

Chování soustavy nadloží – uhelná sloj s využitím teorie rázu a rezonančního systému v protiotřesovém boji v podmínkách OKR

Stanislav Bukovanský¹

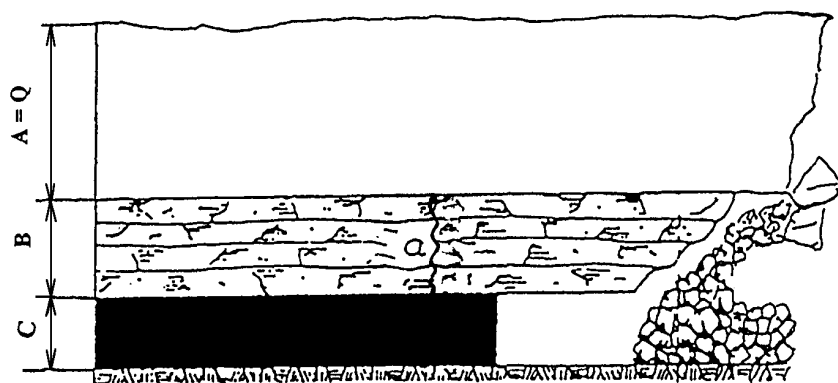
Behaviore of System Hanging – Coal Seam based on Theorie of Shock and Resonants system in the Antishocking Flight of OKR

This dissertation stems from the article [1], [2], [3] published in Acta Montanistica Slovaca (1999) and of the works [4], [5]. The accelerative harmonic force in the oscillation system was analysed. The following formula has been found to be valid for a possible origin of the shock of massif building units: $\Psi_{HO(t)} = \sum_1^n \Psi_{\sigma_{st(t)}} + \sum_1^n \Psi_{\delta_{(t)}}$

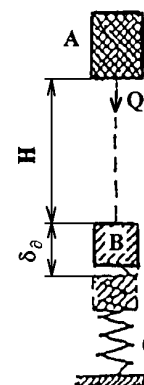
Moreover, implications for the practice have been defined: an output of the oscillation system of the building units as an seam shock prevention in the OKR (Ostrava-Karvina district) model.

Úvod

Soustava (nadloží – uhelná sloj) slojí sedlových vrstev v OKR podle [5], je **zatěžována různou mírou kmitavými změnami**, jak už pohybem podloží zemské kůry – SIAL (nastává tektonické napětí a vzruchy) a také báňskou činností. To znamená, že **horský masiv samotný je neustále naladěn do kmitavého pohybu**. Frekvence kmitů velmi těsně souvisí s rozměry kmitajícího tělesa, mocnosti sloje, tektonikou, vlastnostmi soustavy, i způsobem dobývání a může přivést soustavu ke vzniku horského otřesu, buď **rázovým zatížením** (přechodový jev) nebo **rezonanci** (ustálený stav). Je to dáno **působením fenoménů** soustavy a také **účasti superpozice** ve stavebních jednotkách horského masivu (tj. součtem statických napětí a dynamických harmonických kmitáním soustavy).



Obr.1 Znáznornění pružné soustavy nadloží - sloj



Obr.2 Znáznornění rázu břemene A prostřednictvím tělesa B na pružnou soustavu C

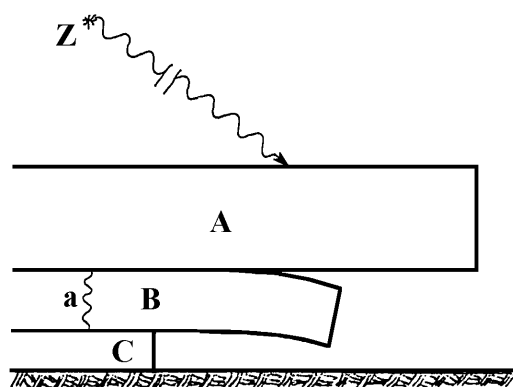
Teoretické úvahy

Vzhledem k podmínkám obvyklých v OKR tj. podmínky slojí sedlových vrstev lze předpokládat, že rezonanční frekvence bude řádově v jednotkách až 10 Hz, přičemž vlastní (volná) frekvence stavebních jednotek horského masivu bude zhruba ve stejném rozměru podle [5].

