

M E T O D I C K Ý P O S T U P
Hodnocení účinnosti bezvýlomových trhacích prací
GM/15/UCIN

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu č. 02574/2013/RRC
„Účinnost bezvýlomové trhací práce pro ochranu horníků před otřesy“

Autoři a jejich podíl:

Ing. Petr Koníček, Ph.D., podíl 50 %

Ing. Petr Čížek, Ph.D., podíl 20 %

Ing. Jiří Ptáček, Ph.D., podíl 10 %

Ing. Milan Stoniš, podíl 10 %

Ing. Alexander Przewczek, podíl 10 %

Oponenti:

Ing. Antonín Taufer, CSc., Český báňský úřad

Doc. Ing. Robert Kořínek, CSc., Fakulta Stavební, Vysoká škola báňská-Technická univerzita
Ostrava

červen 2015

Obsah:

1.	Cíl metodiky - úvod.....	3
2.	Popis metodiky	3
2.1.	Bezvýlomové trhací práce v uhelné sloji.....	3
2.2.	Bezvýlomové trhací práce v průvodních horninách uhelných slojí	4
2.3.	Hodnocení účinnosti trhacích prací	4
2.4.	Zrušující ustanovení	7
3.	Srovnání „novosti postupů“ oproti původní metodice	8
4.	Popis uplatnění	11
5.	Ekonomické aspekty.....	11
6.	Seznam použité související literatury	11
7.	Seznam publikací.....	14

1. Cíl metodiky - úvod

Cílem metodiky je poskytnout pracovníkům dolů s nebezpečím důlních otřesů, pracovníkům organizací posuzujících projekty protiotřesové prevence a dozorujícím organizacím státní báňské správy metodický postup pro hodnocení účinnosti bezvýlomových trhacích prací realizovaných v rámci protiotřesové prevence.

2. Popis metodiky

M E T O D I C K Ý P O S T U P

GM/15/UCIN

Hodnocení účinnosti bezvýlomových trhacích prací

Trhací práce (TP) používané v systému protiotřesové prevence jsou realizovány zpravidla jako **bezvýlomové**, což znamená, že při jejich provádění nedochází k vytvoření výtrhového kužele. Specifickou vlastností, již se tato metoda výrazně liší od ostatních metod protiotřesové prevence, je dynamický účinek zatěžování stavebních jednotek horninového masivu. Seismická vlna vyvolaná výbuchem trhaviny jednak způsobuje vznik zóny nevratných deformací do určité vzdálenosti od osy vývrtu, a jednak při průchodu horninou ve větší vzdálenosti vyvolává elastická vlnění, jež za určitých okolností mohou způsobit uvolnění pružné potenciální energie nahromaděné v masivu.

Opomenout nelze ani bezpečnostní hledisko této metody. Ovlivňování stavebních jednotek horninového masivu působením energie výbuchu probíhá bez přítomnosti lidí v okolních důlních dílech a není tak ohroženo jejich zdraví ani v případě, dojde-li účinkem TP k vyvolání otřesového jevu.

Účinek výbuchové energie při realizaci TP se projevuje vyvoláním nevratných deformací ve vymezené části horninového masivu za vzniku nových trhlin, jejichž objem je kompenzován změnou objemu nově vzniklých bloků. Překročení meze pevnosti horniny má za následek náhlou přeměnu kumulované potenciální energie v práci, která se projeví křehkými deformacemi horniny. V důlních podmínkách je hornina již pod značným napětím vlivem geostatického tlaku a vlivem kombinovaných přídatných napětí různého původu. Při dodržení určité rychlosti zatěžování lze vyvolat takové přídatné napětí, které při spolupůsobení již existujících napětí způsobí překročení meze pevnosti a hornina se rozruší tříštěním.

Trhací práce v systému protiotřesové prevence můžeme realizovat jako TP malého i velkého rozsahu. Toto rozdělení je dáno vyhláškou Českého báňského úřadu č. 72/1988 Sb. o používání výbušnin, ve znění pozdějších předpisů.

Pro ovlivnění mechanických a přetvárných vlastností uhelné sloje jsou většinou realizovány TP malého rozsahu. Pro ovlivnění mechanických a přetvárných vlastností průvodních hornin mohou být prováděny TP jak malého, tak i velkého rozsahu.

2.1. Bezvýlomové trhací práce v uhelné sloji

TP v uhelné sloji, s ohledem na předpokládaný mechanismus porušení, označujeme jako otřasné odlehčovací trhací práce (dále jen OOTP). Provádí se zpravidla před postupujícím důlním dílem a/nebo v jeho bocích v pravidelných časových i prostorových intervalech nebo operativně a lokálně, za účelem okamžitého odstranění nepříznivého stavu zjištěného

prognózními metodami (vrtnými testy, seismickými metodami nebo individuálním pozorováním).

