

Stanisław SZWEDA

Politechnika Śląska

ANALIZA WIDMA SIŁY PRZENOSZONEJ PRZEZ STOJAKI HYDRAULICZNE OBUDOWY ZMECHANIZOWANEJ W WARUNKACH DYNAMICZNEGO ODDZIAŁYWANIA GÓROTWORU

Streszczenie. Przeanalizowano wykresy gęstości widmowej mocy sygnału z czujnika wypadkowej siły w stojakach. Pomiary wykonywano w ścianach charakteryzujących się trzecim stopniem zagrożenia tapaniami. W widmie dominują składowe o częstotliwości mniejszej od pierwszej częstotliwości własnej sekcji obudowy zmechanizowanej. Przedstawiono charakterystykę obciążeń zewnętrznych obudowy.

AN ANALYSIS OF A SPECTRUM FOR THE FORCE CARRIED BY HYDRAULIC LEGS OF A MECHANIZED ROOF SUPPORT IN THE DYNAMIC ACTION OF THE ROCK MASS

Summary. Diagrams of spectral density of the signal power for the sensing device of the resultant force in legs were analysed. Measurement of loading were carried out in the longwall working, where the third degree of crump hazard was presented. Spectrum components with the frequencies less than the first frequency of free vibrations for the mechanized roof support unit are dominating here.

The characteristic of the external load of a roof support unit was presented.

1. Wprowadzenie

Zagadnienie określania parametrów charakteryzujących obciążenia przenoszone przez obudowę zmechanizowaną w warunkach dynamicznego oddziaływania górotworu wymaga przeprowadzenia pomiarów w wyrobisku. Pomiary takie przeprowadził w Górnśląskim Zagłębiu Węglowym zespół pracowników CMG KOMAG i Instytutu Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Dokonując wyboru miejsca badań – wyrobisk, w których

obudowa zmechanizowana jest szczególnie narażona na skutki dynamicznego oddziaływania górotworu - uwzględniono opinie Zakładu Tapań GIG oraz kopalnianych Zespołów ds. Tapań.

Wyniki tych pomiarów, przeprowadzonych w czterech ścianach, charakteryzujących się trzecim stopniem zagrożenia tapaniami omówiono szczegółowo w [4].

Stwierdzono [5], że większość zarejestrowanych zmian siły w stojakach spowodowało dynamiczne oddziaływanie górotworu na stropnicę sekcji. Odnotowano również zmiany obciążeń stojaków spowodowane dynamicznym oddziaływaniem górotworu na spągnice sekcji. Według Szuścika [3] dynamiczne oddziaływanie górotworu na spągnice sekcji jest spowodowane wystąpieniem w spągu innych zjawisk fizycznych niż te, które są przyczyną zjawisk dynamicznych w stropie wyrobiska. Zjawiska dynamiczne występujące w spągu wyrobiska nazwano w pracy [2] eksplozywnymi tapaniami spodkowymi lub spągowymi.

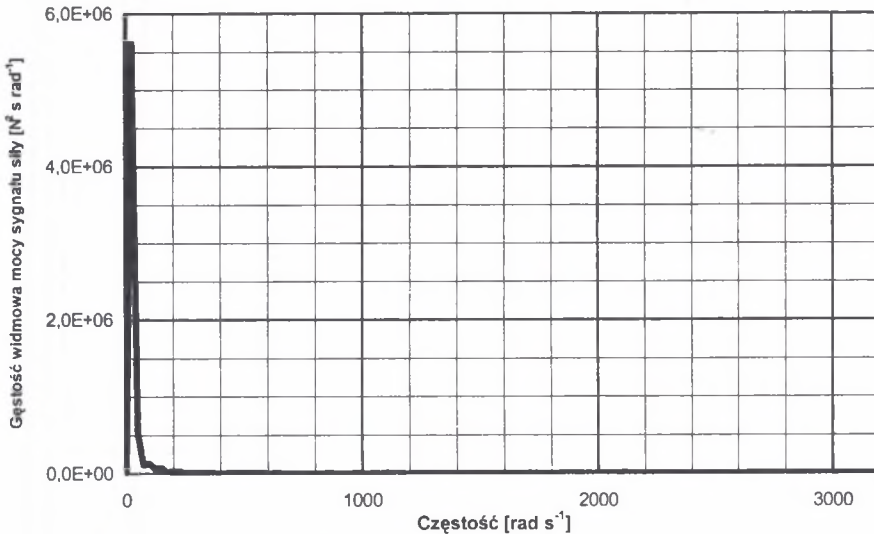
Przedmiotem niniejszej pracy jest analiza, w dziedzinie częstości, zarejestrowanych sygnałów pomiarowych czujnika wypadkowej siły w stojakach. Analiza sygnałów pomiarowych w dziedzinie częstości jest jedną z podstawowych metod selekcji informacji zawartych w przebiegach czasowych mierzonych wielkości fizycznych. Charakterystyki sygnału pomiarowego w dziedzinie częstości są szeroko wykorzystywane w analizie modalnej, między innymi do oceny wyężenia podzespołów maszyn i urządzeń górniczych (np. [7]).

