULTS OF UNDERGROUND MEASUREMENTS

Summary. The paper deals with a method for determining of the action of rock mass on a powered roof support unit, which is based on measurements of internal forces occurring in a support unit. The action of rock mass has been modelled in a form of a wrench applied to the assembly: canopy - gob shield. The effect of measuring accuracy of internal forces occurring in a support unit on parameters of the rock mass action was subject of investigation. It has been found that the presented method provides the sufficient accuracy of determining of the selected parameters of the rock mass action on the assembly: canopy - gob shield.

1. Wprowadzenie

Wykorzystanie wyników pomiarów wykonanych w wyrobisku eksploatacyjnym w projektowaniu i badaniach maszyn celem oceny obciążeń zewnętrznych działających na nie

od strony górotworu jest uwarunkowane możliwością wyznaczenia parametrów obciążenia zewnętrznego z wystarczającą dla praktyki dokładnością. W przypadku obciążenia sekcji obudowy zmechanizowanej stosowana jest powszechnie metoda wyznaczenia obciążenia zewnętrznego sekcji poprzez pomiar sił wewnętrznych w wybranych elementach. Najczęściej pomiary te sprowadzają się do wyznaczenia sił w stojakach hydraulicznych.

Stosowane metody wyznaczenia obciążenia zewnętrznego sekcji obudowy zmechanizowanej różnią się między sobą przyjmowanymi założeniami upraszczającymi dotyczącymi zarówno modelu obciążenia zewnętrznego sekcji, jak i postaci konstrukcyjnej sekcji. Przyjmowane założenia upraszczające wpływają na liczbę i rodzaj wielkości mierzonych, niezbędnych do wyznaczenia parametrów charakteryzujących obciążenie zewnętrzne sekcji. W konsekwencji, dokładność pomiaru wielkości mierzonych wpływa na dokładność wyznaczenia obciążenia zewnętrznego. Celem niniejszej pracy jest ocena metod wyznaczenia obciążenia zewnętrznego sekcji ze względu na kryterium maksymalnego błędu wyznaczenia parametrów charakteryzujących to obciążenie.

Najczęściej metoda wyznaczenia obciążenia zewnętrznego sekcji sprowadza się do pomiaru sił w stojakach hydraulicznych. Stosując ją, w przypadku sekcji obudowy podporowo-osłonowej, można wyznaczyć jedynie w przybliżony sposób składową pionową oddziaływania górotworu na całą sekcję.

Potraktowanie sekcji obudowy zmechanizowanej jako układu przestrzennego i wyznaczenie parametrów oddziaływania górotworu na elementy sekcji obudowy jest znacznie bardziej złożone. Analizę tego problemu przedstawiono w pracy [2]. Z przeprowadzonych tam rozważań wynika, że istotny wpływ na dokładność wyznaczenia parametrów obciążenia zewnętrznego sekcji ma dokładność zastosowanej metody pomiaru sił wewnętrznych [1,5] oraz dokładność pomiaru wymiarów geometrycznych sekcji [3,4].

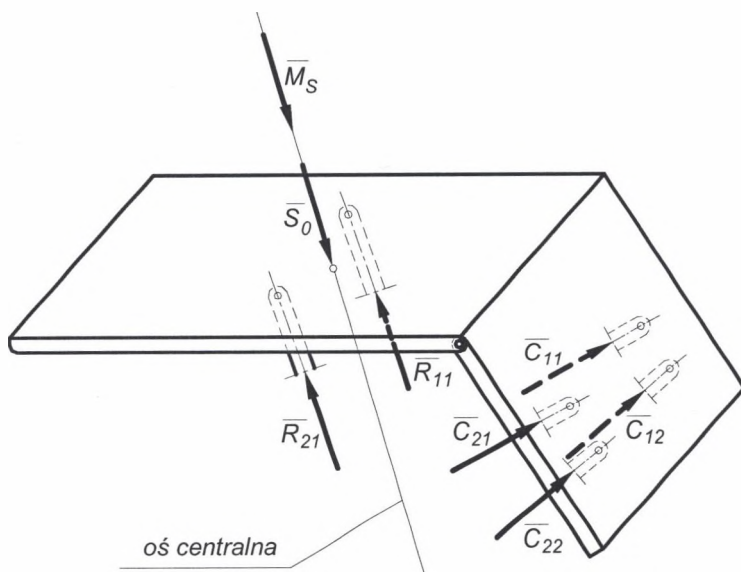
Wykazano, że wyznaczenie oddziaływania górotworu na osłonę odzawałową z maksymalnym błędem nie większym niż 20% jest niemożliwe. Wynika stąd, że wyznaczenie parametrów charakteryzujących oddziaływanie stropu na stropnicę i zawału na osłonę poprzez pomiar sił wewnętrznych w sekcji jest niemożliwe. Istnieje więc potrzeba rozpatrzenia uproszczonego modelu oddziaływania górotworu na sekcję obudowy zmechanizowanej.