Základním úkolem OOTP je porušení uhelné sloje účinkem výbuchu a přeskupení lokální kumulace napětí dále od boku nebo čelby dlouhého důlního díla nebo od porubní fronty a vytvoření ochranné zóny pro další bezpečný postup důlního díla.

V některých případech může být realizací OOTP uvolněno napětí i s deformačními účinky v důlním díle.

2.2. Bezvýlomové trhací práce v průvodních horninách uhelných slojí

TP v průvodních horninách uhelných slojí realizujeme buď jako TP velkého rozsahu nebo jako TP malého rozsahu. Protože se jedná pouze o legislativní rozdělení, budou tyto práce dále pro účely tohoto metodického postupu označovány souhrnně jako bezvýlomové trhací práce v horninách (dále jen BTP).

Základním cílem BTP, který je definován v geomechanickém zadání, je:

1. Ovlivnění fyzikálně mechanických vlastností (porušení) kompetentních částí horninového masivu obklopujícího uhelné sloje za účelem snížení jeho pevnosti a tedy schopnosti kumulovat potenciální energii, která by se mohla nekontrolovaně uvolnit a projevit se v důlních dílech ve formě důlního otřesu.
2. Porušování pevných hornin v nadloží dobývaných slojí s cílem usnadnit vytváření závalu za postupující hranou porubní fronty.
3. Uvolnění lokálních koncentrací napětí za nepřítomnosti zaměstnanců na pracovišti.

2.3. Hodnocení účinnosti trhacích prací

Účinnost TP je nutno posuzovat komplexně s ohledem na jejich cíle, definované v geomechanickém zadání. Pro posouzení je potřeba využít všech dostupných metod průběžné prognózy. Jsou jimi individuální pozorování, testovací vrtání a seismické sledování a vyhodnocování.

Individuálním pozorováním lze bezprostředně po trhací práci ověřit deformační změny v horninovém masivu, ale i změny deformace výztuže důlních děl v místě BTP nebo OOTP. Na základě zkušeností s běžnými projevy při TP je tak možno usuzovat na uvolnění napětí následkem jejích účinků. Stejně tak lze po TP sledovat praskání, rázy a dobu dotřesů a jejich četnost a intenzitu porovnat s běžnými akustickými a seismickými projevy pozorovanými před a po odstřelu. Metodika posuzování individuálního pozorování je detailně popsána v Metodickém postupu GM/05/IP.

Testovacím vrtáním zpravidla ověřujeme účinnost OOTP, především v případech, kdy trhací práce byla provedena jako reakce na nepříznivé výsledky pravidelné průběžné prognózy. Tato metoda je nejlépe prakticky ověřena a je založena na porovnání skutečného množství vrtné drti, vynesenoho spirálovými tyčemi z testovacího vrtu s normovaným množstvím. Je doplněna dalšími sledovanými znaky zvýšených napětí, jako jsou svírání a vtahování soutyčí do vrtu a pilířové nebo stropní rány. Lze ji tudíž považovat za relativně nejpřesnější ověření účinnosti provedené OOTP. Metodika testovacího vrtání je detailně popsána v Metodických postupech GM/05/TEST a GM/05/OV.

Monitorování seismicity (seismické sledování a vyhodnocování ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 659/2004 Sb.) lze považovat za zásadní metodu ověřování účinků obou metod BTP a OOTP a trhacích prací obecně. Seismické metody, mezi něž počítáme seismologii (SL)

a seismoakustiku (SA) je nutno využívat komplexně s použitím dalších údajů. V souladu s Metodickými postupy GF/05/SL a GF/05/SA jsou to především:

- velikost vyzařované seismické energie a její lokalizace,
- seismická aktivita předcházející realizaci BTP,
- charakter dotřesové sekvence,
- rovnoměrnost a periodicitu vyzařované seismicity,
- jiný anomální průběh vyzařování seismické energie.

Účinnost BTP a OOTP musí být vždy posouzena z pohledu dosažení cíle definovaného v geomechanickém zadání takto:

- A. Účinnost BTP, jejichž zadáním je usnadnit vytváření pravidelného závalu bezprostředně za zálomovou hranou porubní fronty dobývaného porubu, vychází z komplexního posouzení změn ve vývoji úrovně SL aktivity při BTP. Příznivě hodnotíme případy BTP, po kterých dochází ke stabilizaci vyzařování seismické energie a jeho následnému rovnoměrnému vývoji ve sledované oblasti. Velikost uvolněné energie vyvolaných seismických jevů v tomto případě není rozhodujícím kritériem.
- B. Účinnost TP, jejichž zadáním je zejména uvolnění napětí kumulovaného v horninovém masivu, vychází z posouzení velikosti uvolněné seismické energie stanovením seismického efektu (SE) a komplexního vyhodnocení dalších údajů SL a SA sledování.

Využití údajů, zjištěných seismickým sledováním pro stanovení účinnosti TP, je uvedeno v Metodických postupech GF/05/SL a GF/05/SA. Jedním ze základních parametrů, které při hodnocení účinnosti TP posuzujeme, je její seismický efekt (SE). Metodika jeho využití je proto uvedena samostatně a podrobněji.