Poniżej przedstawiono wyniki obliczeń gęstości widmowej mocy sygnału siły w stojakach oraz rozpatrzono wpływ wybranych parametrów charakteryzujących dynamiczne oddziaływanie górotworu na wyznaczone widma mocy sygnału.

2. Charakterystyka rozkładów gęstości widmowej mocy sygnału siły w stojakach

Obliczenia gęstości widmowej mocy sygnału siły w stojakach wykonano wykorzystując procedury szybkiej transformacji Fouriera zawarte w programie MATLAB v. 5.0. Przykładowo, na rys. 1 przedstawiono widmo mocy sygnału siły w stojakach. Rozpatrywane sygnały pomiarowe zarejestrowano w ścianie N791 pokładu 502 KWK Bielszowice w czasie wstrząsu górotworu o energii $3 \cdot 10^4$ J, którego ognisko zlokalizowano w zawale, w odległości ok. 40 m od miejsca wykonywania pomiarów obciążeń obudowy.

W widmie występuje jedno wyraźne maksimum dla częstości $25 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Energia drgań siły o wyższych częstościach jest pomijalnie mała. Lokalne ekstrema widma przy wyższych częstościach są widoczne dopiero na wykresie gęstości widmowej mocy sygnału, wykonanym na skali decybelowej.



Rys. 1. Przykład wykresu widma mocy sygnału siły w stojakach

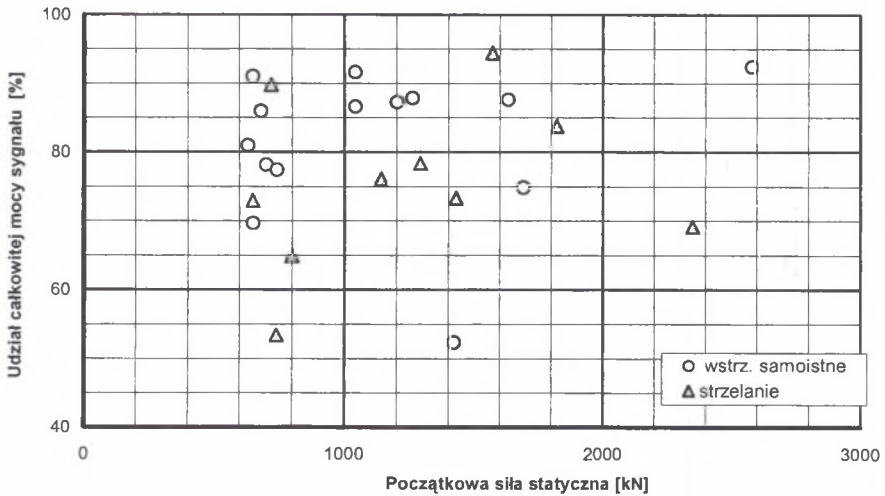
Fig. 1. An example of a diagram showing the power spectrum for a signal of the resultant force in legs

Analizując widma mocy sygnałów siły, zarejestrowanych podczas dynamicznego oddziaływania górotworu, zarówno na stropnicę, jak i na spągnicę obudowy, stwierdzono, że wszystkie widma charakteryzuje jedno wyraźne maksimum występujące w paśmie częstości $21,4 - 73,5 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Z pomiarów opisanych w [6] wynika, że pierwsza częstość tłumionych drgań własnych sekcji obudowy zmechanizowanej, np. typu FAZOS 12/28-Oz, wynosi $101 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Maksimum widma mocy sygnału siły w stojakach występuje więc przy częstości mniejszej od pierwszej częstości własnej obudowy zmechanizowanej.