Na stavební jednotku horského masivu působí funkce fenoménů jevů, kterou si můžeme představit jako působení v různých formách např. napětových, deformačních (jako koncentrátor napětí) a pružné deformační energie a tak může aktivně působit na budící sílu při kmitání.

Podrobíme-li budící sílu analýze při dotaci fenoménu jevů, kdy fenomény mohou být rozhodující pro vznik rezonance a následně rázu **právě působením vnější časové proměnné síly** až pro možný vznik horského otřesu.

¹ Dr. Ing. Stanislav Bukovanský, Vědecký ústav ložisek kaustobiolitů, s.r.o. Kochanova 4, 702 00, Moravská Ostrava, Česká republika (Recenzované, revidovaná verzia dodaná 25.6.2002)



Obr.3 Idealizovaný model vzniku ořesů (Z=ohnisko ořesu)

Fenomény jevů soustavy podle [2], jak je zřejmé, mohou se aktivně podílet na změně budící síly na rezonanci. Rezonance vlastně „čeká“ na přísun vlivů fenoménů a to v takové podobě, aby mohlo dojít ke vzniku horského ořesu.

Zavedením superpozice podle [3] můžeme popsat chování volných a vynucených kmitů při uplatnění fenoménů ve slojí sedlových vrstev v OKR. Superpozici můžeme také vyjádřit jako společný účinek několika příčin. To platí pro deformaci v lineárním systému. Působení vynucených kmitů budící silou v lineární soustavě je značně ulehčeno zásluhou

superpozici kmitů (napětí, deformaci). Superpozice záleží v tom, že **kmity vyvolané různými vnějšími silami jsou navzájem nezávislé.**

Pro mechanismus vzniku horského ořesu by měl přispět popis fyzikálních fenoménů probíhající v daném ohnisku a existující vztahy mezi parametry kmitající soustavy, tj. dynamické zatížení deformační silou a práce zrychlující síly, které konají vnější časové proměnné síly ve stavebních jednotkách horského masívu.

Zavedením dynamického zatížení $\Psi\partial(t)$ kmitající soustavy stavebních jednotek horského masívu dává soustava nový původní přínos do geomechaniky horského masívu pro možný vznik horského ořesu, který je nepochybně v koherenci s energií kmitající soustavy, a pak platí vztah pro práci zrychlující síly kmitající soustavy stavebních jednotek horského masívu.

$$\Psi A(t) = Q\partial(t) \cdot \Psi(t) \quad [J]$$

kde $Q\partial(t)$ - dynamická deformační síla

$\Psi(t)$ - elongace kmitající soustavy

$\Psi A(t)$ - práce zrychlující síly kmitající soustavy stavebních jednotek horského masívu

Zavedením a analýzou dynamické deformační síly $Q\partial(t)$ stavebních jednotek horského masívu slojí sedlových vrstev nabývá rovnice tvar :

$$Q\partial(t) = m \cdot \ddot{\Psi} \partial(t) = -m \cdot \omega^2 \cdot \Psi(t) = -k \cdot \Psi(t),$$

kde $\ddot{\Psi} \partial(t)$ - dynamické zrychlující síly kmitající soustavy

ω^2 - vratná síla kmitající soustavy

k - tuhost kmitající soustavy,

a pro dynamické zrychlení kmitající soustavy stavební jednotky horského masívu platí:

$$\ddot{\Psi} \partial(t) = Q\partial(t) / m = -k \cdot \Psi(t) / m = -\omega^2 \cdot \Psi(t)$$

Pak superpozice dynamické zrychlující síly a dynamickým zatížením (deformační síly) stavební jednotky horského masívu dostaneme konečný výraz chování kmitající soustavy horského masívu pro možný vznik horského ořesu.

$$\Psi\partial(t) = Q\partial(t) + \ddot{\Psi} \partial(t)$$

kde $\Psi\partial(t)$ – dynamické harmonické kmitání stavební jednotky horského masívu.

