ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1980
Seria: GÓRNICTWO z. 107 Nr kol. 661

MIROSŁAW CHUDEK, LESZEK WACHELKA

TEORETYCZNE PODSTAWY WSPÓŁPRACY METALOWYCH STOJAKÓW Z GÓROTWOREM W WYROBISKU ŚCIANOWYM PODCZAS DRGAŃ STROPU

Streszczenie. W pracy przeanalizowano wpływ drgań stropu na współpracę obudowy ścianowej z górotworem.
Wykazano, że duży wpływ na tę współpracę ma sztywność i masa obudowy. Podano wzory na określenie współpracy stojaków metalowych pracujących w wyrobisku ścianowym w czasie drgań stropu.

Jednym z częstych zjawisk towarzyszących dynamicznym deformacjom górotworu, takich jak tąpania, pękania zwięzłych i sprężystych warstw skalnych, wstrząsy itp. są drgania skał w otoczeniu wyrobisk górniczych. Drgania spowodowane są z jednej strony rozchodzeniem się fal sprężystych w górotworze, a z drugiej - zmianą równowagi sił działających na górotwór.

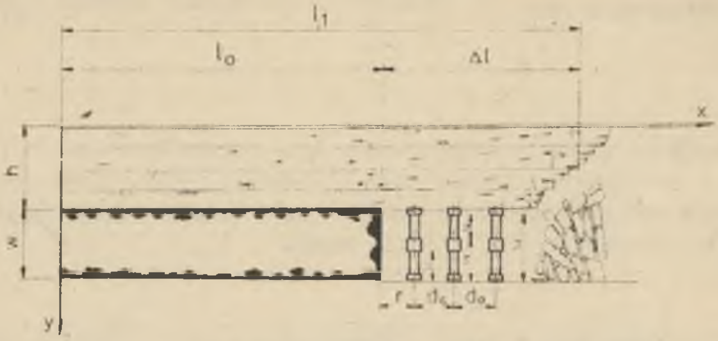
W wyrobiskach górniczych drgania ujawniają się w postaci oscylacyjnych przemieszczeń płaszczyzn spągu, stropu i ociosów. Przemieszczenia te przenosząc się na obudowę górniczą wywołują wielokrotne jej przeciążenia, wibracje stojaków, utratę stateczności i podporności obudowy,rozwarstwienia i wykruszenia skał w miejscach styku z obudową oraz inne niekorzystne skutki.

Podstawowym warunkiem prawidłowej współpracy obudowy z drgającym górotworem jest zachowanie przez obudowę stałej, wysokiej podporności oraz możliwie szybkie wygaszenie drgań [1,2,3,4].

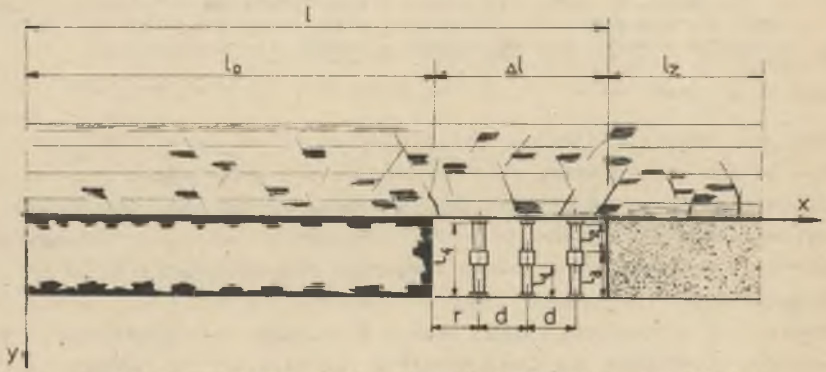
Bardzo istotne z punktu widzenia współpracy obudowy z górotworem jest określenie kierunku przemieszczeń górotworu względem obudowy oraz parametrów drgań, takich jak: amplituda, częstość kołowa, tłumienie i czas trwania zjawisk.

W wyrobiskach ścianowych za najistotniejszy uznano w oparciu o badania kierunek drgań zgodny z kierunkiem działania podporowych elementów obudowy tzn. przemieszczenia stropu względem spągu. Ze względu jednak na małe, jak stwierdzono, amplitudy drgań spągu można z wystarczającą dla praktyki dokładnością rozpatrywać tylko drgania stropu.