Maksima widma mocy sygnału siły w stojakach - a więc w rozpatrywanym przypadku widma odpowiedzi układu mechanicznego - występują przy częstościach równych częstościom własnym układu, częstościom wymuszenia oraz ich wielokrotnościom. Ponieważ częstość, przy której występuje maksimum gęstości widmowej mocy sygnału siły w stojakach jest mniejsza od pierwszej częstości własnej sekcji obudowy zmechanizowanej, to dynamiczne oddziaływanie górotworu na obudowę charakteryzuje częstość drgań w paśmie

0 - 74 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Wniosek powyższy jest zbieżny z wynikami pomiarów drgań stropu za pomocą konwergometru dynamicznego [1].

Z wykresu pokazanego na rys. 1 wynika, że znaczna część mocy sygnału siły w stojakach przypada na drgania o niskiej częstotliwości. Spośród analizowanych 28 zmian siły w stojakach spowodowanych działaniem siły zewnętrznej na stropnicę tylko w siedmiu seriach pomiarowych moc sygnału siły w paśmie częstotliwości 0 – 88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ stanowi mniej niż 75% całkowitej mocy sygnału. Na rysunku 2 przedstawiono wyniki obliczeń udziału całkowitej mocy sygnału w paśmie częstotliwości 0-88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$.



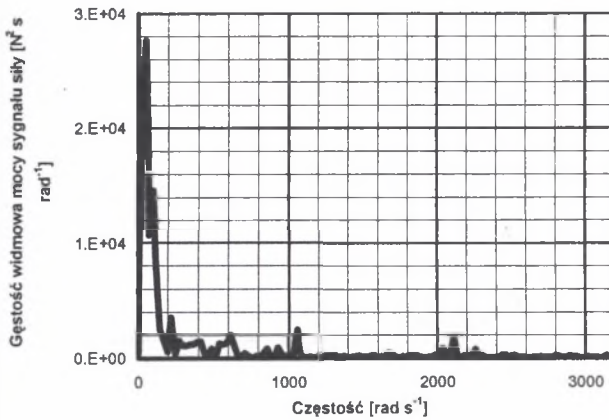
Rys. 2. Udziały całkowitej mocy sygnału siły w stojakach w paśmie częstotliwości 0 – 88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ dla serii pomiarowych, podczas których obciążenie zewnętrzne działało na stropnicę

Fig. 2. Force in legs signal power fractions for the frequency band of 0 – 88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ during measuring runs when the external force acted on a canopy

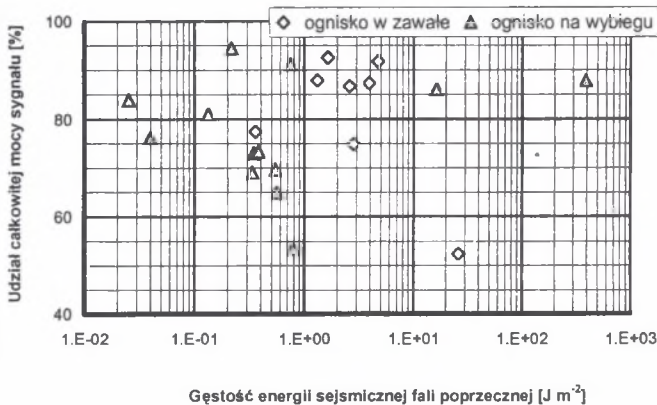
Wyróżniono wyniki obliczeń dla zmian siły w stojakach, którym towarzyszył samoistny wstrząs górotworu oraz wartości udziałów całkowitej mocy sygnału siły zarejestrowanych podczas strzelania. Najmniejszy odsetek całkowitej mocy sygnału w paśmie częstotliwości 0 - 88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$, wynoszący 52 %, odnotowano w przypadku serii pomiarowej nr 9/Z zarejestrowanej w ścianie N791 pokładu 502. Zmianom siły w stojakach towarzyszył wstrząs górotworu o energii $4\cdot 10^4$ J. Ognisko wstrząsu zlokalizowano w zawale blisko miejsca badań. Widmo zarejestrowanych zmian siły w stojakach pokazano na rys. 3.