Seismický efekt BTP nebo OOTP je smluvním bezrozměrným číslem představujícím porovnání zaznamenané seismické energie odstřelu s vnitřní energií trhavin, tj. s teoretickou energií, která by odpovídala odpálení nálože o dané hmotnosti. Hodnota odstřelem uvolněné seismické energie a tím i seismický efekt trhací práce jsou více závislé na úrovni napětí kumulovaného v ovlivňované části horninového masivu v okamžiku odstřelu, než na parametrech samotného odstřelu. Dosahuje-li úroveň napětí, kumulovaných v určité části masivu v daném okamžiku a v daném místě, hodnot blízkých kritickým pro konkrétní podmínky, mnohdy postačí pro uvolnění velkého množství seismické energie pouze část energie dodané do masivu prostřednictvím trhací práce. Vlna napětí, vyvolaná odstřelem, při průchodu horninovým prostředím, s rostoucí vzdáleností od centra výbuchu postupně ztrácí energii. Je-li hodnota napětí této vlny v okamžiku průchodu určitou částí horninového masivu ještě natolik vysoká, aby součet přídatných napětí v masivu a napětí této vlny překročil pevnostně-přetvárné parametry horniny, pak dojde ke křehkému porušení horniny. Tím lze zároveň vysvětlit, proč souřadnice ohniska seismického jevu vyvolaného odstřelem zpravidla nejsou totožné se souřadnicemi ohniska odpálené nálože.

Praktický význam seismického efektu spočívá v tom, že poskytuje informaci, zda odstřelem došlo k uvolnění i části energie kumulované v horninovém masivu. Tato informace je důležitá při posuzování procesu uvolňování energie z masivu v průběhu vedení hornické činnosti.

Poměr seismické energie E_s uvolněné v horninovém masivu při odstřelu TP, která byla vypočtena ze SL záznamů zaregistrovaného seismického jevu, a energie E_Q , která by

teoreticky odpovídala projevu velikosti samotné odpálené nálože, je jedním z parametrů posouzení účinnosti těchto trhacích prací. Pro OKR byl ekvivalent seismické energie (v jednotkách [J]), odpovídající velikosti odpálené nálože o hmotnosti Q (v jednotkách [kg]) empiricky stanoven vztahem:

$$E_Q = K \cdot Q \quad (1)$$

kde K je hodnota empirické konstanty zjištěné statisticky pro podmínky OKR (pro BTP K=1,86; pro OOTP K=1,23).

Zavedení konstanty K bylo vedeno snahou o postižení geologických vlivů, vlivů reálného nehomogenního a anizotropního prostředí na proces uvolnění a šíření seismického vlnění (na jejich absorpci, útlum, disperzi apod.) a vlivů technologie odstřelu.

Seismický efekt SE lze vyjádřit vztahem:

$$SE = \frac{E_s}{E_Q}, \text{ tj. } SE = \frac{E_s}{K \cdot Q} \quad (2)$$

(hodnota SE je udávána zaokrouhleně na jedno desetinné místo).

Hodnocení vypočteného SE ve smyslu intenzity uvolnění lokálních koncentrací napětí je prováděno podle následujících kritérií:

- pro BTP v průvodních horninách uhelných slojí:

Tabulka 1: Hodnocení seismického efektu

Seismický efekt	Hodnocení seismického efektu
SE < 2,5	nevýznamný
2,5 ≤ SE	významný

- pro OOTP v uhelných slojích:

Tabulka 2: Hodnocení seismického efektu

Seismický efekt	Hodnocení seismického efektu
SE < 1,7	nevýznamný
1,7 ≤ SE	významný

Každá OOTP, jejímž účelem je pouze uvolnění lokálních koncentrací napětí ve sloji a každá TP realizovaná v průvodních horninách slojí, musí být po jejich realizaci vyhodnocena. Vyhodnocení zahrnuje posouzení velikosti seismického efektu a všech příznaků uvolnění napětí registrovaných při trhací práci i sledovaných po trhací práci, jako jsou deformační projevy horninového masivu i výztuže, dotřesové, akustické či seismické projevy po trhací práci apod.

Účinnost trhací práce, sledující porušení hornin za účelem snížení jejich schopnosti kumulovat potenciální přetvárnou energii a za účelem usnadnění zavalování nadložních hornin sloje za postupujícím porubem, lze prokázat, kromě velikosti seismického efektu, především pravidelným vytvářením závalu za postupujícím porubem.

Je-li TP prováděna za účelem:

- včasného vytvoření prvního závalu,
- pravidelného zavalování,
- vyvolání závalu při jeho opožďování,
- porušení vyššího nadloží,
- pasivní ochrany provozovaných důlních děl vytvořením souvislého tlumícího pásma v jejich okolí,

nemusí vykazovat výraznější seismický efekt. Došlo-li současně k uvolnění energie z masivu, svědčí to o přítomnosti zvýšených napětí v blízkosti realizované TP.