Parametry drgań stropu wyrobisk ścianowych prowadzonych z zawałem stropu i na podsadzkę hydrauliczną można obliczyć na gruncie teorii drgań belki na sprężystym podłożu, przyjmując wyidealizowane modele wyrobisk (rys. 1 i 2) oraz następujące założenia:



Rys. 1. Model wyrobiska ścianowego z zawałem stropu



Rys. 2. Model wyrobiska ścianowego z podsadzką hydrauliczną

- drgania mają charakter sprężysto lepki i występują w płaszczyźnie prostopadłej do czoła frontu wybierania i płaszczyzny stropu,
- drganiom podlega warstwa stropowa o grubości odpowiadającej wysokości strefy zawału "w_s" i szerokości 1 m,
- długość "l" warstwy stropowej podlegającej drganiom jest równa dla wyrobiska prowadzonego z zawałem stropu sumie przybliżonego obszaru ciśnienia eksploatacyjnego "l_0" i średniej długości "Δl" zwisającego nad przedziałem roboczym wspornika skał stropowych, a dla wyrobiska prowadzonego na podsadzkę hydrauliczną - sumie obszaru "l_0" szerokości przedziału roboczego "Δl" i obszaru "l_z" równego strefie doszczelniania podsadzki.

Rozwiązanie oparto na metodzie Rayleigh'a, która daje dobre rozwiązanie zagadnienia dla niskich częstości. Istota metody polega na zamianie układu o parametrach rozłożonych na równoważny mu energetycznie układ zastępczy o parametrach skupionych.

W celu obliczenia parametrów modelu zastępczego, a tym samym parametrów drgań, określa się dla założonych postaci funkcji drgań energię kinetyczną, potencjalną i rozproszoną układu o parametrach rozłożonych i porównuje się z odpowiednimi energiami układu o parametrach skupionych.

Do rozwiązań i obliczeń przyjęto następujące oznaczenia:

E_p, E_s, E_z - moduły sprężystości pokładu, skał stropowych i podsadzki,
ρ_p, ρ_s, ρ_z - gęstości pokładu, skał stropowych i podsadzki,
τ_p, τ_s, τ_z - czasy opóźnienia sprężystego w modelu Kelvina dla pokładu skał stropowych i podsadzki,
$J = \frac{w_s^3}{12}$ - moment bezwładności przekroju belki stropowej o powierzchni A_s,
$\mu = w_s \cdot \rho_s$ - masa na jednostkę długości belki stropowej,
s - odstęp między stropnicami,
w - wysokość wyrobiska,
m_{o_z} - obliczeniowa masa obudowy,
k_{o_z} - obliczeniowa sztywność obudowy,
c_{o_z} - obliczeniowy współczynnik tłumienia wiskotycznego dla obudowy,
n - ilość rzędów,
i - i-ty rząd stojaków.

Pozostałe wielkości przedstawiono na rys. 1 i 2.

Postępując zgodnie z ideą metody Rayleigha otrzymuje się następujące wyrażenie na parametry drgań stropu:

a) dla wyrobiska prowadzonego z zawałem stropu:

- częstość drgań własnych:

$$\omega_o = \sqrt{\frac{\frac{\pi^4}{32}\frac{E_s \cdot J}{l^3} + \frac{E_p}{w}\left(\frac{3}{2} l_o - \frac{4}{\pi} l\right) + \frac{1}{s} k_{o_z} \sum_{i=1}^{n} y_i^2}{2\mu l\left(\frac{3}{4} - \frac{2}{\pi}\right) + \frac{1}{3}\rho_p \cdot w\left(\frac{3}{2} l_o - \frac{4}{\pi} l\right) + \frac{1}{s} m_{o_z} \sum_{i=1}^{n} y_i^2}} \quad (1)$$

- tłumienie:

$$h = \frac{\frac{\pi^4}{32}\frac{E_s J}{l^3}\tau_s + \frac{E_p}{w}\tau_p\left(\frac{3}{2} l_o - \frac{4}{\pi} l\right) + \frac{1}{s} c_{o_z} \sum_{i=1}^{n} y_i^2}{4\mu \cdot l\left(\frac{3}{4} - \frac{2}{\pi}\right) + \frac{2}{3}\rho_p \cdot w\left(\frac{3}{2} l_o - \frac{4}{\pi} l\right) + \frac{2}{s} m_{o_z} \sum_{i=1}^{n} y_i^2} \quad (2)$$

gdzie:

$$y_i = 1 - \cos\frac{\pi\left[l_o + r + (i-1)d\right]}{2l} \quad (3)$$

b) dla wyrobiska prowadzonego na podsadzkę hydrauliczną:

- częstość drgań własnych:

$$\omega_o = \sqrt{\frac{\frac{\pi^4}{8} E_s J \left(\frac{1}{l^3} + \frac{1}{4\, l_z^3}\right) + \frac{3}{8} \frac{E_p}{w} l_o + \frac{E_z}{2w} l_z + \frac{1}{8} K_{o_z} \sum_{i=1}^{n} y_i^2}{\mu\left(\frac{3}{8} l + \frac{1}{2} l_z\right) + \frac{1}{8} \rho_p \cdot w \cdot l_o + \frac{1}{6} \rho_z \cdot w \cdot l_z + \frac{1}{8} m_{o_z} \sum_{i=1}^{n} y_i^2}} \tag{4}$$

- tłumienie:

$$h = \frac{\frac{\pi^4}{8} E_s J \tau_s \left(\frac{1}{l^3} + \frac{1}{4\, l_z^3}\right) + \frac{3}{8} \frac{E_p \tau_p}{w} l_o + \frac{E_z \tau_z}{2w} l_z + \frac{1}{8} C_{o_z} \sum_{i=1}^{n} y_i^2}{\mu\left(\frac{3}{4} l + l_z\right) + \frac{1}{4} \rho_p \cdot w \cdot l_o + \frac{1}{3} \rho_z\, w \cdot l_z + \frac{2}{8} m_{o_z} \sum_{i=1}^{n} y_i^2} \tag{5}$$

gdzie:

$$y_i = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \cos \frac{\pi}{l} \left[l_o + r + (i - 1) d \right] \right\} \tag{6}$$

Upraszczając w wyrażeniach 1 i 4 człony mające niewielki wpływ na częstość drgań otrzymuje się wzory przybliżone w postaci:

- dla ścian zawałowych:

$$\omega_o = \sqrt{\frac{\frac{E_p}{w} \left(\frac{3}{2} l_o - \frac{4}{\pi} l\right)}{2 \mu l \left(\frac{3}{4} - \frac{2}{\pi}\right)}} \tag{7}$$