Nie stwierdzono również związku pomiędzy udziałem mocy sygnału siły w paśmie 0 - 88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ a gęstością energii fali sejsmicznej w miejscu pomiaru sił w stojakach (rys. 4).

Duży udział gęstości widmowej mocy sygnału siły w paśmie częstości mniejszej od pierwszej częstości własnej sekcji oznacza, że wpływ drgań własnych obudowy na przebieg zmian wartości siły w stojakach jest niewielki. W związku z tym zarejestrowane zmiany wartości siły w stojakach spowodowane obciążeniem zewnętrznym przyłożonym do stropnicy obudowy można traktować jako quasi - statyczne.

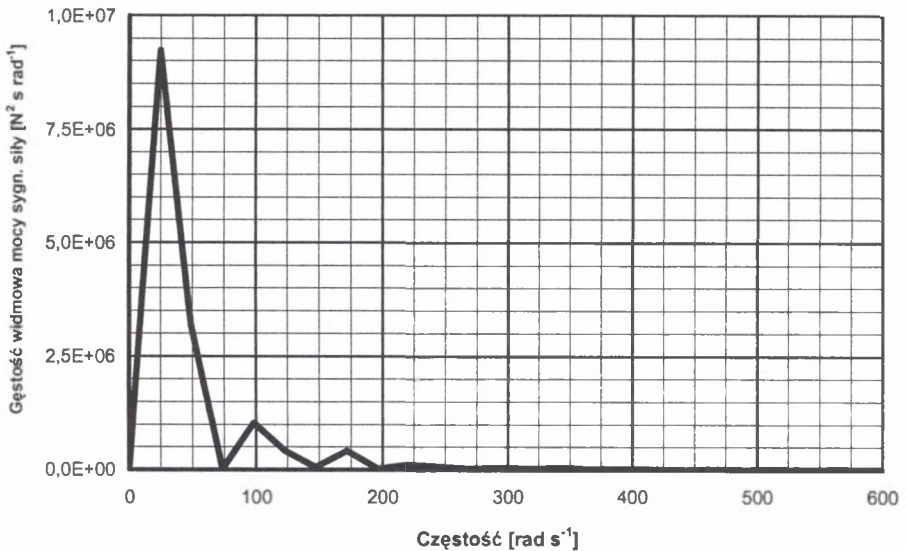


Rys. 3. Widmo mocy sygnału siły w stojakach - seria pomiarowa 9/Z
 Fig. 3. Power spectrum for a signal of the resultant the resultant force in legs - the 9/Z measuring run



Rys. 4. Wpływ gęstości energii fali sejsmicznej – $\epsilon_{r,s}$ oraz lokalizacji ogniska wstrząsu na udziały całkowitej mocy sygnału siły w stojakach w paśmie częstości 0 – 88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ (obciążenie zewnętrzne działało na stropnicę)
 Fig. 4. An influence of the density of the transverse wave – $\epsilon_{r,s}$ seismic energy and location of the tremor focus on force in legs signal power fractions for frequency band of 0 – 88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ (when the external force acted on a canopy)