Poniżej przedstawiono jeden z możliwych sposobów uproszczenia rozpatrywanego problemu, polegający na wyznaczeniu parametrów charakteryzujących przestrzenny układ sił, działających od strony górotworu na zespół stropnica- osłona odzawałowa. Zastosowane uproszczenie w porównaniu z przestrzennym układem sił rozpatrywanym w pracy [2] polega

na tym, że nie rozpatruje się układu sił działających osobno na stropnicę i osłonę, lecz wyznacza oddziaływanie górotworu na zespół stropnica-osłona odzawałowa, traktowany jako jedno ciało sztywne.

2. Model obciążenia zespołu stropnica – osłona odzawałowa

W przypadku ogólnym na zespół stropnica – osłona odzawałowa działa, od strony górotworu, przestrzenny dowolny układ sił redukujący się do skrętnika. Reakcją na obciążenie skałami górotworu, zespołu stropnicy i osłony odzawałowej jest układ wewnętrznych sił biernych w stojakach i łącznikach lemniskatowych. Przykładowy schemat statyczny zespołu stropnica – osłona odzawałowa dla sekcji jednoszeregowej przedstawiono na rys. 1.

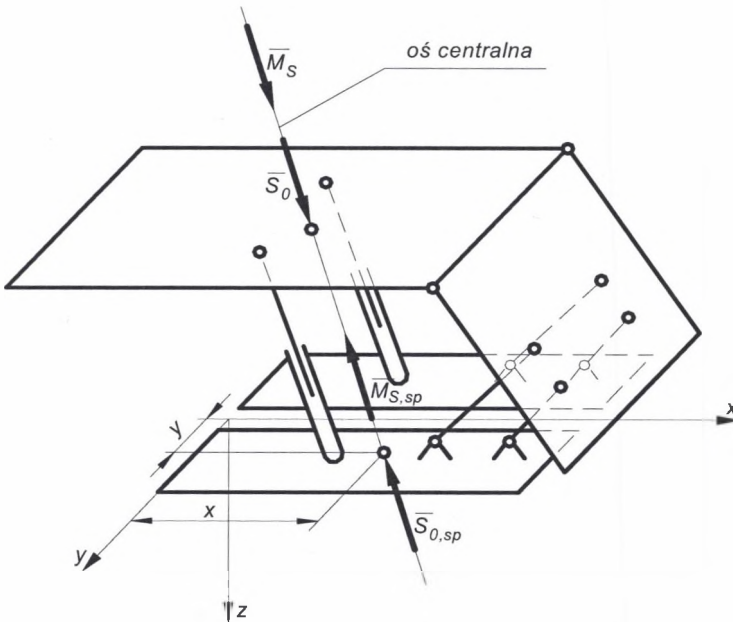


Rys. 1. Schemat statyczny zespołu stropnica – osłona odzawałowa
Fig. 1. Static diagram of the assembly canopy – gob shield

W wyniku pomiarów wykonanych w wyrobisku znane są wartości sił w stojakach i łącznikach sekcji. Z równań równowagi zespołu stropnica - osłona odzawałowa wynika, że wektory sumy ogólnej \bar{S}_0 oraz momentu skrętnika \bar{M}_s są jednoznacznymi funkcjami sił w stojakach hydraulicznych i łącznikach.