V případě, že TP má více cílů než pouze uvolnění lokální koncentrace napětí, je SE jen pomocným vyhodnocovacím kritériem. Pouze na základě tohoto pomocného kritéria nelze TP hodnotit jako neúčinnou. V případě, že TP byla realizována pouze za účelem uvolnění lokálních koncentrací napětí a SE nebyl hodnocen jako významný, musí být situace posouzena a TP opakována, nebo uvolnění lokálních koncentrací napětí musí být prokázáno jinými prostředky.

2.4. Zrušující ustanovení

Vydáním tohoto metodického postupu se ruší:

1. Ustanovení uvedená v kapitole 7.2 Metodického postupu GF/05/SL Kontinuální seismologické sledování v průběžné prognóze vzniku důlních otřesů na dolech v OKR.
2. Ustanovení uvedená v kapitole 5 Metodického postupu GM/05/TP Trhací práce.

Příklad 1:

V horninovém masivu byla realizována BTP s následujícími parametry:

- Odpálená nálož: 2500 kg
- Registrovaná seismická energie jevu odpovídajícího BTP: $3,5 \times 10^4$ J

Na základě vztahu (2) s použitím koeficientu $K = 1,86$ byl vypočten Seismický efekt (SE) = 7,5. Na základě tabulky 1 je SE hodnocen jako „významný“, tzn. účinnost BTPVR ve smyslu uvolnění lokálních koncentrací napětí je hodnocena jako významná.

Příklad 2:

V uhelné sloji byla realizována OOTP s následujícími parametry:

- Odpálená nálož: 52 kg
- Registrovaná seismická energie jevu odpovídajícího OOTP: $3,5 \times 10^3$ J

Na základě vztahu (2) s použitím koeficientu $K = 1,23$ byl vypočten Seismický efekt (SE) = 54,7. Na základě tabulky 2 je SE hodnocen jako „významný“, tzn. účinnost OOTP ve smyslu uvolnění lokálních koncentrací napětí je hodnocena jako významná.

3. Srovnání „novosti postupů“ oproti původní metodice

Předložená metodika vychází z dosud používaných metodických postupů, které upřesňují postupy při realizaci protiotřesové prevence v souladu s Pracovními pravidly k vyhlášce ČBÚ č. 659/2004 Sb. Jedná se o Metodický postup Trhací práce (GM/05/TP) a Metodický postup Kontinuální seismologické sledování v průběžné prognóze vzniku důlních otřesů na dolech v OKR (GF/05/SL). Od doby vydání uvedených metodických postupů došlo k realizaci velkého množství bezvýlomových trhacích prací a na základě výzkumu provedeného Koníčkem (2009) a Koníčkem a Przewczkem (2010) bylo zřejmé, že je možné a účelné metodiku hodnocení účinnosti verifikovat a zpřesnit.

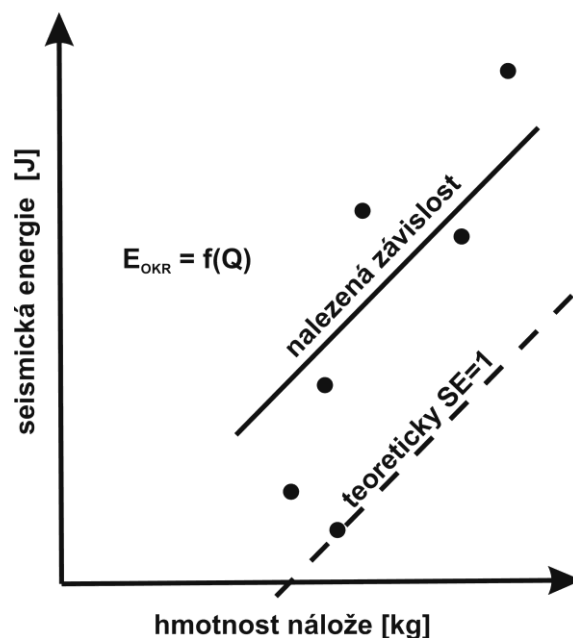
Spolu se zavedením bezvýlomových trhacích prací do praxe byla řešena otázka hodnocení účinku (efektu) těchto prací ve smyslu uvolnění lokálních koncentrací napětí. Pro další bezpečný postup hornických prací je potřeba znát, zda účinkem trhací práce došlo skutečně k uvolnění koncentrovaného napětí v horninovém masivu. Toto hodnocení bylo řešeno v rámci základního výzkumu (Knotek et al. 1983, 1985). Na základě porovnání seismické energie registrované při odpalu a energie teoreticky uvolněné odstřelem skutečného množství odpálené trhaviny byl navržen inženýrský systém hodnocení účinnosti trhacích prací, který je v nezměněné podobě užíván dosud. Podle tohoto systému je bezvýlomová trhací práce tím účinnější, čím je vyšší poměr mezi registrovanou energií uvolněnou při odpalu a teoreticky stanovenou energií odpovídající množství odpálené trhaviny. Tento přístup zavádí do vztahu výpočtu koeficient K , který zohledňuje přírodní vlastnosti horninového masivu, ve kterém jsou bezvýlomové trhací práce realizovány.