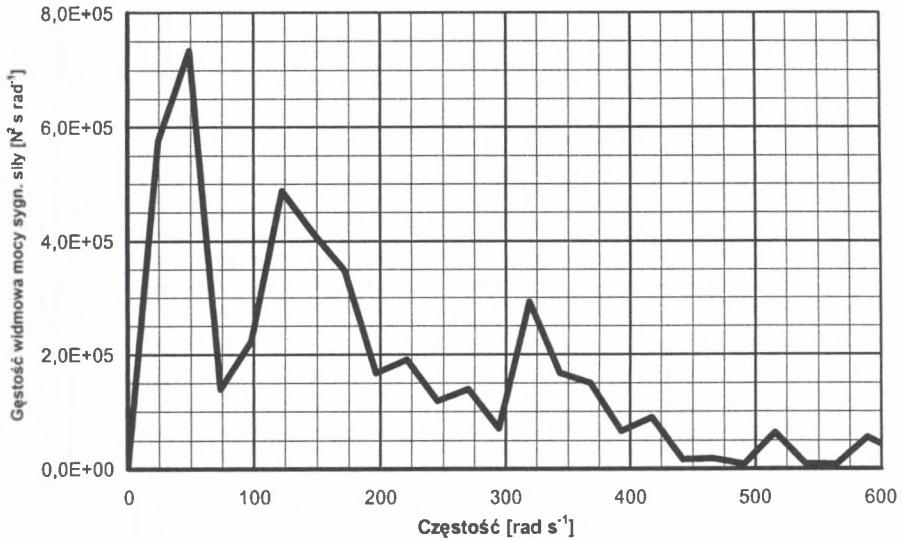
Przykłady wykresów gęstości widmowej mocy sygnału siły w stojakach spowodowanych działaniem siły zewnętrznej na spąglice przedstawiono na rys. 5 i 6.



Rys. 5. Widmo mocy sygnału siły w stojakach w paśmie częstotliwości 0–600 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ (Seria pomiarowa – 5/W, ściana IV pokł. 501 w-wa przystropowa, spąg – węgiel, wstrząs samoistny $E = 1,5\cdot 10^4$ J)

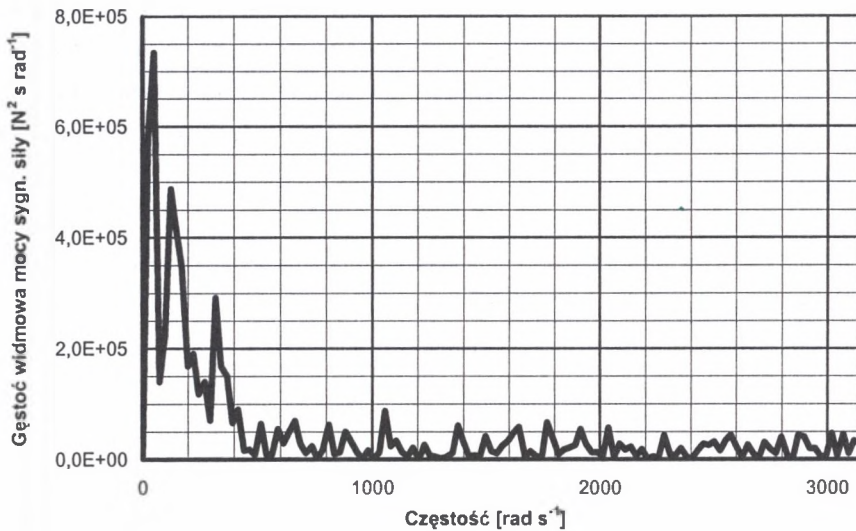
Fig. 5. Power spectrum for a signal of the force in legs for the frequency band of 0–600 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ (The 5/W measuring run, the IV longwall, roof layer of the 501 seam, floor – coal, spontaneous tremor, $E = 1,5\cdot 10^4$ J)

W paśmie 0 – 600 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ zidentyfikowano 6 częstotliwości drgań własnych tłumionych sekcji obudowy zmechanizowanej FAZOS-12/28 Oz [6]. Wynoszą one: 101 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$, 149 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$, 206 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$, 390 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$, 457 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ i 530 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$. W odróżnieniu od wykresów gęstości widmowej mocy sygnału siły w stojakach spowodowanej działaniem obciążenia zewnętrznego na stropnicę, wykresy pokazane na rys. 5 i 6 mają wyraźne lokalne maksima widma mocy również przy częstotliwościach większych od 100 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$. Oznacza to, że w widmie obciążenia zewnętrznego sekcji występują składowe o częstotliwościach zbliżonych do częstotliwości własnych sekcji. Wykres gęstości widmowej mocy sygnału siły w stojakach w paśmie częstotliwości 0–3000 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ dla serii pomiarowej 3/W przedstawia rys. 7.