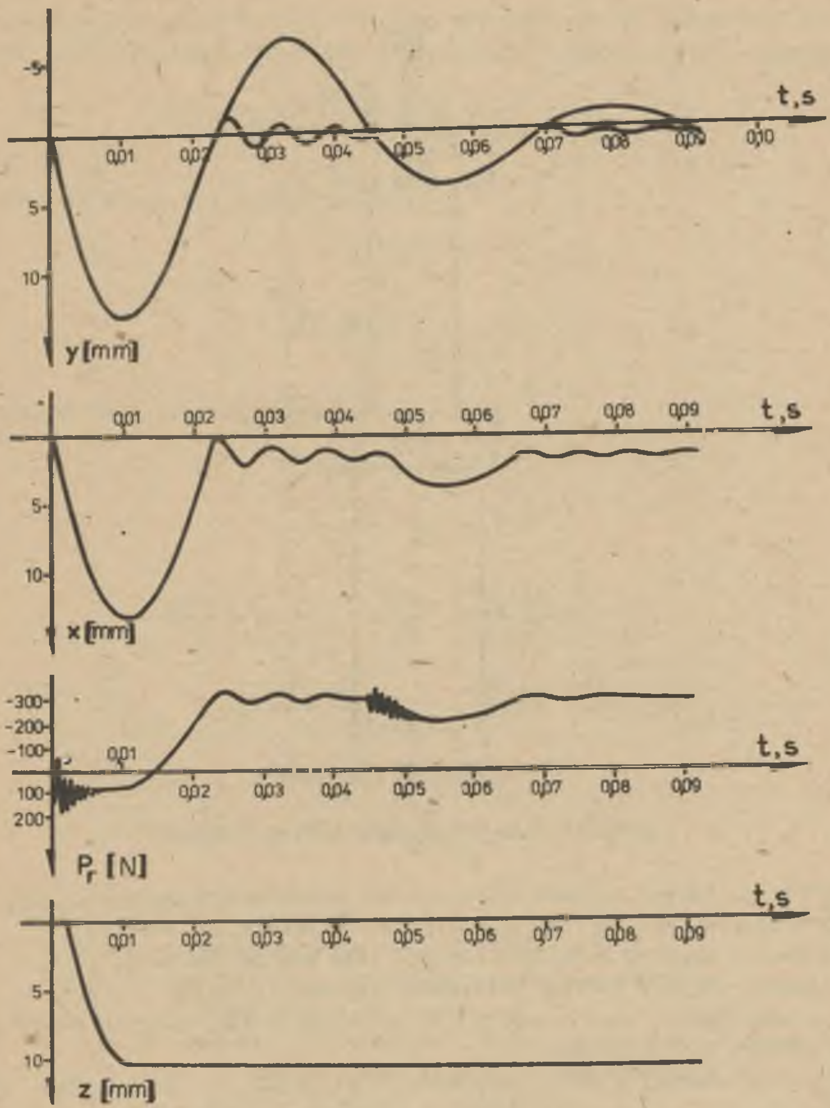
- dla ścian podsadzkowych

$$\omega_o = \sqrt{\frac{3 E_p \cdot l_o}{\mu \cdot w\, (3l + 4\, l_z)}} \tag{8}$$

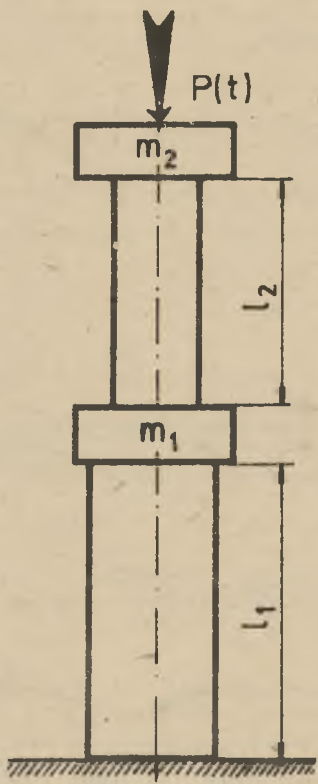
Z analizy wyrażeń 7 i 8 wynika, że najistotniejszy wpływ na parametry drgań stropu ma wysokość wyrobiska ścianowego "w", moduł sprężystości pokładu "E_p", gęstość skał stropowych "ρ_s" mniejszy natomiast wpływ ma szerokość przedziału roboczego "Δl". Przykładową zależność częstości drgań własnych od wysokości wyrobiska przedstawiono na rys. 3.

Ponadto na podstawie analizy równań 1 - 6 stwierdza się, że obudowa ma niewielki wpływ na parametry drgań stropu, które w związku z tym mogą być traktowane jako niezależne od parametrów obudowy. Wniosek ten stanowi podstawę do analizy pracy obudowy po wyodrębnieniu jej z wyrobiska. Działanie stropu zastępuje się w tym przypadku siłą o określonym i znanym przebiegu (wymuszenie dynamiczne) lub danym z pomiarów albo obliczeń przemieszczeniem stropu (wymuszenie kinematyczne).

Rozwiązanie zagadnienia współpracy obudowy z tak zamodelowanym działaniem oparto na podstawach teorii drgań prętów, opracowując w tym celu dynamiczny model obudowy. Modelowanie obudowy wykonuje się przy następujących założeniach:



Rys. 3. Przebieg częstości drgań własnych w zależności od miąższości wybieranego pokładu dla różnych modułów sprężystości węgla



Rys. 4. Schemat stojaka indywidualnego

- materiał stojaka podlega tylko osiowym odkształceniom dynamicznym i statycznym (pomija się drgania poprzeczne i wyboczenie stojaka),
- tłumienie drgań w materiale stojaka jest pomijalnie małe,
- elementy obudowy o dużej sztywności charakteryzujące się dużą zwartością konstrukcji oraz elementy nie przenoszące sił osiowych modeluje się w postaci masy skupionej,
- elementy obudowy o małej sztywności w porównaniu do pozostałych części składowych, decydujące o sztywności całego stojaka, modeluje się w postaci sprężystych prętów.

Opracowanie modelu dynamicznego konkretnego typu obudowy polega na analizie sztywności elementów obudowy, jej podziale na części składowe zróżnicowane pod względem funkcji, własności i wymiarów, obliczeniu masy elementów, sztywności, określeniu długości, powierzchni przekroju poprzecznego i gęstości elementów modelowanych w postaci prętów, wyborze miejsca zsuwu w modelu stojaka poprzez znaczenie połączenia ciernego. Dynamiczny model stojaka ciernego opracowany na podstawie podanych kryteriów podamo na rys. 4.