Po zastosowaniu metody przekrojów dla całej sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 2) stwierdzono, że wynik redukcji nacisku spągu na spągnice równoważy zredukowane obciążenie zespołu stropnica – osłona odzawałowa. Dlatego też wyznaczając obciążenie zespołu stropnica – osłona odzawałowa najpierw zredukowano obciążenie spągnic, a następnie obliczono wynik redukcji nacisku górotworu na zespół stropnica – osłona odzawałowa. Z własności metody przekrojów wynika, że zredukowane obciążenie zewnętrzne zespołu stropnica – osłona odzawałowa jest równoważone przez układ sił oddziaływania spągu na spągnicę (rys.2).

$$\begin{aligned}\bar{S}_o &= -\bar{S}_{o,sp} \\ \bar{M}_s &= -\bar{M}_{s,sp}\end{aligned}\quad (1)$$



Rys. 2. Redukcja wypadkowego obciążenia stropnicy – osłony odzawałowej
Fig. 2. Reduction of the resultant load of the assembly canopy –shield

Zgodnie z rys. 3. i warunkami równowagi całej sekcji zależność pomiędzy parametrami oddziaływania górotworu na zespół stropnica – osłona odzawałowa a składowymi wektorów N_{Si} oraz T_i oddziaływania spągu na spągnicę określają wzory (2) i (3).

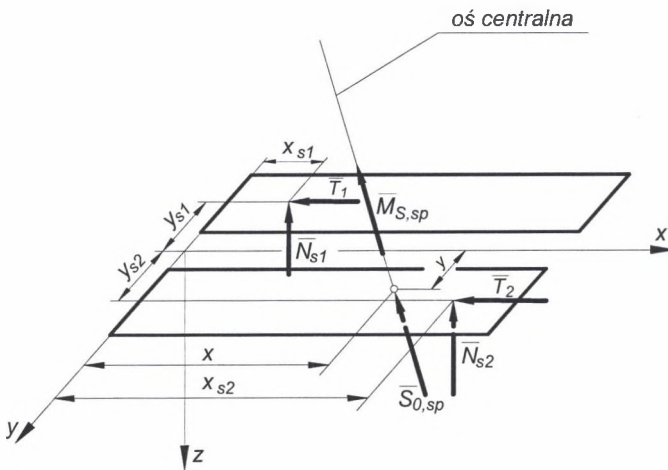
Współrzędne oraz wartość wektora wypadkowego obciążenia zespołu stropnica – osłona odzawałowa:

$$\begin{aligned}
 S_{o_x} &= T_1 + T_2 \\
 S_{o_z} &= N_{s1} + N_{s2} \\
 S_o &= \sqrt{S_{o_x}^2 + S_{o_z}^2}
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

Składowe oraz wartość momentu skrętnika działającego na zespół stropnica – osłona odzawałowa:

$$\begin{aligned}
 M_{s_x} &= (N_{s2} - N_{s1}) \cdot \frac{b_1}{2} \\
 M_{s_y} &= -(N_{s1} \cdot x_{s1} + N_{s2} \cdot x_{s2}) \\
 M_{s_z} &= (T_1 - T_2) \cdot \frac{b_1}{2}
 \end{aligned}
 \quad (3)$$

Współrzędne x, y punktu przebicia płaszczyzny spągu przez oś centralną wyznacza się z równania osi centralnej [1].



Rys. 3. Redukcja wypadkowego obciążenia spągnic
Fig. 3. Reduction of the resultant load of a base

Wartości sił N_{s_i} oraz T_i , jak również współrzędnych x_{s_i} zależą od sił w stojakach, sił w łącznikach oraz parametrów geometrycznych sekcji. Dokładność pomiaru wyżej wymienionych wielkości wpływa na wartość parametrów skrętnika wyznaczonych ze wzorów (2) i (3).

3. Analiza dokładności wyznaczania parametrów charakteryzujących obciążenie zespołu stropnica – osłona odzawałowa

Dokładność pomiaru wielkości fizycznych niezbędnych do wyznaczenia parametrów charakteryzujących oddziaływanie górotworu na zespół stropnica osłona odzawałowa zależy od zastosowanej metody pomiaru. W tabeli 1 zestawiono wartości błędów pomiaru wielkości wyznaczanych podczas pomiarów w wyrobisku. Zagadnienie to omówiono szerzej w [2].

