



## Superpozice vlnění v soustavě rezonančním systému uhelná sloj - horninové vrstvy v podmínkách OKR

Stanislav Bukovanský<sup>1</sup>

### *The wave superposition in the coal seam - the rock layers system in the OKR conditions*

*Seismic shock at the all places of the mountain massif are counted to the unique form leading to the wave. The wave is able to evoke exceeding of a tension in the mountain massif at the concrete place and an original tension condition. There are possibilities of exceeding of a breaking strenght of basic elements followed by weak disorders and the possible rise of a mountain bump.*

**Key words:** Rock Environment, Dynamic Phenomena.

V modelu popisovaném výše se uplatní různé víceméně typické ustálené stavy, kdy zkoumaná hmota kmitá harmonicky, a to s frekvencí budící síly. Tento přesně se opakující pohyb se nazývá pohybem ustáleným. V ustáleném stavu je výchylka vynucených kmitů dána výrazem

$$\Psi = A \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

kde úhlová frekvence  $\omega$  je rovna frekvenci budící síly. Amplituda  $A$  a fázová konstanta  $\varphi$  nejsou libovolné.

V ustáleném stavu je tedy dle teorie pohyb harmonický a má tutéž frekvenci jako budící síla. Je-li zkoumaná frekvence soustavy daleko od rezonanční frekvence, tj.  $\omega \ll \omega_0$  nebo  $\omega \gg \omega_0$ , nastávají dva případy:

- v případě  $\omega \ll \omega_0$  je výchylka téměř ve fázi s budící silou a pohyb je určován tuhostí nadložního nosníku,
- v případě  $\omega \gg \omega_0$  je výchylka téměř v protifázi s budící silou a pohyb je omezován odporem uhelné sloje.

Toto jsou dvě významné vlastnosti systému pro popis chování našeho modelu. Na daný systém mohou totiž působit dvě (ale i více) harmonických budících sil současně.

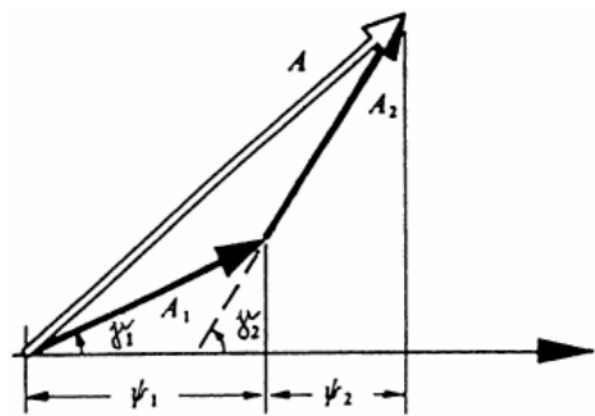
Stacionární řešení pro výslednou amplitudu je dáno pro výchylku od 1. síly

$$\Psi_1 = A_1 \cos(\omega t + \gamma_1 + \varphi) \quad (2)$$

a pro výchylku od druhé síly

$$\Psi_2 = A_2 \cos(\omega t + \gamma_2 + \varphi) \quad (3)$$

Obě síly působící dohromady na principu superpozice vyvolávají výchylku



$$\Psi = \Psi_1(t) + \Psi_2(t)$$

⇐

Obr.1. Vektorový diagram pro výpočet výsledné amplitudy  $A$ .

Jak je uvedeno výše, může být počet budících sil libovolný. Mají-li  $\Psi_1$  a  $\Psi_2$  stejnou frekvenci, je výchylka  $\Psi$  harmonická. Amplitudu této výchylky lze určit z vektorového diagramu na obr. 1 v případě, že dvě budící síly téže frekvence působí současně na tentýž systém ( $t = 0$ ).

Vektor  $\Psi_1$  přičteme k vektoru  $\Psi_2$  a vytvoříme součtový vektor  $\Psi$  o amplitudě  $A$ . Tento vektor rotuje

proti směru pohybu hodinových ručiček s úhlovou frekvencí  $\omega$  a v každém časovém okamžiku je průmět výslednice na nějakou osu roven součtu projekcí vektorů reprezentujících  $\Psi_1$  a  $\Psi_2$ . Hodnota  $A$  se vypočte dle známého trigonometrického vzorce

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1 A_2 \cos(\gamma_2 - \gamma_1) \quad (4)$$

<sup>1</sup> Dr. Ing. Stanislav Bukovanský, Vědecký ústav uhlí a hornin, s.r.o., Poděbradova 111, 70 200 Moravská Ostrava, Česká republika (Recenzovali: Doc. Ing. Juraj Ďurove, CSc. a Doc. Ing. Michal Maras, CSc.)