Původní výpočet koeficientu K vycházel z údajů malého počtu hodnocených trhacích prací, které byly tehdy k dispozici (Knotek et al. 1983, 1985). Hodnocení účinnosti trhacích prací touto metodou se ukazuje na základě bohatých a dlouholetých zkušeností s problematikou protiotřesové prevence jako správné. Bylo však potřebné a užitečné tuto metodu aktualizovat, zpřesnit a případně i modifikovat, s využitím údajů BTP a OOTP realizovaných v průběhu následujících téměř třiceti let. První práce byly realizovány pro bezvýlomové trhací práce v průvodních horninách slojí Koníčkem (2009), kdy byl analyzován soubor dat BTP (872 případů). Provedená analýza (Koníček 2009) prokázala, že princip hodnocení účinnosti BTP ve smyslu uvolnění lokálních koncentrací napětí v horninovém masivu, užívaný v současné době v podmínkách OKR, je správný. Na základě verifikace tohoto systému hodnocení a vzhledem k výrazně většímu počtu dat, než jaký byl k dispozici při tvorbě této metodiky (Knotek et al. 1983, 1985), byl navržen jiný, objektivnější a formalizovaný způsob výběru dat, ze kterých je vypočítáván koeficient K . V rámci této práce byla také testována možnost použití jiných parametrů pro hodnocení (maximální objemové změny v ohniskové oblasti, magnitudo) nebo stanovení parametrů hodnocení pro jednotlivé kategorie bezvýlomových trhacích prací. Použití jiných parametrů analýza přesvědčivě nepotvrdila stejně jako stanovení parametrů pro jednotlivé kategorie BTP a s ohledem na kontinuitu hodnocení bylo doporučeno používat k hodnocení registrovanou seismickou energii. V rámci práce Koníčka (2009) byla poprvé diskutována otázka hodnocení samotného vypočteného Seismického efektu. Podle současně platné metodiky je efekt bezvýlomové trhací práce hodnocen prostým porovnáním vypočteného seismického efektu s hodnotou 1. Je konstatováno, že v případech, ve kterých byl vypočtený seismický efekt větší než 1, lze oprávněně očekávat, že došlo k uvolnění určité části mechanické energie z horninového masivu a tedy i k uvolnění lokální koncentrace napětí. Velké množství dat bezvýlomových trhacích prací, dostupných v této době, umožňuje na základě statistické analýzy stanovit kritéria hodnocení vypočteného SE, na základě kterých je možné míru uvolnění lokálních koncentrací napětí kvantifikovat (Koníček 2009).

Koníček a Przeczek (2010) provedli analýzu dat OOTP (1200 případů) a konstatovali, že vzhledem k velmi odlišným vlastnostem prostředí uhelných slojí a průvodních hornin by mělo být hodnocení tohoto způsobu trhací práce prováděno samostatně a koeficient K by měl být stanoven pro bezvýlomové trhací práce v horninách a v uhelných slojích odlišně. Předběžné stanovení tohoto koeficientu ukázalo, že by měl být pro uhelné sloje menší než pro horniny.

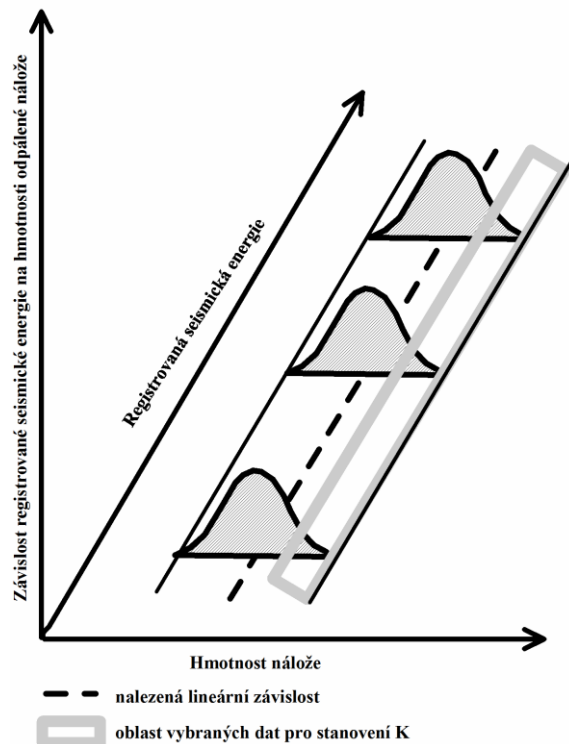
Na tyto práce navázala rozsáhlá analýza bezvýlomových trhacích prací (Koníček et al. 2014). Analýza zahrnovala 1655 případů dat BTP a 4712 případů dat OOTP za dobu realizace v letech 2000 až 2013. Na základě této analýzy s využitím poznatků z dřívějších prací (Koníček 2009; Koníček a Przeczek 2010) byla provedena verifikace koeficientu K samostatně pro BTP a samostatně pro OOTP v uhelných slojích.