Dokładność wyznaczania parametrów charakteryzujących obciążenie zespołu stropnica – osłona odzawałowa zależy od błędów pomiaru wszystkich wielkości mierzonych w wyrobisku. Na rysunkach 4-7 przedstawiono wykresy całkowitego błędu względnego wyznaczania poszczególnych parametrów oddziaływania górotworu na zespół stropnica – osłona odzawałowa sekcji obudowy zmechanizowanej typu Glinik-15/32 POz w zależności od współczynnika λ błędu pomiaru.

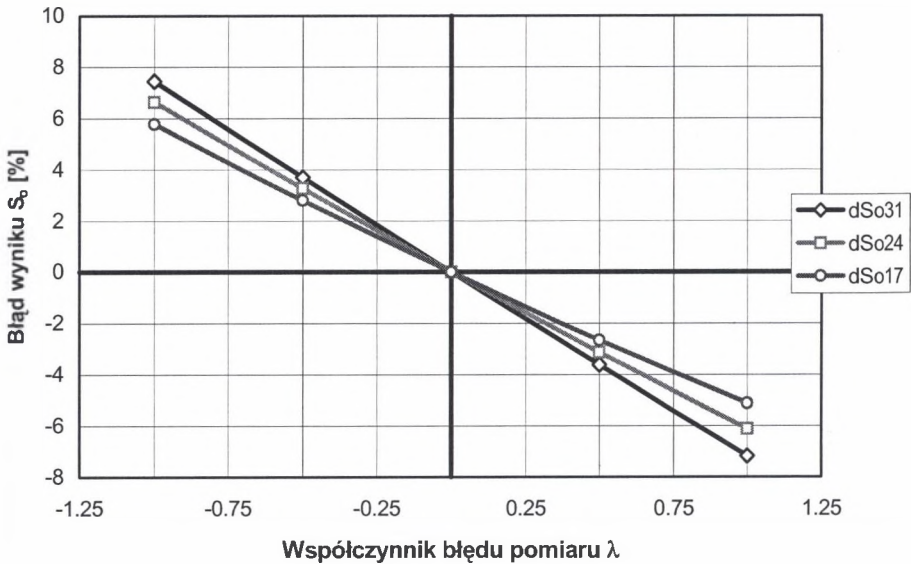
Współczynnik błędu pomiaru – λ zdefiniowano jako iloraz błędu pomiaru danej wielkości fizycznej i maksymalnego bezwzględnego błędu pomiaru tej wielkości. Parametr ten umożliwia syntetyczne przedstawienie wpływu dokładności pomiaru różnych wielkości fizycznych – sił w stojakach, sił w łącznikach, wysokości sekcji - na całkowity błąd względny wyznaczenia cech skrętnika – modelującego oddziaływanie górotworu na zespół stropnica – osłona odzawałowa.

Tabela 1

Zestawienie błędów pomiaru wielkości niezbędnych do wyznaczenia parametrów charakteryzujących oddziaływanie górotworu na sekcję obudowy zmechanizowanej [2]

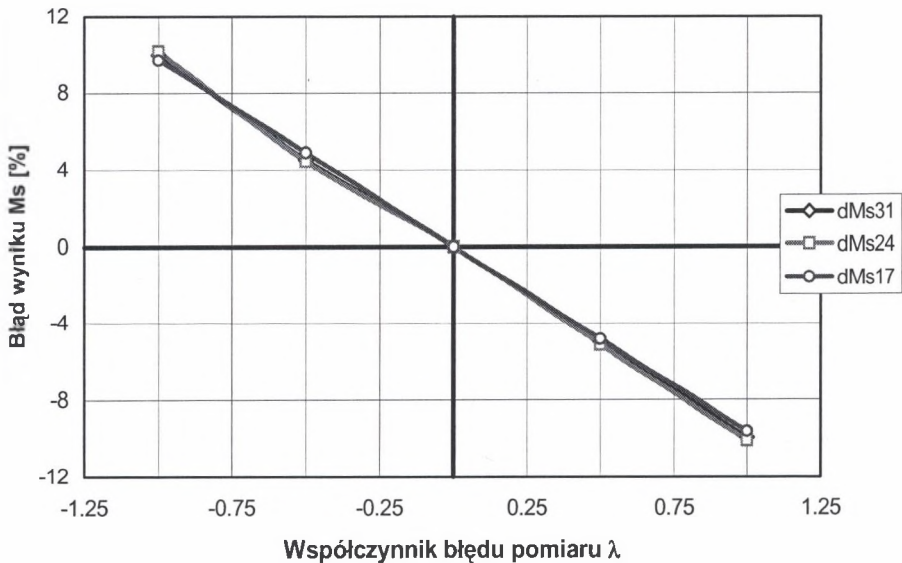
Parametr mierzony	Wymiary geometryczne	Siła w łączniku	Siła w stojaku	Siła w podporze stropnicy
Wartość maksymalna	1800 mm	8500 kN	5000	1000 kN
Błąd względny metody pomiaru	0,5%	3%	3%	3%
Błąd bezwzględny pomiaru	6 mm	170 kN	100 kN	20 kN