Zrychlující síly harmonického kmitavého pohybu **tak dominantně vytváří dynamický deformační harmonický pohyb a budí energii** nízkofrekvenčního pohybu slojí sedlových vrstev OKR jako jeden z mechanismů pro možný vznik horského ořesu postupující uhelné stěny vyuhleným objemem. Při zrychleném pohybu kmitající soustavy **vznikají** v uhelné slojí zcela reálná přídavná napětí, jež jsou rovnocenná statickým napětím **buzenými setrvačnými silami**. Každá částice namáhaného tělesa – nadloží prvku A, B i C obr.1, 2. a 3 bude na sousední částice uhelné sloje přenášet takové napětí, jako kdyby k ní byla připojena setrvačná síla.

Vycházíme-li z prací publikovaných v [1] [2] [3] [4] a [5], pak lze pro výše zmíněné modelové poznání provést tento závěr:

- pro rozvoj vědní disciplíny formou výstupu a také

- pro praxi formou výstupu.

Závěry pro rozvoj vědní disciplíny

Jsem si vědom toho, že problematika řešení průchodu vln prostředím horského masivu je velmi obtížná, a že získat reprodukovatelné výsledky je velmi nesnadné. O tom konečně svědčí i výsledky práce tzv. seismického polygonu, který v OKR pracuje už téměř dvě desítky let.

Právě na základě zatím neúspěšných výsledků prognózy důlních otřesů majících svůj původ mimo sloj lze odvozovat, že soubor všech ovlivňujících veličin, z nichž všechny kromě vlnění **jsou statické a dopředu známé** nebo prognózovatelné (mechanické vlastnosti hornin a uhlí, mocnosti vrstev v přímém a vyšším nadloží, vliv tektoniky, zbytkových pilířů či hran porubů v nadloží), dává za pravdu tomu, že k uvedeným jevům kmitající soustavy dochází nejspíš superpozicí původního napětí a napětí vyvolaného kmitáním, rázy nebo rezonancí.

Výstup v podobě zápisu pro možný mechanismus vzniku horského otřesu zní:

$$\psi_{HO(t)} = \sum_1^n \psi_{\sigma_{st(t)}} + \sum_1^n \psi_{\hat{\sigma}(t)}$$

kde označuje:

$\psi_{HO(t)}$ - vznik horského otřesu kmitající soustavy stavební jednotky horského masivu (nebo elongace kmitající soustavy stavební jednotky horského masivu)

$\sum_1^n \psi_{\sigma_{st(t)}}$ - superpozice statických napětí kmitající soustavy horského masivu

$\sum_1^n \psi_{\hat{\sigma}(t)}$ - superpozice dynamického harmonického kmitání stavebních jednotek horského masivu (nebo dynamický gradient harmonického kmitání horského masivu).

Výše popsané zásady pro posouzení vlivu např. rezonance na chování horského masivu jako slabě tlumené soustavy jeho účelem bylo hlavně naznačit tu skutečnost, že horský otřes **může vzniknout i tím, že se superponují vnější zatížení (napětí) od relativně statických zatížení $\sum_1^n \psi_{\sigma_{st(t)}}$ zatíženími dynamickými $\sum_1^n \psi_{\hat{\sigma}(t)}$ vyvolanými šířením vln různého původu horským masivem**, které mohou svůj účinek vlivem rezonance několikanásobně zesílit a při superpozici vzájemných účinků způsobit náhlé porušení stavebních jednotek horského masivu způsobem nebezpečným pro báňský provoz.

Závěry pro praxi

V modelové podobě lze uvažovat o těchto praktických, netradičních preventivních opatřeních v protiotřesovém boji.