Dosud užívaný koeficient $K = 2,6$ byl stanoven z grafu závislosti registrované seismické energie, zjištěné ze seismologického monitoringu a velikosti nálože trhaviny v kilogramech. Účinnost byla stanovena užitím minimálního poměru seismické energie (E_{OKR}) k hmotnosti použité nálože (Q). Pro $SE = 1$ pak byl vypočten koeficient K (viz obr. 1 – dle Knotka et al. 1983, 1985). Vzhledem k velkému počtu analyzovaných dat nelze tento postup použít, neboť je problematické nalézt minimální poměr seismické energie (E_{OKR}) k hmotnosti použité nálože (Q), Koníček (2009).



Obr. 1 Princip stanovení koeficientu K.

Koníčkem (2009) byl navržen postup, který byl také následně verifikován při analýze rozsáhlých souborů dat bezvýlomových trhacích prací (Koníček et al. 2014). Hladina výběru dat pro stanovení koeficientu K byla definována jako rovnoběžka s přímkou nalezené závislosti, posunutá o hodnotu směrodatné odchylky souboru dat registrované seismické energie. Navržený postup je schematicky znázorněn na obr. 2. Z takto vybraných dat byly vypočteny poměry registrované seismické energie (E_{OKR}) k velikosti nálože (Q), které jsou hledanými koeficienty K. Výsledný koeficient K byl vypočten jako medián vybraného souboru dat.



Obr. 2 Princip výběru dat pro stanovení koeficientu K

Pro soubor dat všech BTP bylo provedeno zpřesnění stávající metodiky, a to vypočtením nového koeficientu K pro horniny ($K = 1,86 \text{ J.kg}^{-1}$). Stejně tak pro soubor dat všech OOTP byl vypočten nový koeficient K pro uhlí ($K = 1,23 \text{ J.kg}^{-1}$).

Na základě SE vypočtených za použití nově stanovených koeficientů K bylo analyzováno jejich rozložení pro oba soubory dat (OOTP i BTP v průvodních horninách) a byl navržen systém hodnocení SE ve smyslu uvolnění lokálních koncentrací napětí za použití obdobného přístupu, který navrhl Koníček (2009). Výsledky této statistické analýzy a navrhovaný systém hodnocení SE je uveden v tabulce 3 a 4.

Pro účely místních podmínek OKR byl v metodickém postupu tento systém hodnocení zjednodušen, protože podrobnější kategorizace SE nenachází dosud uplatnění v praxi.

Tabulka 3: Hodnocení seismického efektu (průvodní horniny)

Seismický efekt	Hodnocení seismického efektu	Procento případů z analyzovaného datového souboru
$SE < 2,5$	nevýznamný	24,9 %
$2,5 \leq SE < 4,1$	dobry	25,5 %
$4,1 \leq SE < 7,0$	velmi dobrý	24,8 %
$7,0 \leq SE < 13,6$	vynikající	15,5 %
$SE \geq 13,6$	extrémní	9,3 %

Tabulka 4: Hodnocení seismického efektu (OOTP)

Seismický efekt	Hodnocení seismického efektu	Procento případů z analyzovaného datového souboru
$SE < 1,7$	nevýznamný	23,9 %
$1,7 \leq SE < 2,8$	dobrý	25,1 %
$2,8 \leq SE < 5,9$	velmi dobrý	26,0 %
$5,9 \leq SE < 12,1$	vynikající	12,3 %
$SE \geq 12,1$	extrémní	12,7 %

Poděkování

Výzkum, jehož výsledkem je tento metodický postup, byl finančně podpořen Moravskoslezským krajem v rámci programu Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji 2013 (RRC /05/2013) v rámci řešení projektu Účinnost bezvýlomové trhací práce pro ochranu horníků před otřesy, projekt č. 02574/2013/RRC a Akademií věd ČR, projekt č. 68145535.

4. Popis uplatnění

Předložená metodika je určena pro organizace projektující, realizující a posuzující realizaci protiotřesové prevence při hlubinné těžbě černého uhlí v dolech s nebezpečím důlních otřesů a pro orgány státní báňské správy České republiky (Český báňský úřad a Obvodní báňské úřady).

5. Ekonomické aspekty

Zavedení navrženého metodického postupu hodnocení účinnosti bezvýlomových prací do praxe si nevyžádá žádné náklady. Hodnocení je prováděno i v současné době a nový metodický postup pouze verifikuje postup hodnocení, udává nové koeficienty pro výpočet seismického efektu, který je základním parametrem hodnocení, a mění způsob hodnocení vypočteného seismického efektu ve smyslu uvolnění lokálních koncentrací napětí.

