

**Nmet:****Stanovení potřebného objemového průtoku větrů pro
ředění koncentrací CO při ražbě velkoprofilových
podzemních prostor (tunely a pod.) a důlních děl**

Konečný uživatel výsledků:

Český báňský úřad

Adresa:

Kozí 4

P.O. BOX 140

110 01 Praha 1 - Staré Město

Název projektu: „Výzkum složení ovzduší při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem pro stanovení minimálního objemového průtoku větrů“.

Číslo projektu: TITSCBU701

Řešitel projektu: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 2172/15
708 00 Ostrava-Poruba

Doba řešení: 1. 7. 2018 – 31. 12. 2019

Důvěrnost a dostupnost: veřejně přístupný (URL původu: <http://url.xxxx.xx>)

Informace o autorském týmu:

doc. Ing. Pavel Zapletal, Ph.D.

Ing. Pavel Malíček

RNDr. Viktor Dubovský, Ph.D.

VŠB TECHNICKÁ | HORNICKO | KATEDRA
UNIVERZITA | GEOLOGICKÁ | HORNICKÉHO INŽENÝRSTVÍ
OSTRAVA | FAKULTA | A BEZPEČNOSTI

Další informace o projektu:

Cíle projektu:

Stanovení výsledného vztahu pro výpočet minimálního objemového průtoku větrů potřebného k ředění zplodin vznětových motorů při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem na základě vyhodnocení aerodynamických procesů provětrávání důlních děl a rozboru vzorků ovzduší při současném stavu provozu těchto motorů. Porovnání metod výpočtu v dalších státech EU v souvislosti s vyhodnocením změn vstupních parametrů ovlivňující složení zplodin vznětových motorů (konstrukce vznětových motorů, složení pohonných hmot apod.) **Další výstupy:**

Výstup projektu má zajistit podklady, postupy a výpočty k vypracování projektů separátního větrání při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem (ražba tunelů) tak, aby bylo docíleno požadovaného ředění oxidu uhelnatého a oxidu dusíku z definovaných zdrojů, zejména od provozu vznětových motorů v uzavřených prostorách.

Další výsledky:

O: Návrh legislativních změn báňských bezpečnostních předpisů

O: Softwarové řešení pro výpočet separátního větrání důlních a podzemních děl.

Nmet: Stanovení postupu zjišťování koncentrací CO a NO_x produkovaných vznětovými motory do podzemních prostor (tunely) nebo důlních děl.



Úvod

V rámci hornické činnosti nebo činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí dochází k ražbě důlních a velkoprofilových podzemních děl. V těchto ražených dílech se pohybují a pracují stroje s dieselovými motory. Jedním základním kritériem pro bezpečný provoz ražených důlních děl je nepřekročení škodlivých součástí ovzduší dle vyhlášek č. 22/1989 Sb. a 55/1996 Sb., kdy jedním z těchto plynů je oxid uhelnatý (CO), jehož hranice je v současné právní úpravě 30 ppm. Další složkou jsou sloučeniny nitrozních plynů (NO_x) kde maximálně povolená hranice dle dnes platných právních předpisů je 7,6 ppm. Jedním z producentů těchto plynů jsou právě spalovací dieselové motory. Jak v ražených důlních dílech, tak v ražených velkoprofilových podzemních dílech se pohybují stroje různých velikostí, stáří a různých výkonů, tudíž i různých emisí CO a NO_x.

Cíl metodiky

Předkládaná metodika obsahuje matematicky i provozně ověřené vztahy pro výpočet potřebného objemového průtoku větrů v raženém důlním díle nebo raženém velkoprofilovém podzemním díle pro zředění zplodin z naftových motorů.

Předložené vztahy vychází z předpokládaného počtu strojů s naftovým motorem o známém výkonu a také ze známého parametrů raženého díla jako je např. rozměry, úklony a způsob navrhovaného větrání. Tyto stěžejní parametry musí každý projektant vyžadovat od realizátora stavby, aby byl schopen správně využívat předkládanou metodiku.

Cílem metodiky je jasně stanovit vstupní údaje pro výpočet potřebného průtoku větrů na ředění zplodin z dieslových motorů, kdy projektant bude schopen vysvětlit, jaké hodnoty dosadil a co dosazené hodnoty znamenají. Vyhne se tím použití koeficientů, které byly používány doposud a v některých zemích jsou používány dodnes bez vysvětlení.