Vzhledem k tomu, že směrnice pro otřesový boj v OKR poměrně úspěšně řeší bezpečnost práce a provozu v podmínkách, kde tyto jevy vznikají ve sloji, mohli by se poznatky z této mé práce doplněné samozřejmě o poznatky získané dalším výzkumem a ověřením v praxi uplatnit při definování podmínek a metod protiotřesového boje právě v oblasti otřesů nadloží.

Měnit podmínky tlumení v kmitající soustavě stavební jednotky horského masivu těmito způsoby:

- 1) vytvořit nespojitě prostředí (silné porušení horského masivu), např. vytvořit materiál podobný písku či pryže,
- 2) nebo veškeré změny napětí σ v desce B (obr. 1 a 2) přesunout na její podpory v bocích do předpolí a zápolí (závalu) s cílem odlehčení desky natolik, že v ní bude působit jen vlivy kmitání (nedojde-li k superpozici od σ a kmitání ψ) a změny σ budou co do velikosti relativně malé, pak
- 3) např. vytvořit boky jako podpory nosníku na pružném podkladě, tzn. uložit je na pružiny obdobně jako je odpružené celé auto.
- 4) např. vytvořit boky důlního díla z pevného podkladu (žula). Tlumení je okamžité, gradient tlumení rychlý, kde elongace $\psi(t)$, amplituda výchylky A, rázy nebo rezonance se zachytí na podporách.
- 5) Z toho vyplývá správně orientovat porubní stěnu podle 3) a 4), tzn.
 - výdušná třída jako pružina
 - těžní třída jako žula.
 -

Pak účinky na porušení větší na výdušné straně třídy (chodby), ale menší nebo žádné na těžní chodbě – třídě.

6) Další možností je zavést používání **statických veličin** jako je vliv skutečné hloubky i **možnost relativního posunutí díla do větší hloubky H'** dle propočtených vlivů účinku kmitání (superpozice napětí σ od hloubky H a napětí σ od kmitání $\psi_{(t)}$) a pro takovou hloubku **pak stanovit přísnější podmínky dobývání**.

Volíme-li

$$H' > H$$

$$\sigma' > \sigma$$

pak platí

$$H' = \frac{\sigma'_{geost.}}{\rho \cdot g} \quad [m].$$

Z podmínek vzniku důlních ořesů ve slojích sedlových vrstev OKR vyplývá, že kromě nadrubání či podrubání sloje je možno uplatnit i další aktivní preventivní prostředky protiořesového boje v kmitající soustavě:

- snížení napětí působících v kmitající soustavě stavební jednotky horského masívu ovlivněním přetvárných vlastností horského masívu tak, aby se snížila jeho schopnost akumulovat pružnou energii. Toto lze provést do určité míry stabilizováním intenzity indukované seismicity v prostoru a čase právě regulací rozsahu dobývacích prací.
- zvýšení „přípustné“ rychlosti plastických deformací stavebních jednotek horského masívu, tj. vytvořením „závalového“ tlumícího účinku – např. ORTP pro vytvoření,
- závalového polštáře prvku B soustavy, viz obr. 2 a 3.

Těmito umělými preventivními opatřeními prováděnými v průběhu vedení hornických prací se má docílit vzniku zóny v uhelné sloji či v jejím sousedství, která není svými vlastnostmi schopna již uvolňovat podstatná množství akumulované pružné energie deformace tak, aby mohla v důlních dílech způsobovat destruktivní účinky, tj. omezit možnost „startu“ přechodového jevu – rázu nebo ustáleného stavu – rezonance kmitající soustavy stavební jednotky horského masívu. Je zřejmé, že tato opatření lze provádět jen v blízkosti vedeného důlního díla (na rozdíl od nadrubání či podrubání). Požadovaných účinků je možno dosáhnout zejména pomocí bezvřetomových ořesných trhacích prací velkého rozsahu, zavlažováním a příp. i odlehčovacím vrtáním ve sloji.