Vyčíslení ekonomického přínosu zavedením tohoto metodického postupu pro uživatele je obtížně realizovatelné. Hlavním přínosem nového metodického postupu je **zvýšení bezpečnosti zaměstnanců v důlním prostředí a zvýšení bezpečnosti hornické práce obecně**. Metodický postup se týká hodnocení účinnosti aktivního prostředku protiotřesové prevence – bezvýlomových trhacích prací. V obtížných geomechanických podmínkách, kde se tento aktivní prostředek používá nejvíce, jsou důlní díla vedena zpravidla ve 3. stupni nebezpečí otřesů. Tato díla lze však vést pouze za soustavného provádění aktivních prostředků protiotřesové prevence (§ 13, odst. 3, vyhlášky č. 659/2004Sb.). Není proto možné stanovit zda při neprovedení těchto aktivních prostředků dojde k otřesovému jevu s projevy v důlních dílech nebo ne a kvantifikovat tak možné škody nezbytné pro kvantifikaci přínosu zavedení tohoto metodického postupu.

6. Seznam použité související literatury

Brent, M., (2006): Engineering With Mathcad, ELSEVIER, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2006, 494 s.

- Budíková, M., Králová, M., Maroš, B. (2010): Průvodce základními statistickými metodami, Grada Publishing, a.s., Praha, 2010, 272 s.
- Dvorsky P., Konicek P. (2005): Systems of Rock Blasting as a Rock Burst Measure in the Czech Part of Upper Silesian Coal Basin. In Proceedings of the Sixth International Symposium on Rockburst and Seismicity in Mines, Perth, Western Australia, 9-11 March 2005, Australian Centre of Geomechanics.
- Dvorsky P., Golasowski J., Konicek P., Kubica M., (2004): Geomechanical experience with coal working in the 4th block in the coal seam 37 at CSA colliery in Karvina. In Proceedings of the 11th International scientific-technical conference Rockbursts 2004, Ustron, 8-11 November 2004, Central mining institute in Katowice.
- Dvorsky P., Konicek P., Morkovska E., Palla L. (2003): Rock blasting as a rockburst control measures in the safety pillar of SW crosscuts at Lazy colliery in Orlová. In Proceedings of the 10th International scientific-technical conference Rockbursts 2003, Ustron, 12-14 November 2003, Central mining institute in Katowice, pp. 37 - 45.
- Knotek S. et al. (1983): Výzkum geomechanického hodnocení horninového masivu geofyzikálními metodami: Průběžná zpráva Výzkumného úkolu SP ZV II-6-1/2.09 11 381, VVUÚ Ostrava-Radvanice, 1983 a 1985, Ostrava.
- Knotek S. et al. (1985): Výzkum geomechanického hodnocení horninového masivu geofyzikálními metodami: Závěrečná zpráva Výzkumného úkolu SP ZV II-6-1/2.09 11 381, VVUÚ Ostrava-Radvanice, 1983 a 1985, Ostrava.
- Konicek P., J. Ptacek, L.Stas, R. Kukutsch, P. Waclawik and A. Mazaira. Impact of destress blasting on stress field development ahead of a hardcoal longwall face, In Proceedings of the International Symposium of the International Society for Rock Mechanics, EUROCK 2014, Vigo, Spain, 27-29 May 2013, A. A. Balkema, pp. 585-590.
- Konicek P., Soucek K., Stas L., Singh R (2013): Long-hole destress blasting for rockburst control during deep underground coal mining, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 61, pp. 141–153.
- Koníček P., Ptacek J., Waclawik P., Soucek K. & Kukutsch R. (2013): Control of rockburst risk in hardcoal longwall mining - a case study, In Proceedings of the International Symposium of the International Society for Rock Mechanics, EUROCK 2013, Wroclaw, Poland, 21-26 September 2013, A. A. Balkema, p. 745-750.
- P. Konicek, K. Soucek, L. Stas & A. Przewczek (2012): Rockbursts provoked by destress blasting in hard coal longwall mining, In proceedings of the 10th International Symposium on Rock Fragmentation by blasting, New Delhi, India, 26-29 November 2012, pp. 193-202.
- Konicek P., Konecny P. and Ptacek J. (2011) Destress Rock Blasting as a Rockburst Control Technique, In Proceedings of the 12th International Congress on Rock Mechanics, Beijing, 18-21 October 2011, Taylor & Francis Group, pp. 1221–1226.
- Konicek P., Saharan M. R. & Mitri H. (2011): Destress Blasting in Coal Mining – State-of-the-Art Review, In Proceedings of the First International Symposium on Mine Safety Science and Engineering, part B, Beijing, 27-28 October 2011, China Academy of Safety Science and Technology, Proceedia Engineering 2011, pp. 158-173
- Koníček, P.; Przewczek, A. (2010): Evaluation of Effectiveness of Destress Coal Blasting for Stress Release (in Czech). In Proceedings of the 3rd Traditional International Colloquium on geomechanics and geophysics, Ostravice, 6-7 May 2010, Documenta Geonica 2010/1, Institute of Geonics AS CR, Ostrava, 2010, pp. 151-163.