Dalším nezanedbatelným cílem je ekonomičtější využití strojů s naftovým motorem ve vztahu k potřebnému objemovému průtoku větrů potřebného pro ředění zplodin z naftových motorů a také rozšíření použití propočtu i mimo uhelné plynující doly, tedy na doly neplynující a při činnosti prováděné hornickým způsobem.

Dedikace

Metodika byla vytvořena v rámci řešení projektu TA ČR č. TITSCBU701 „Výzkum složení ovzduší při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem pro stanovení minimálního objemového průtoku větrů“.

Vlastní popis metodiky

Metodika stanovení potřebného objemového průtoku větrů pro ředění koncentrací CO a NO_x při ražbě velkoprofilových podzemních prostor (tunelů a pod.) a důlních děl na požadované hodnoty právních předpisů vychází z matematicky i prakticky ověřených výpočetní vztahů, které byly stanoveny na základě opakovaných měření zplodin z dieslových strojů různých výkonů na různých lokalitách a v různých provozech, a to jak při hornické činnosti na plynujících, či neplynujících dolech, tak při činnosti prováděné hornickou činností při ražbě tunelů na Slovensku, nebo v Polsku.

Pro správné použití metodiky je nutno předem zjistit následující parametry:

- výkon uvažovaného stroje pro použití v raženém díle, který bývá uveden v technickém průkazu, nebo vyražen na štítku umístěném na stroji,
- úklon dopravní trati, po které bude uvažovaný stroj jezdit, aby bylo možno z tabulek č.1 a č.2 určit faktor průměrného zatížení. Tabulka č.1 je určena pro silniční dopravu a dopravu kolejovými stroji a tabulka č. 2 pro dopravu na závěsné dráze,
- technický stav uvažovaného stroje (úprava dieslového motoru, důkaz dodržení emisních hodnot, pravidelné měření zplodin, platné STK) pro stanovení jednotkového objemového průtoku větrů potřebného k ředění zplodin z 1kW výkonu uvažovaného stroje,
- předpokládaný počet uvažovaných strojů současně pracujících na čelbě raženého díla.

n_2

$$Q_{v0} = \sum_{i=1} P_{Ni} F_{Ai} Q_{ji}$$

Kde je

Q_{v0}	Potřebný objemový průtok větrů	(m ³ s ⁻¹)
P_N	Instalovaný výkon motoru	(kW)
F_A	Faktor průměrného vytížení (0,3 – 0,6)	
Q_j	jednotkový obj. průtok větrů potřebný k ředění zplodin z 1kW výkonu stroje (0,03 – 0,1)	(m ³ s ⁻¹ kW ⁻¹)

Tabulka č. 1 Pro silniční dopravu a dopravu kolejovými stroji

Sklon dopravní trati do (°)	3	5	7	10
F_A	0,3	0,4	0,5	0,6

Tabulka č. 2 Pro dopravu na závěsné dráze

Sklon dopravní trati do (°)	5	10	15	20	25	30
F_A	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6

Pozn: Pro volně stojící stroje platí hodnota $F_A = 0,3$.



Stanovení jednotkového obj. průtok větrů potřebného k ředění zplodin z 1 kW výkonu uvažovaného stroje

- Při použití (nasazení) vhodných, dobře udržovaných dieselových motorů bez zvláštních konečných úprav (dodatečných zpracování) výfukových plynů, bez důkazu (detekce) dodržení (nastavené hodnoty) emisních hodnot:
- 6 m³ čerstvého vzduchu za min. DIN (= německé průmysl. normy) – kW jmenovitý výkon nasazeného stroje **pro těžbu a nakládání**
 - 0,1 m³s⁻¹.kW⁻¹ při využití plného výkonu stroje
 - 0,08 m³s⁻¹.kW⁻¹ při maximálně 80% výkonu stroje
- 3 m³ čerstvého vzduchu za min. DIN (= německé průmysl. normy) – kW jmenovitý výkon nasazeného stroje **pro dopravu materiálu, odvoz rubaniny a stroje provádějící obsluhu čelby (vrtání, betonování, odtrhávání)**
 - 0,05 m³s⁻¹.kW⁻¹ při využití plného výkonu stroje
 - 0,04 m³s⁻¹.kW⁻¹ při maximálně 80% výkonu stroje
- Při použití motorů s filtrem částic, s pravidelnou detekcí dodržení emisních hodnot přes provozovatele:
- 4 m³ čerstvého vzduchu za min. DIN (= německé průmysl. normy) – kW jmenovitý výkon nasazeného stroje **pro těžbu a nakládání**
 - 0,066 m³s⁻¹.kW⁻¹ při využití plného výkonu stroje
 - 0,053 m³s⁻¹.kW⁻¹ při maximálně 80% výkonu stroje
- 2 m³ čerstvého vzduchu za min. DIN (= německé průmysl. normy) – kW jmenovitý výkon nasazeného stroje **pro dopravu materiálu, pro odvoz rubaniny a stroje provádějící obsluhu čelby (vrtání, betonování, odtrhávání)**
 - 0,033 m³s⁻¹.kW⁻¹ při využití plného výkonu stroje
 - 0,03 m³s⁻¹.kW⁻¹ při maximálně 80% výkonu stroje