Wpływ współczynnika błędu pomiaru na wartość błędu wyznaczania wartości wektora głównego S_0 działającego na zespół stropnica – osłona przedstawiono na rys. 4. Maksymalna wartość tego błędu tylko w niewielkim stopniu zależy od wysokości pracy sekcji, gdyż waha się w granicach od 7,5% – dla wysokości 3,1 m do 5,8% – dla wysokości pracy sekcji 1,7 m. Na rys. 5 przedstawiono wpływ współczynnika błędu pomiaru λ na błąd, z jakim wyznaczana jest wartość momentu skrętnika M_s . Maksymalny błąd wyniku otrzymano dla wysokości



Rys. 4. Wpływ współczynnika błędu pomiaru λ na błąd względny wyznaczania wartości wektora głównego charakteryzującego obciążenie zespołu stropnica – osłona sekcji obudowy Glinik 15/32-POz

Fig. 4. Effect of the factor of measuring error h on a relative error of determining of a value of the main vector characterizing the load of the assembly canopy – gob shield of a support unit of the Glinik 15/32 – POz powered roof support

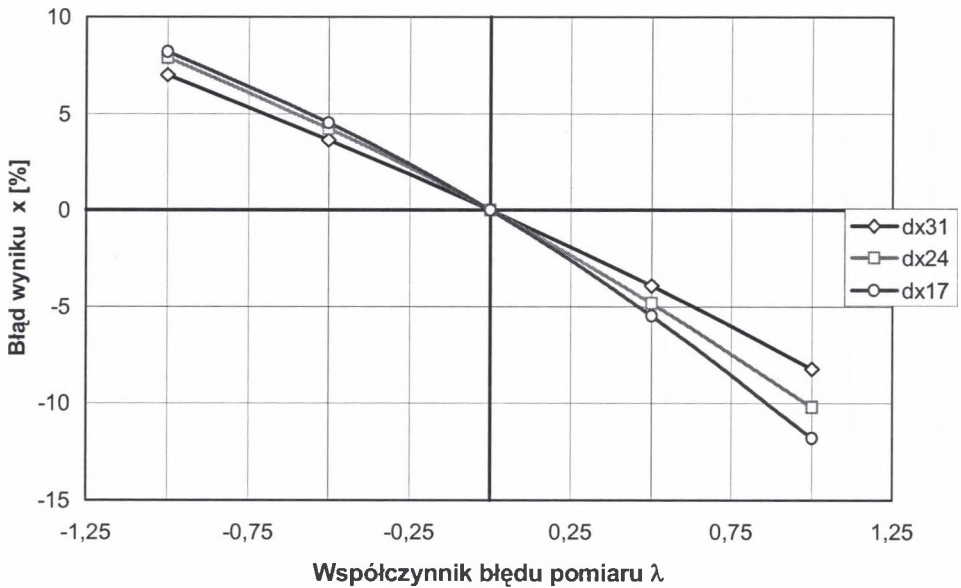


Rys. 5. Wpływ współczynnika błędu pomiaru λ na błąd względny wyznaczania wartości wektora momentu skrętnika charakteryzującego obciążenie zespołu stropnica – osłona sekcji obudowy Glinik 15/32-Poz

Fig. 5. Effect of the factor of measuring error h on a relative error of determining of a value of the wrench moment vector which characterizes the load of the assembly canopy – gob shield of a support unit of the Glinik 15/32 – POz powered roof support