Przemieszczenie osiowe modelu obudowy przykładowo dla wymuszenia dynamicznego opisuje równanie różniczkowe cząstkowe drugiego rzędu w postaci:

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} - a\,\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = \frac{q(x,t)}{\rho\cdot S} \tag{9}$$

przy zerowych warunkach początkowych:

$$u(x,0) = 0$$

$$\left.\frac{\partial u(x,t)}{\partial t}\right|_{t=0} = 0$$

i następujących warunkach brzegowych:

$$u_1(0,t) = 0$$

$$u_1(l_1,t) = u_2(l_1,t)$$

$$\left.\frac{\partial u_2(x,t)}{\partial x}\right|_{x=l} = -\frac{c_2 l_2}{a^2}\left.\frac{\partial^2 u_2(x,t)}{\partial t^2}\right|_{x=l}$$

$$S_2\left.\frac{\partial u_2(x,t)}{\partial x}\right|_{x=l_1} - S_1\left.\frac{\partial u_1(x,t)}{\partial x}\right|_{x=l_1} - \frac{S_1 c_1 l_1}{a^2}\left.\frac{\partial u_1(x,t)}{\partial t^2}\right|_{x=l_1} = 0$$

gdzie:

$$c_1 = \frac{m_1}{\rho\cdot S_1\cdot l_1};\quad c_2 = \frac{m_2}{\rho\cdot S_2\cdot l_2};\quad a = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

w równaniach oznaczają:

$u_1(x,t)$, $u_2(x,t)$ – przemieszczenie osiowe prętów 1 i 2,
S_1, S_2 – powierzchnie przekroju poprzecznego prętów,
ρ – gęstość materiału prętów,
a – prędkość rozchodzenia się fal podłużnych w materiale,
E – moduł sprężystości podłużnej materiału stojaka,
$q(x,t)$ – rozłożone obciążenie zewnętrzne.

Ze względu na istnienie mas skupionych do rozwiązania równania stosuje się metodę Lagrange'a. Warunkiem koniecznym stosowania tej metody jest znajomość postaci własnych i warunku ortogonalności, które poszukuje się rozwijając rozwiązanie w szereg Fouriera i zakładając zerowe obciążenie zewnętrzne.

Po wykonaniu przekształceń zgodnie z ideą metody otrzymuje się ostateczne rozwiązanie w postaci:

$$u(x,t) = \frac{1}{\varrho} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{U_n(x)}{\omega_n \gamma_n^2} \int_0^t \sin \omega_n (t-\tau)\, P(\tau) U_{2n}(l) d\tau$$

$$U_n(x) = \begin{cases} U_{1n}(x) = \sin \frac{\omega_n}{a} x; \quad 0 < x < l_1 \\ U_{2n}(x) = \sin \frac{\omega_n}{a} x + c_n \sin \frac{\omega_n}{a}(x - l_1); l_1 < x \leq l; l = l_1 + l_2 \end{cases} \tag{10}$$

$$c_n = \frac{-\cos \frac{\omega_n}{a} l + \frac{c_2 l_2 \omega_n}{a} \sin \frac{\omega_n}{a} l}{\cos \frac{\omega_n}{a} l_2 - \frac{c_2 l_2 \omega_n}{a} \sin \frac{\omega_n}{a} l_2}$$

$$\gamma_n^2 = S_1 \int_0^{l_1} U_{1n}^2(x) dx + S_2 \int_0^{l} U_{2n}^2(x) dx + S_1 c_1 l_1 U_{1n}^2(l_1) + S_2 c_2 l_2 U_{2n}^2(l).$$

Częstość drgań własnych "ω_n" układu otrzymuje się po rozwiązaniu równania:

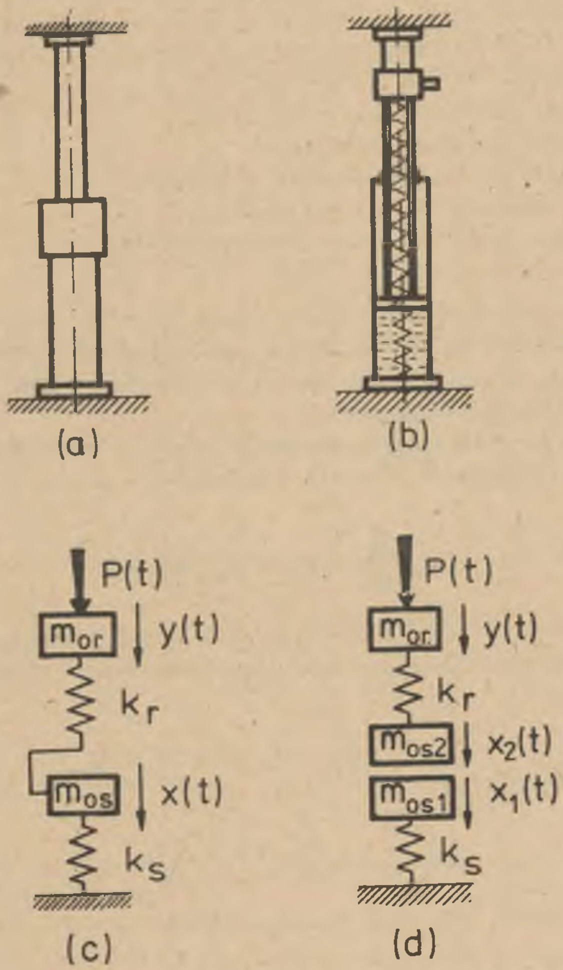
$$(S_2 - S_1) \cos \frac{\omega}{a} l_1 \cos \frac{\omega}{a} l_2 - (S_2 - S_1) \cos \frac{\omega}{a} l_1 \left[\sin \frac{\omega}{a} l_2\right] \frac{c_2 l_2 \omega}{a} + \frac{S_1 c_1 l_1 \omega}{a} \sin \frac{\omega}{a} l_1 \cos \frac{\omega}{a} l_2 - \frac{S_1 c_1 l_1 \omega^2 c_2 l_2}{a^2} \sin \frac{\omega}{a} l_1 \sin \frac{\omega}{a} l_2 + - S_2 \cos \frac{\omega}{a} l + \frac{S_2 c_2 l_2 \omega}{a} \sin \frac{\omega}{a} l = 0$$

Rozwiązanie (10) stanowi podstawę do wyznaczenia wewnętrznych sił których przebieg określa się równaniem w postaci:

$$P_r = E S_2 \left. \frac{\partial u_2(x,t)}{\partial x} \right|_{x = l_1} \tag{11}$$

Złożoność podanych równań, a także zmienność typów i cech obudowy, a także warunków geologiczno-górniczych wymaga wykonania wielu żmudnych i pracochłonnych obliczeń.

Z tego też względu opracowano uproszczone modele obudowy, które w dostatecznym dla praktyki stopniu odzwierciedlają zjawisko współpracy obudowy z drgającym stropem. Istota metody modelowania polega na zamianie pręttów sprężystych w modelach prętowo-masowych na układ o jednym stopniu swobody złożony ze sprężyny i masy zredukowanej.



Rys. 5. Schematy stojaków indywidualnych i ich modele dynamiczne a - ciernego, b - hydraulicznego, c - model dynamiczny stojaka, d - model dynamiczny stojaka z rozdzielonymi masami

Masa zredukowana stanowi udział całkowitej masy elementu modelowanego jako pręt sprężysty i decyduje o bezwładności całego modelu. Udział ten, opierając się na wyznaczonej w poprzednim rozwiązaniu postaci własnej drgań "$U_n(x)$", ustalono na 40%.

Sztywność pręta określa się z równania podanego na rys. 5, na którym pokazano przykłady modeli dynamicznych obudowy ciernej i hydraulicznej.

Do rozważań analitycznych przyjęto następujące oznaczenia:

k_r, k_s - sztywność rdzennika i spodnika,
m_{or}, m_{os} - masa obliczeniowa rdzennika i spodnika,
E_r, E_s - moduł sprężystości materiału rdzennika i spodnika,
S_r, S_s - powierzchnie przekroju poprzecznego rdzennika i spodnika,
l_r, l_s - długość wysuniętej części rdzennika oraz spodnika,
$y(t)$, $x(t)$ - przemieszczenia głowicy i zamka,
a - amplituda drgań stropu,
P_o - siła działająca na stojak,
P_T - siła działająca na tłok lub zamek,
P_w - podporność początkowa obudowy,
P_a - amplituda sił działających na stojak.