Rys. 6. Widmo mocy sygnału siły w stojakach w paśmie częstości 0–600 rad·s⁻¹ (Seria pomiarowa – 3/W, ściana IV pokł. 501 w-wa przystopowa, spąg – węgiel, wstrząs samoistny E = 2·10⁴ J)

Fig. 6. Power spectrum for a signal of the force in legs for the frequency band of 0–600 rad·s⁻¹ (The 3/W measuring run, the IV longwall, roof layer of the 501 seam, floor – coal, spontaneous tremor, E = 2·10⁴ J)



Rys. 7. Widmo mocy sygnału siły w stojakach w paśmie częstości 0–3000 rad·s⁻¹ (Seria pomiarowa – 3/W)

Fig. 7. Power spectrum for a signal of the force in legs for the frequency band of 0–3000 rad·s⁻¹ (The 3/W measuring run)

W tablicy 1 zestawiono informacje dotyczące rozkładu gęstości widmowej mocy sygnału siły w stojakach dla przypadków dynamicznego oddziaływania górotworu na spągnice.

Tablica 1

Zestawienie wartości częstości ω – przy których występuje maksimum widma mocy sygnału siły w stojakach oraz udziałów mocy sygnału – P_{sp} – w paśmie 0–88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ i 0 – 220 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$

Seria pomiarowa	ω [$\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$]	P_{sp} ([%]) w paśmie częstości:	
		0–88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$	0–220 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$
3/Z	25	92,2	96,8
17/Z	25	90,4	97,3
27/Z	25	84,1	90,5
33/Z	74	80,8	85,8
40/Z	25	67,8	91,9
3/W	49	22,0	46,8
4/W	31	81,0	90,3
5/W	25	85,1	96,1
7/W	49	51,0	72,0

W większości serii pomiarowych, podczas których obciążenie zewnętrzne działało na spągnice sekcji, udział mocy sygnału siły w paśmie 0–88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ jest równie wysoki, jak w przypadku zmian siły w stojakach spowodowanej działaniem obciążenia zewnętrznego na stropnicę. Wyjątek stanowią widma mocy sygnałów: 3/W oraz 7/W, zarejestrowanych w ścianie prowadzonej po spodku w przystropowej warstwie pokładu 501. Udział mocy tych sygnałów w paśmie o częstości większej niż 88 $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ jest znaczący, a w przypadku serii pomiarowej 3/W wskazuje na impulsowy charakter obciążenia zewnętrznego sekcji obudowy zmechanizowanej. Na podkreślenie zasługuje również to, że przebieg czasowy zmian siły w stojakach zarejestrowany w serii pomiarowej 3/W charakteryzują największe wartości współczynnika przyrostu obciążenia K_d i średniego tempa przyrostu obciążenia $w_{F,s}$ [4].

Niestety niewielka liczba zarejestrowanych obciążeń stojaków spowodowanych dynamicznym oddziaływaniem spągu na obudowę zmechanizowaną uniemożliwia, jak dotąd, sformułowanie związków pomiędzy mocą sygnału siły a warunkami naturalnymi i technicznymi panującymi w wyrobisku.

3. Wnioski

Widma mocy sygnałów siły w stojakach zarejestrowane w warunkach dynamicznego oddziaływania górotworu charakteryzuje maksimum występujące przy częstotliwości mniejszej od pierwszej częstotliwości własnej sekcji obudowy zmechanizowanej. Wynika stąd, że w widmie zewnętrznego obciążenia sekcji spowodowanego dynamicznym oddziaływaniem górotworu dominują składowe o częstotliwości $0 - 74 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

Analizując wyznaczone widma mocy sygnałów siły zwrócono uwagę na wysoki udział całkowitej mocy sygnału w wyróżnionych niskich pasmach częstotliwości. Rozpatrywano wpływ zwrotu zewnętrznego obciążenia sekcji, lokalizacji ogniska wstrząsu górotworu, towarzyszącego zarejestrowanym zmianom siły w stojakach, gęstości energii sejsmicznej fali poprzecznej w miejscu pomiaru obciążenia stojaków i początkowego statycznego ich obciążenia na udział całkowitej mocy sygnału w paśmie $0 - 88 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$.