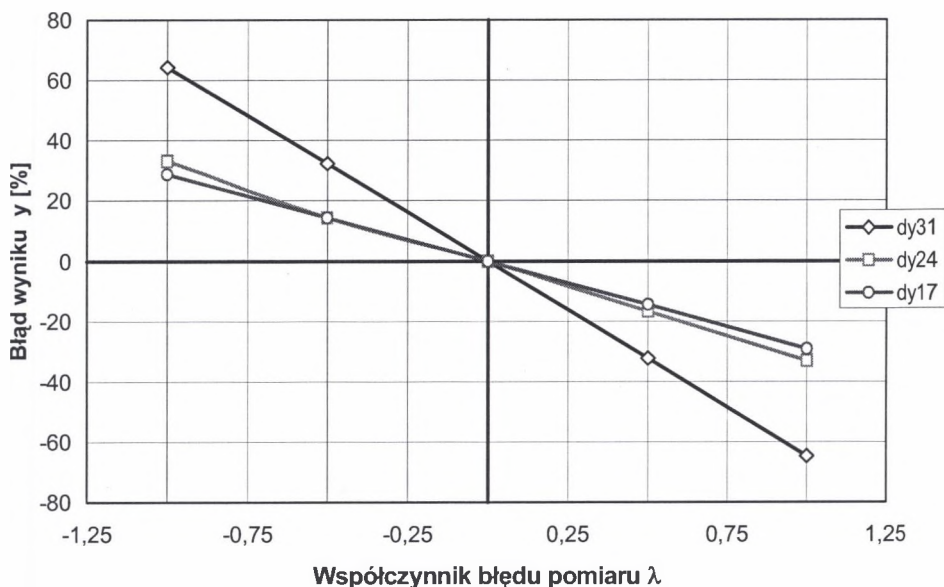
2,4 m i wynosi on 10,2%. Stosunkowo dokładnie wyznaczyć można współrzędną x przebicia płaszczyzny spągu przez oś centralną (rys. 6). Maksymalna wartość błędu wyznaczania współrzędnej x wynosi 10,8% – dla wysokości pracy sekcji 1,7 m. Dla wysokości 3,1 m wartość tego błędu zmniejsza się do 8,2%.

Zdecydowanie największe błędy spośród wszystkich parametrów charakteryzujących obciążenie zespołu stropnica – osłona odzawałowa dotyczą współrzędnej y punktu przebicia płaszczyzny spągu przez oś centralną. Określa ona odległość osi centralnej od płaszczyzny symetrii sekcji obudowy zmechanizowanej (rys. 7). Dla największej wysokości pracy sekcji (3,1 m) maksymalny błąd wyznaczania współrzędnej y wynosi 64,3%. Przy mniejszych wysokościach pracy sekcji maksymalna wartość błędu wynosi odpowiednio 33,8% – dla 2,4 m oraz 28,6% – dla 1,7 m.



Rys. 6. Wpływ współczynnika błędu pomiaru λ na błąd względny wyznaczania współrzędnej x charakteryzującej położenie osi centralnej

Fig. 6. Effect of the factor of measuring error h on a relative error of determining of the coordinate x which characterizes a position of the central axis



Rys. 7. Wpływ współczynnika błędu pomiaru λ na błąd względny wyznaczania współrzędnej y charakteryzującej położenie osi centralnej

Fig. 7. Effect of the factor of measuring error h on a relative error of determining of the coordinate y which characterizes a position of the central axis

Zestawienie maksymalnych wartości błędów, z jakimi wyznaczane są parametry charakteryzujące obciążenie zespołu stropnica – osłona odzawałowa sekcji obudowy typu Glinik 15/32-POz zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2

Zestawienie maksymalnych wartości błędów wyznaczania parametrów charakteryzujących obciążenie zespołu stropnica – osłona odzawałowa dla obudowy typu Glinik 15/32-POz

Parametr charakteryzujący obciążenie zespołu	S_{oz}	S_{ox}	S_o	M_S	x	y
Maksymalny błąd wyniku [%]	8,7	41,8	7,5	10,2	12,8	64,3

Stosunkowo duża wartość maksymalnego względnego błędu wyznaczania składowej poziomej wektora głównego w porównaniu z maksymalnym błędem wyznaczania wartości wektora głównego wynika z niewielkiej wartości bezwzględnej składowej poziomej wektora głównego.