Novost postupů u dané metodiky

Tato nově navrhovaná metodika propočtu potřebného objemového průtoku potřebného pro ředění zplodin reaguje na snižování povolené hranice obsahu škodlivých látek ve zplodinách z naftových motorů. Tato metodika již reaguje i na SMĚRNICI evropského parlamentu a rady (EU) 2019/130.

Současná legislativa, která stanovovala vztah pro výpočet potřebného objemového průtoku potřebného pro ředění zplodin naftových motorů, byla obsažena ve vyhlášce č.165/2002 Sb., o separátním větrání při hornické činnosti v plynujících dolech.

Jak je již patrné, platila tato vyhláška pouze pro hornickou činnost v plynujících dolech. Vztah byl vyjádřen vzorcem



kde je

Qc	Potřebný objemový průtok větrů	(m ³ s ⁻¹)
PN	Celkový výkon naftových motorů pracujících současně v projektovaném důlním díle	(kW)
c	Přípustná koncentrace CH ₄ v projektovaném důlním díle	(%)

Konstanty 0,065 a 0,069 nebyly nikde specifikovány a v podstatě nebylo možné rozklíčovat, co vlastně vyjadřují.

Novost navrhované nové metodiky propočtu potřebného objemového průtoku pro ředění zplodin naftových motorů spočívá:

1. Propočet bude sloužit projektantům i pro činnost prováděnou hornickým způsobem, kdy jim bude doporučeno, aby přiměřeným způsobem použilo navrženého nového vztahu při projektování větrání ražených děl.
2. Sjednocení matematického vztahu i pro neplynující doly a činnost prováděnou hornickým způsobem.

Toto bylo provedeno odstraněním konstanty - c

c	Přípustná koncentrace CH ₄ v projektovaném důlním díle	(%)
---	---	-------

Odstranění bylo provedeno na základě měření vlivu metanu CH₄ na koncentraci škodlivých látek CO a NO_x v in-situ.

3. Vytvořením nového matematického vztahu, který vymezením jednotlivých konstant bude lépe vyjadřovat stav, který nastane v určitém díle při provozu strojů s naftovým motorem.

Citovaný matematický vztah je popsán v kapitole „**Vlastní popis metodiky**“, kde jsou vyspecifikovány i zmíněné konstanty

F_A Faktor průměrného vytížení (0,3 – 0,6)

Q_j jednotkový obj. průtok větrů potřebný k ředění zplodin z 1kW ($m^3s^{-1}kW^{-1}$) výkonu stroje (0,03 – 0,1)

Nově vytvořený matematický vztah:

$$n^2$$

$$Q_{v0} = \sum_{i=1}^{n^2} P_{Ni} F_{Ai} Q_{ji}$$

Jednoznačně umožní přesnější popis práce jednotlivých strojů s naftovým motorem a tím umožní přesnější propočty potřebného objemového průtoku větrů pro ředění zplodin z naftových motorů. Tím umožní nasazení výkonnějších strojů, popř. umožní snížení potřebného objemového průtoku větrů pro ředění zplodin z naftových motorů. Umožní to snížení finanční náročnosti jak z hlediska nasazení výkonnějších mechanismů, tak finančních nároků na separátní větrání důlních a podzemních děl.

Popis a forma uplatnění metodiky v praxi

Tato metodika bude uplatněna v rámci činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí, ale i při hornické činnosti na plynujících dolech, kdy tento vztah bude doplněn do současné platné legislativy, konkrétně vyhlášky č. 165/2002 Sb., o separátním větrání při hornické činnosti na plynujících dolech.