Stwierdzono, że zmiany siły w stojakach spowodowane obciążeniem zewnętrznym przyłożonym do stropnicy mają charakter quasi - statyczny. W odróżnieniu od nich zmiany siły w stojakach spowodowane zewnętrzną siłą przyłożoną do spągnic przebiegają znacznie intensywniej i charakteryzują je większe przyrosty siły w stojakach. Ponadto w przypadku pojedynczych serii pomiarowych zarejestrowanych w ścianie prowadzonej po spodku, na podstawie rozkładu gęstości widmowej mocy sygnału siły stwierdzono, że obciążenie zewnętrzne działające na obudowę ma charakter impulsowy.

Ze względu na niewielką liczbę dotychczas zarejestrowanych zmian sił w stojakach spowodowanych dynamicznym oddziaływaniem górotworu na sekcję od strony spagu, konieczne jest prowadzenie dalszych pomiarów, szczególnie w wyrobiskach prowadzonych po spodku.

LITERATURA

1. Merta G.: Parametry konwergencji dynamicznej wyrobiska korytarzowego. Monografia pt.: Badania nad dynamiką obciążeń obudowy wyrobisk górniczych pod red. W. Konopko. GIG, Katowice 1999, s. 59-68.
2. Szuścik W.: Podział tupań. XVII Zimowa Szkoła Mechaniki Górotworu. ZN Pol. Wrocławskiej, Wrocław 1994, s. Konferencje, z. 33 s.237-246.
3. Szuścik W.: Przeciwdziałanie tapaniom występującym w wyrobiskach kopalń węgla kamiennego za pomocą obudów. XVIII Zimowa Szkoła Mechaniki Górotworu. ZN Pol. Wrocławskiej, Wrocław 1995, Konferencje, z. 36 s.307-314.

4. Szweda S.: Badania dołowe obciążeń dynamicznych obudów zmechanizowanych wywołanych wstrząsami i tapaniami. Projekt badawczy nr 9 9031 92 03. Raport końcowy. Materiały niepublikowane. CMG KOMAG 1994.
5. Szweda S.: Loadings of legs in sections of mechanised supports by dynamic movements of roof and floor. Archives of Mining Sciences Vol. 46 nr 3 (2001) s. 237 – 266.
6. Szweda S.: Wyznaczanie częstości drgań własnych sekcji obudowy zmechanizowanej. Maszyny Górnicze nr 3 (2002 r.) s. 15-22.
7. Świtoński E., Mężyk A., Kciuk S., Gąsiorek D., Duda S., Bednarz R.: Badania modelowe i doświadczalne korpusu ramienia wąskiego prototypowego kombajnu węglowego. Maszyny Górnicze nr 3 (2002 r.) s. 7-14.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Walery Szuścik

Abstract

An analysis of the resultant force in legs of the mechanized roof support in a frequency domain is the subject of the paper. Loadings of legs measurements were carried out in the longwall working, where the third degree of crump hazard was presented. Spectrum components with the frequencies less than the first frequency of free vibrations for the mechanized roof support unit are dominating here (see examples in fig. 1, 3, 5). The result is that spectrum components with the frequencies of $0 - 74 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ also dominate in a spectrum of external force caused by the dynamic action of the rock mass on a roof support unit. Signal power fractions for the frequency band of $0 - 88 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ are marked in fig. 2 (for changes of the force in legs caused by external force influence on the unit from the roof) and set in table 1 (for changes of the force in legs caused by external force acting on the unit from the floor).

Majority of the recorded changes of force in legs can be treated as quasi-statically. For some changes of the force in legs caused by the dynamic action of the rock mass on bases, external force acting on a unit is of impulse character.