4. Podsumowanie

W warunkach przemysłowych dopuszcza się wykonywanie pomiarów z błędem do 5%. Z uwagi na specyficzne, trudne warunki pomiaru występujące w wyrobiskach ścianowych podczas ich eksploatacji przyjmuje się większe wartości dopuszczalnych całkowitych błędów pomiaru, wynoszące w niektórych przypadkach nawet 20%. Z wykresów przedstawionych na rysunkach 4 - 7 wynika, że przy założonej dokładności pomiaru poszczególnych sił wewnętrznych w sekcji, kryterium dopuszczalnego błędu całkowitego mniejszego od 20% jest spełnione w przypadku wektora głównego S_o , momentu skrętnika M_S oraz współrzędnej x punktu przebiecia płaszczyzny spągu przez oś centralną. Ponieważ wyznaczenie współrzędnej y tego punktu z błędem nie większym niż 20% jest, praktycznie rzecz biorąc, niemożliwe, więc uzasadniona jest konieczność uproszczenia modelu oddziaływania górotworu na zespół stropnica – osłona odzawałowa, polegającego na potraktowaniu tego obciążenia jako płaski układ sił. W tym przypadku obciążenie zespołu stropnica-osłona redukuje się do wypadkowej. Na podstawie rozważań przedstawionych powyżej można stwierdzić, że dokładność wyznaczania wszystkich parametrów tej wypadkowej będzie równa dokładności wyznaczania parametrów wektora głównego, podanej w tabeli 2.

Artykuł został opracowany w ramach projektu badawczego nr PBU – 22/RG2/2003 finansowanego przez KBN.

LITERATURA

1. Markowicz J.: Wyznaczanie obciążeń ruchowych ścianowych obudów zmechanizowanych z prowadzeniem lemniskatowym poprzez badania sił w wybranych elementach sekcji. Praca doktorska, Gliwice 1985.
2. Markowicz J., Ober G., Szweda S.: Ocena dokładności wyznaczania obciążenia stropnicy i osłony sekcji obudowy zmechanizowanej na podstawie wyników pomiarów dołowych. 2. Szkoła Mechanizacji i Automatyzacji Górnictwa, Wisła 2004.
3. Ober G.: Wpływ luzów w prototypowych sekcjach obudów zmechanizowanych na tar końca stropnicy. Maszyny Górnicze, 3/2001.
4. Wolnik R., Mika M.: Nowy sposób ciągłej kontroli wskaźnika nośności stropu. Materiały Międzynarodowej Konferencji nt.: Bezpieczna eksploatacja obudów zmechanizowanych w warunkach technicznej restrukturyzacji górnictwa, CMG Komag, Szczyrk 1998.
5. Praca zbiorowa: Projavlenije gornogo davlenija w ochistnykh vyrabotkakh pri primienienii miekhanizirovannykh krepiej. Wyd. Niedra, Moskwa 1966.

Abstract

In the course of analyzing of models of the load exerted on a powered roof support unit, as carried out in this paper, it has been stated that it is not possible to determine all features of vectors which characterize the action of the roof on a canopy and that of the gob area on a shield with the sufficient accuracy. In view of this finding, a simpler model of the load has been presented. In the proposed model the total load exerted by rock mass is reduced to the assembly: canopy – gob shield. In a general case, the external load acting on this assembly is reduced to the wrench. In order to determine a value of the vector of total sum and of the wrench moment as well as a position of the central axis the method of sections has been employed and the system of forces acting on a base has been reduced. The result of reducing of the pressure exerted by the floor on a base balances the reduced load of the assembly: canopy – gob shield. To determine this load it is necessary to measure forces occurring in legs, lemniscate linkages as well as to determine geometric parameters of a powered roof support unit.

From the analysis of the accuracy with which parameters of a wrench are determined it has appeared that the criterion of permissible total error (20%) is fulfilled in case of the main vector, the wrench moment and in case of one coordinate of the point of intersection of the plane of bases with the central axis. The error of determining of the other coordinate is considerably greater. This indicates that there is a necessity of further simplifying of the model of the load of a support unit and of treating of this load as a planar system.