Nasazení této metodiky bude rovněž vyžadováno státní báňskou správou z hlediska projektů separátního větrání důlních a podzemních děl.

Tato metodika bude současně zařazena do výuky odborných předmětů zabývajících se danou problematikou (výuka větrání důlních a podzemních prostor) na VŠB-TU Ostrava.

Ekonomické aspekty a přínos

Metodika vytvořením nového matematického vztahu, ve kterém je jednoznačně stanoven rozsah jednotlivých koeficientů F_A a Q_j umožní, jak již bylo zmíněno nasazení výkonnějších strojů a umožní snížení potřebného objemového průtoku větrů pro ředění zplodin z naftových motorů.

Nasazením výkonnějších strojů při ražbě, logistice odtěžení a zásobování materiálem, velkoprofilových podzemních prostor (tunely a pod.) a důlních děl povede ke zkrácení doby potřebné pro samotnou ražbu. S ohledem na rozmanitost profilů a geologických profilů jednotlivých důlních děl a velkoprofilových podzemních prostor je v podstatě nemožné provést jakýkoliv finanční přínos nové metodiky. Rozhodně se dá ale odhadnout, že se bude jednat o kladný přínos v ekonomice podnikání společností zabývajících se hornickou činností nebo činností prováděnou hornickým způsobem.

Tato metodika, které lépe vystihne i nové konstrukce naftových motorů, umožní nový propočet potřeb objemového průtoku větrů potřebného k zředění zplodin vznětových motorů.

Snížení objemového průtoku větrů potřebného k zředění zplodin vznětových motorů povede ke snížení nároků na separátní větrání. Tím dojde ke snižování průměrů lufnových tahů včetně požadavků na ventilátory. Toto bude mít pozitivní dopad na spotřebu elektrické energie a na cenu za prvky separátního větrání. Dalším pozitivním aspektem bezesporu bude prodloužení odvětratelné délky realizovaných podzemních děl.

Jmenované aspekty jsou velmi těžko vyčíslitelné. Lze uvést pouze příklad úspory elektrické energie, i když i zde je to velmi těžké, jelikož nelze přesně stanovit cenu jedné kWh. Pro srovnání je použita průměrná cena 4,28 Kč / kWh.

- Jestliže potřeba objemového průtoku povede k možnosti nahradit ventilátor o průměru 1200 mm, který má motor 55 kW za ventilátor o průměru 1000 mm s motorem 30 kW → hodinová úspora tedy činí 25 kW, což představuje $107 \text{ Kč} \cdot \text{h}^{-1}$. Pokud je větrání nepřetržité, úspora za 24 hodin činí 2 568 Kč, tzn. 937 320 Kč za rok.

Použité literatura:

- Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 sb., ze dne 29. prosince 1988 o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška ČBÚ č 55/1996 o požadavcích k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška ČBÚ č 165/2002 o separátním větrání při hornické činnosti v plynujících dolech

- SUCHAN, Libor. *Důlní větrání v praktických příkladech*. 2. přeprac. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1968. Skripta SUCHAN
- ŠIŠKA, František. *Banské vetranie*. Bratislava: Alfa, 1993. Edícia baníckej literatúry. ISBN 80-05-01132-6.
- *SIA 196 Baulüftung im Untertagbau: Verständigung, Grundlagen und Hinweise, Planung, Berechnungen, Ventilationsmaterial, Ausführung, Leistung, Kontrolle und Unterhalt*. Zürich: Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, [1998]. Schweizer Norm = Norme Suisse = Norma Svizzera, 531196.
- OBRACAJ, Darius: *Projektowanie wentylacji lutniowej przy drażeniu chodników kombajnem w kopalniach rud miedzi*, CUPRUM – Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud, nr 3 (84) 2017, s. 13-30

Seznam publikací

- Zapletal Pavel a Pavel Malíček: *Stanovení minimálního objemového průtoku větrů ředění zplodin ze strojů z naftovými motory při HČ a ČPHZ*, IX. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE „Strojní zařízení používaná při hornické činnosti a činnosti prováděné hornickým způsobem, jejich bezpečnost a nové trendy“, konané 4.-5. dubna 2019 v hotelu Sepetná v Ostravici.
- Pokorný, J., Brumarová, L., Kučera, P., Zapletal, P., Martinka J., Thomitzek, A: *Vliv rychlosti proudění vzduchu na stratifikaci kouře při podélném větrání tunelů*, Acta Montanistica Slovaca – v tisku