Předpokládejme, že pro vznik důlního otřesu je prioritní amplituda superponovaného kmitu A. Tato amplituda A závisí na frekvenci stejným způsobem jako amplitudy  $A_1$  a  $A_2$ .

Pro zkoumání výsledného efektu je důležité porovnávat velikost amplitudy A vůči  $A_1$  a  $A_2$ . Pak může nastat několik případů:

1. Projeví se vliv fázového rozdílu. V závislosti na hodnotě  $\cos(\gamma_2 - \gamma_1)$ , jež může mít libovolnou hodnotu mezi -1 a +1, pak může mít A libovolnou hodnotu mezi  $|A_1 - A_2|$  a  $(A_1 + A_2)$ . Jestliže pak je výsledná A menší než je větší hodnota z  $A_1$  a  $A_2$ , pak nedojde superpozicí ke zvýšení výsledné amplitudy a nevyvolá se důlní otřes. Jestliže pak A bude větší než kterákoliv z obou zbývajících amplitud  $A_1$  a  $A_2$ , může vzniknout důlní otřes.
2. Vliv fázového rozdílu se projeví nejvýrazněji, když  $A_1 = A_2$ . Pak z (4) vyplývá, že

$$A^2 = 2A_1^2 [1 + \cos(\gamma_2 - \gamma_1)] \quad (5)$$

Je zřejmé, že energie nashromážděná v oscilátoru, která je úměrná kvadrátu amplitudy, se zečtyřnásobí, budou-li na soustavu spolupůsobit dvě stejné síly působící ve fázi. V tomto případě *může vzniknout důlní otřes*. Budou-li však amplitudy působit v protifázi, nashromážděná energie bude nulová a *důlní otřes nevznikne*.

3. Důležitý člen ve vzorci (5) je člen  $\cos(\gamma_2 - \gamma_1)$ . Tento člen se může po dlouhou dobu uplatnit, má-li rozdíl  $\gamma_2 - \gamma_1$  stálou hodnotu, tedy budící síly pocházejí z relativně závislých zdrojů resp. od jednoho základního zdroje, pak se mohou plně projevit jevy diskutované výše ad 1), a ad 2).
4. Jestliže budící síly pocházejí od zcela nezávislých zdrojů (např. vzdálené zemětřesení apod.), bude se střední hodnota  $\cos(\gamma_2 - \gamma_1)$  rovnat nule a výraz (4) přejde ve výraz

$$A_{\text{stř}}^2 = A_1^2 + A_2^2 \quad (6)$$

Tento výraz znamená, že působí-li na oscilátor dvě budící síly ze dvou nezávislých zdrojů, pak energie, která se v něm akumuluje, tvoří v průměru součet energií odpovídajících jednotlivým budícím silám a výsledná energie může být buď větší nebo menší než je energie dle vzorce (4). Znamená to, že *otřes může, ale nemusí vzniknout a dle zkušeností v OKR nejspíš nevznikne*.

### Závěr

- Vyvede-li se pružná soustava nějakým z působen zrovnováhy, začne kmitat, přičemž kmitá kolem polohy pružné rovnováhy. Při kmitání se ke statickým deformacím připojují deformace dynamické, jež závisí na druhu kmitavého pohybu, přičemž rezonanční kmity mohou mít tak velké amplitudy  $A_1 = A_2$ , podle rov. (5), že deformace jimi vyvolané překročí mez pevnosti oscilátorů a dojde k porušení jeho pevnosti skokem, tedy je možný vznik důlního otřesu. Spolu s tím se mění i napětí v uhelné sloji.
- Když se v prostředí, které je pod určitým vysokým stupněm napjatosti, přidá kmitání o relativně malé amplitudě, *může vzniknout* porušení horského masivu *důlním otřesem*, čímž se působící napětí v dané soustavě sníží.
- Přidáme-li naopak v prostředí s nízkým stupněm napjatosti tutéž amplitudu, pak nemusí dojít ke vzniku porušení a *důlní otřes nevznikne*.

### Literatura

- Bukovanský, S.: Některé aspekty protiotřesového boje se zřetelem k důlním podmínkám v OKR. *Doktorská dizertační práce VŠB - Technická univerzita Ostrava, červen 1997.*
- Bukovanský, S.: Rázy pružných těles v protiotřesovém boji v podmínkách slojí sedlových vrstev. *Acta Montanistica Slovaca, roč. 4, 3/1999a, s. 222-224.*
- Bukovanský, S.: Model otřesového jevu s využitím rezonančního systému nadloží - uhelná sloj v podmínkách OKR. *Acta Montanistica Slovaca, roč. 4, 3/1999b, s. 227-228.*