Przemieszczenie pionowe wybranych charakterystycznych punktów obudowy (głowicy i zamka lub tłoka) opisują w tym przypadku równania różniczkowe zwykłe, których postać jest zależna od założonego sposobu działania stropu (kinematycznego lub dynamicznego).

W przypadku kinematycznego wymuszenia drgań przemieszczenia osiowe całego układu opisuje jedno równanie różniczkowe w postaci:

$$m_{os}\frac{d^2x}{dt^2} + (k_r + k_s)\,x = k_r y \tag{12}$$

bowiem masa "m_{or}" ulega wymuszonemu przez strop przemieszczeniu.

Siły występujące w czasie odkształceń dynamicznych obudowy wyznaczają równania:

$$P_o = m_{or}\frac{d^2y}{dt^2} + k_r\,(y - x) + P_w \tag{13}$$

$$P_T = m_{os}\frac{d^2x}{dt^2} + k_s x + P_w \tag{14}$$

Rozwiązanie równania (12) przy założonej funkcji przemieszczania stropu jako:

$$y(t) = a \sin \omega t$$

oraz zerowych warunkach początkowych ma postać:

$$x(t) = -\frac{k_r\, a\,\omega}{m_{os}\,\omega_o}\cdot\frac{1}{\omega_o^2-\omega^2}\sin \omega t + \frac{k_r\cdot a}{m_{os}}\cdot\frac{1}{\omega_o^2-\omega^2}\sin \omega t \tag{15}$$

$$\omega_o = \sqrt{\frac{k_s + k_r}{m_{os}}}$$

W przypadku wymuszenia drgań w sposób dynamiczny przemieszczenia liniowe stojaka opisuje układ równań różniczkowych:

$$\left.\begin{aligned} m_{or}\frac{d^2y}{dt^2} + k_r(y-x) &= P(t) \\ m_{os}\frac{d^2x}{dt^2} + k_s x - k_r(y-x) &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

którego rozwiązanie przy założeniu zerowych warunków początkowych i harmonicznego przebiegu sił P(t) ma postać:

$$\left.\begin{aligned} x(t) &= -\frac{\lambda_1^2 P_a \mu_1 \omega}{\omega_1(\omega_1^2-\omega^2)}\sin\omega_1 t + \frac{\lambda_2^2 P_a \mu_2 \omega}{\omega_2(\omega_2^2-\omega^2)}\sin\omega_2 t + \left(\frac{\lambda_1^2\mu_1}{\omega_1^2-\omega^2} + \frac{\lambda_2^2\mu_2}{\omega_2^2-\omega^2}\right)P_a\sin\omega t \\ y(t) &= -\frac{\lambda_1^2 P_a \mu_1^2 \omega}{\omega_1(\omega_1^2-\omega^2)}\sin\omega_1 t + \frac{\lambda_2^2 P_a \mu_2^2 \omega}{\omega_2(\omega_2^2-\omega^2)}\sin\omega_2 t + \left(\frac{\lambda_1^2\mu_1^2}{\omega_1^2-\omega^2} + \frac{\lambda_2^2\mu_2^2}{\omega_2^2-\omega^2}\right)P_a\sin\omega t \end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

gdzie:

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{k_r+k_s}{m_{os}} + \frac{k_r}{m_{or}}\right) + \sqrt{\frac{(k_s+k_r)^2}{m_{os}^2} + \frac{k_r^2}{m_{or}^2} - 2\frac{(k_s-k_r)\,k_r}{m_{os}\cdot m_{or}}}\right]$$

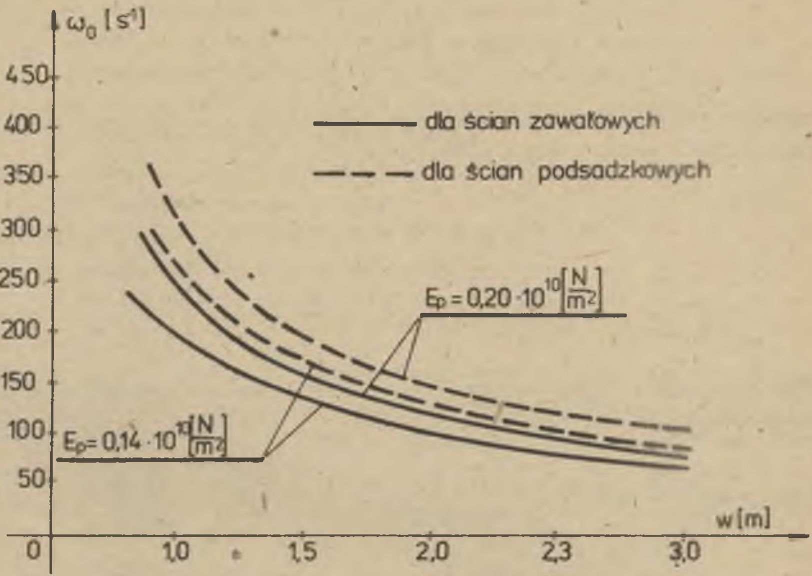
$$\mu_1 = \frac{k_s + k_r - m_{os}\cdot\omega_1^2}{k_r}; \qquad \mu_2 = \frac{k_s + k_r - m_{os}\cdot\omega_2^2}{k_r}$$