Je nutno poznamenat, že zatímco speciální trhací práce lze uplatnit téměř za všech podmínek, zavlažování je účinné jen tehdy, je-li jím možno z hlediska přetváření příznivě ovlivnit vlastnosti stavebních jednotek horského masívu. Tato podmínka bývá splněna u uhelné sloje, ale nikoliv vždy u skalních hornin, zejména pískovců a slepenců, s malým podílem jílovitých materiálů. Pro účelnou aplikaci odlehčovacího vrtání pak je nutno zpracovat projekt a práce realizovat tak, aby v místě situování odlehčovacích vrtů působilo dostatečně vysoké napětí, které by spolu s vlivy od odlehčovacího vrtání způsobilo vznik rozsáhlejší sítě druhotně vzniklých trhlin.

Obecně lze konstatovat podle [4], a [5], že volbu každého z těchto opatření je nutno provést na základě zevrubného zhodnocení jak přírodních, tak i technických podmínek dobývání, a to zejména v těch případech, kdy nelze dosáhnout dostatečné ochrany živých důlních děl jejich ochranou vzniklou samovolným účinkem horských tlaků. V každém případě však realizace těchto umělých zásahů do horského masívu obvykle zdržuje postup hornických prací a přináší s sebou zvýšené náklady na dobývání uhlí.

Proto **nezbytným a prvořadým úkolem seismologie protiořesové prevence je především sledování přirozené (tektonické) seismické aktivity** (tj. velikost amplitudy výchylky, zrychlení a efektivní rychlosti). Dále **sledováním periody kmitání soustavy, její četnosti a síly energetických jevů, včetně polohy**, to vše v návaznosti na antropogenní činnost pomocí **indukované seismické aktivity** regionální (lokální) v průběhu dobývacích prací (vyuhleným objemem) v důlním poli, neboť platí superpozice pro obě vlnění a vliv fenoménů stavebních jednotek horského masívu. Další podrobnosti preventivních opatření lze nalézt např. v [4].

Závěr

Přínos publikované práce k dané problematice podle [1 až 5] je v podání jednoho z návodů, jak se chová soustava nadloží - uhelná sloj s využitím teorie rázu a rezonančního systému za účasti harmonických kmitů v protiořesovém boji při zohlednění sil bránících vzniku ořesů v podmínkách sloji sedlových vrstev OKR.

Mějme na paměti, že při hodnocení možného mechanismu vzniku horského ořesu by měly být vzaty v úvahu tyto podmínky:

- kmitání stavební jednotky (tj. přirozená seismická aktivita),
- indukovaná seismická aktivita (tj. vlivem báňské činnosti),
- geomechanické fenomény,
- superpozice,
- posuzování způsobu dobývání a kvalita prevence.

To vše vstupuje „do hry“ pro možný vznik horského otřesu, ale nemusí, tj. i každý samostatně.

Literatura

- [1] BUKOVANSKÝ, S.: Rázy pružných těles kmitající soustavy stavebních jednotek horského masivu v protiotřesovém boji v podmínkách slojí sedlových vrstev. Acta Montanistica Slovaca roč. 4, 3/1999 a s. 222 – 224.
- [2] BUKOVANSKÝ, S.: Superpozice vlnění v kmitající soustavě rezonančního systému uhelná sloj–horninové vrstvy v podmínkách OKR. Acta Montanistica Slovaca, roč. 4, 3/1999 a s. 225 – 226.
- [3] BUKOVANSKÝ, S.: Model otřesového jevu kmitající soustavy s využitím rázu a rezonančního systému soustavy nadloží – uhelná sloj v podmínkách OKR. Acta Montanistica Slovaca roč. 4, 3/1999 b, s. 227 – 228.
- [4] BUKOVANSKÝ, S.: Některé aspekty protiotřesového boje se zřetelem k důlním podmínkám v OKR. Doktorská disertační práce, VŠB – TU Ostrava 1997.
- [5] BUKOVANSKÝ, S.: Chování kmitající soustavy s využitím teorie rázů a rezonančního systému v protiotřesovém boji v podmínkách OKR. Habilitační práce – VŠB – TU Ostrava, květen 1998.