- Koníček, P., Ptacek J, & Przeczek, A. (2009): Seismic effect of destress rock blasting. In Proceedings of the 16th International scientific-technical conference GZN 2009, Andzrychów, 3-6 November 2009, Central mining institute in Katowice, 2009, p. 110-119.
- Koníček P. (2009): Hodnocení účinnosti bezvýlomových trhacích prací pro uvolnění koncentrací napětí v horninovém masivu (Evaluation of effectiveness of non productive rock blasting for stress release in rock massif). Documenta Geonica 2009/1, Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Ostrava, 2009.
- Koníček, P.; Przeczek, A. (2008): Study of selected cases of local stress reduction due to rock blasting. In Proceedings of the 15th International scientific-technical conference GZN 2008, Andzrychów, 3-7 November 2008, Central mining institute in Katowice, 2008, p. 143-161.
- Koníček P. & Mořkovská E. (2008): Effect Assessment of Destress Rock Blasting on the Basis of Seismological Monitoring in Conditions of Ostrava-Karviná Coalfield (in Czech). In Proceedings of the 2nd Traditional International Colloquium on Geomechanics and Geophysics, Ostravice, the Czech Republic, 22-23 May 2008, Ústav geoniky AV ČR, v.v.i. a Green Gas DPB, a.s., 107-120.
- Konicek P., Dvorsky P., Bonczek Č., Przeczek A., (2006): The Rockburst Measure in Conditions of Ostrava-Karvina Coalfield (in Polish). In Proceedings of the 13th International scientific-technical conference Natural mining hazards 2006, Ustron, 7-11 November 2006, Central mining institute in Katowice.
- Šimurda, M. (2007): Zobecněný lineární model, Seminář aktuárných věd 14. 3. 2008, studijní materiál, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzita Karlova v Praze, Praha, 2008, 27 s.
- Meloun, M., Militký, M. (1998): Statistické zpracování experimentálních dat, East PUBLISHING, a.s., Praha, 1998, 839 s.
- Anděl, J. (1988): Statistické metody, vydání 2, MATFYZPRESS, Praha 1998, 274 s.
- Michálek, J., Král, J. (2010) Řešení výkonnosti výrobního procesu při nenormálně rozdělených datech, In Soudobé trendy v jakosti řízení, Conference Paper, (Zlenice, CZ, 19. 3. 2010-20. 3. 2010), s. 36-48
- OKD, DPB, a. s. (2005b): Metodický postup GF/05/SL – Kontinuální seismologické sledování v průběžné prognóze vzniku důlních otřesů na dolech OKR, Paskov, 2005, 19 s.
- OKD, DPB, a. s. (2005c): Metodický postup GF/05/SA – Kontinuální seismoakustické sledování v průběžné prognóze vzniku důlních otřesů na dolech OKR, Paskov, 2005, 13 s.
- OKD, DPB, a. s. (2005d): Metodický postup GM/05/TP – Trhací práce, Paskov, 2005, 17 s.
- OKD, DPB, a. s. (2005e): Metodický postup GM/05/REG – Regionální prognóza vzniku otřesů na dolech OKR, Paskov, 2005, 34 s.
- OKD, DPB, a. s. (2006): Metodický postup GM/06/OCHP – Vedení důlních děl v oblastech přídatných napětí v okolí chranných pilířů jam a překopů, Paskov, 2006, 3 s.
- Przeczek A., Dvorsky P., Konicek P. (2005): System of Rock Blasting in Boreholes Diameter more than 100 mm as a Rockburst Measure. In Proceedings of the 12th International scientific-technical conference Rockbursts 2004, Ustron, 21-24 November 2005, Central mining institute in Katowice.
- StatSoft, Inc. (2013): STATISTICA, (data analysis software system), version 12., Elektronická učebnice statistiky, www.statsoft.com.

Takla G., Ptacek J., Holecko J., Konicek P. (2005): Stress State Determination and Prediction in Rock Mass with Rockburst Risk in Ostrava-Karvina Coal Basin. In Proceedings of the International Symposium of the International Society for Rock Mechanics, EUROCK 2005, Brno, Czech Republic, 18-20 May 2005, A. A. Balkema 625-628.

7. Seznam publikací

Koníček P., Ptáček J., Čížek P., Kukutsch R., Kajzar V. *Účinnost bezvýlomové trhací práce pro ochranu horníků před otřesy*, závěrečná zpráva o řešení projektu č. 02574/2013/RRC v programu Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji 2013, 2014, 92 s.