$$\lambda_1^2 = \frac{1}{m_{os} + m_{or}\cdot\mu_1^2}; \qquad \lambda_2^2 = \frac{2}{m_{os} + m_{or}\cdot\mu_2^2}$$

Otrzymane rozwiązania (15) i (17) stanowią podstawę do określenia sił występujących w obudowie równania (13) i (14).

Podana metoda badania współpracy obudowy z górotworem pozwala scharakteryzować stateczność stojaka poprzez analizę sił P_a oraz wielkość i przebieg zsuwu (zakładając w momencie zsuwu na styku mas "m_{os1}" i "m_{os2}" stałą siłę równą podporności roboczej stojaka i analizując przemieszczenia oddzielnie dla rdzennika i spodnika) ujmuje się w ten sposób całkowicie pracę obudowy. Przykład rozwiązania zagadnienia z uwzględnieniem zsuwu podano na rys. 6 (rozwiązanie uzyskano na maszynie analogowej).

Na podstawie otrzymanych rozwiązań stwierdzono, że bardzo istotny wpływ na przebieg współpracy obudowy z drgającym stropem ma sztywność i masa obudowy. Im mniejsza masa i sztywność (ale w granicach sprężystej podatności stropu) tym odporność obudowy na zmienne obciążenia. jest większa.



Rys. 6. Wyniki obliczeń parametrów współpracy z górotworem stojaka hydraulicznego GIG - SHC - 40 S.

Dane do obliczeń: - wysokość stojaka w_s = 2,0 m, - podporność początkowa P_w = 300 kN - początkowa amplituda drgań a_o = 18 mm-część drgań ω =150s^{-1}

LITERATURA

[1] Chudek M.: Mechanika górotworu. Skrypt centralny dla studiów dla pracujących. Gliwice. W druku.

[2] Chudek M., Drwięga J., Olaszowski W., Stałęga S., Wachelka L.: Modelowanie metodą symulacji analogowej procesów współpracy obudowy górniczej z dynamicznie deformującym się górotworem. Zbiór referatów. Gliwice - Wisła 1977, XVI Sympozjum Modelowanie w mechanice, PTMTiS.

[3] Chudek M., Borecki M., Olaszowski W., Pach A.: Kryteria i warunki współpracy obudowy z górotworem w pokładach skłonnych do tąpań. Przegląd Górniczy, nr 4, 1972.

[4] Chudek M., Olaszowski W.: Odprężenie pokładów tąpiących jako wynik ściśliwości podsadzki wcześniejszej eksploatacji. Przegląd Górniczy, nr 6, 1972.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТОЕК С ГОРНЫМ МАССИВОМ В ОЧИСТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЛАВЫ ВО ВРЕМЯ КОЛЕБАНИЯ КРОВЛИ

Р е з ю м е

В статье производится анализ влияния колебания кровли на совместную работу крепи лавы с горным массивом. Доказывается, что большое влияние на эту работу имеет неподатливость и масса крепи. Приводятся тоже формулы для определения совместной работы металлических стоек, работающих в очистном пространстве во время колебания кровли.

THEORETICAL PRINCIPLES OF METAL PROPS AND ROCK INTERACTION IN THE WALL HEADING UNDER THE CONDITIONS OF ROOF VIBRATION

S u m m a r y

The paper analyses the effect of the roof vibration on the wall lining and rock interaction. The interaction is shown to be considerably affected by the rigidity and mass of lining. The equations that define the interraction of the metal props working in the wall heading in the roof vibration are also given.