

Ing. Zdeněk F o r m á n e k, CSc, VÚHU

Měření popelnatosti uhlí v důlních vozících pomocí záření gama

Měření kvality uhlí v důlních vozících je jednou z možností, jak proměřit celou těžbu /nebo její podstatnou část/ dolů.

Zatímco v lomových provozech s pasovou dopravou jsou s měřením kvality uhlí na pase spojeny značné komplikace, v hlubinných provozech, kde je těžba vyvážena ve vozících, je situace ulehčena tím, že tvar vozů je štáhlý a množství uhlí v nich se mění jen málo.

Za těchto okolností jsou vhodné podmínky pro využití prozařování paprsky gama při stanovení popelnatosti uhlí.

Prochází-li paprsek záření gama vrstvou hmoty, dochází k jeho zeslabení - fotony interagují s hmotou a hustota jejich toku klesá. Pro hustotu toku fotonů platí rovnice

$$J = J_0 \cdot e^{-\mu \rho x}$$

kde J = hustota toku fotonů po absorpci

J_0 = původní hustota toku fotonů

μ = hmotnostní součinitel absorpce

ρx = plošná hmotnost materiálu

nebo

$$\ln \frac{J_0}{J} = \mu \rho x$$

Jestliže je tedy zaručena stálá tloušťka vrstvy absorbujícího materiálu, pak určitému poměru zeslabení toku fotonů odpovídá jedna hodnota součinu specifické hmotnosti s součinitelem absorpce. Hodnota součinitele závisí na charakteru použitého záření - při záření o nízké energii /menší než 100 keV/ se uplatňuje zejména fotoefekt a součinitel absorpce je závislý na kvalitě prozařovaného materiálu - s rostoucím protonovým číslem roste. U záření o vyšší energii /vyšší než

300 keV/ se uplatňuje téměř výhradně Comptonův jev a hodnota absorpčního koeficientu nezáleží na kvalitě prozařovaného materiálu.

Použití nízkoenergetického záření se tedy jeví jako výhodnější, ale jeho použití je bohužel omezeno pro vrstvy silně maximálně 200 mm, absorpční koeficient je tak vysoký, že při silnějších vrstvách je hustota toku prošlého záření neměřitelná. Je tedy nutno použít záření o vyšší energii, např. ^{137}Cs o energii 660 keV. Toto záření má v běžných materiálech stálý koeficient absorpce $8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$. Změřením hustoty toku fotonů prošlých paprsků se tedy /při stálé tloušťce vrstvy/ zjistí specifická hmotnost měřeného materiálu. U hnědého uhlí je závislost mezi specifickou hmotností a obsahem popela lineární a dosti těsná, zejména u uhlí z jedné lokality, proto je takové měření dostatečně přesné.

Aby výsledek měření odpovídal průměrnému obsahu vozíku, je nutno proměřit celý jeho obsah, např. řadou měření ve velkém počtu profilů. Druhou možností je použít pro měření paprsek ve tvaru svislého pásu, kterým vozík projede, takže paprsek vlastně postupně vyplní celý objem vozu. Pro dostatečnou přesnost měření je třeba načítat nejméně 600 pulsů, proto je nutno aktivitu zářiče, geometrii měření a jeho dobu volit tak, aby tato hodnota byla dosažena.

Pro praktické ověření byly provedeny zkoušky s prozařováním vozů - na pokusný úsek koleje byly postaveny vozy, naplněné dvěma typy uhlí - kvalitním a méně kvalitním. Na jednu stranu koleje byl umístěn zářič, na druhou detektor. Jako zářič bylo použito ^{137}Cs o aktivitě 10 GBq /nejvyšší aktivita, kterou je možno běžným krytem bezpečně odstínit/. Vozy byly postupně přesunovány tak, aby procházely měřicím paprskem vždy po 100 mm. Zářič byl uložen v kolimačním krytu s možností volby geometrie - úzký paprsek téměř válcovitý o průměru asi 10 mm a kuželovitý paprsek o vrcholovém úhlu 60° . Výsledky měření ukázaly, že pro měření je možno využít

střední část vozu mimo 200 mm na každém okraji, při použití úzce kolimovaného paprsku je rozdíl mezi naměřenou četností u uhlí PB a PC 45 %, u kuželového 37 %. Naměřené četnosti u kuželovitého paprsku byly pětikrát vyšší a jednotlivá měření se méně lišila. Jako výhodnější se tedy ukázalo použití kuželovitého paprsku. Naměřené četnosti byly kolem 1000 s^{-1} , tuto hodnotu je možno ještě zvýšit konstrukcí detekční sondy, např. spojením řady detekčních trubíc paralelně. Podle těchto výsledků je tedy možno proměřit obsah vozu tak, že vůz projede maximální rychlostí 2 m.s^{-1} měřicí zónou, jeho zastavení není nutné. Systém bude ovšem nutno automatisovat tak, aby průjezd vozu /pomocí vhodného čidla/ měření spustil a opět zastavil, proměnná doba měření musí být tímtož zařízením kompensována. Z bezpečnostních důvodů musí být zářič uložen v ochranném krytu, ze kterého je vysunut jen tehdy, když je zastíněn projíždějícím vozem.

Pro přesné ověření v provozních podmínkách bylo provedeno měření přímo na dole Centrum tak, že na vyhrazené koleji bylo zřízeno měřicí místo, na které bylo přivezeno 10 vozů s uhlím. Z toho 2 byly naloženy mimořádně kvalitním uhlím, 4 podřadným uhlím a 4 byly z běžné těžby. Po proměření byly vozy vyklopeny na vyhrazený pás, byly odebrány vzorky a analysovány v laboratoři. Výsledky analýz a naměřené četnosti byly zpracovány regresní analýsou, bylo zjištěno, že odpovídají rovnici

$$A^d = 110 - 30,6 \cdot \log J$$

kde A^d = obsah popela v sušině, /%/, J = naměřená četnost / s^{-1} /.

Koeficient korelace tohoto vztahu je -0,91, směrodatná odchylka 5%, při čemž výsledky o větším rozptylu dávají vyšší naměřené hodnoty. Vypustí-li se z vyhodnocení hodnoty vyšší než 20 %, klesne směrodatná odchylka na 3,5 %.

Na základě popsaných měření byl vypracován návrh pro řešení celého systému měření, vycházející ze situace na povrchu

dolu Centrum.

Vozy ze šachty jedou po dvou kolejích na systém výměn, umožňující jejich převedení na 3 koleje, vedoucí k výklopníkům. Pro informaci obsluhy o potřebném nastavení výměn je třeba, aby znala složení uhlí s dostatečným předstihem, ale aby přitom nemohlo dojít k záměně. Z těchto požadavků vyplynulo řešení - měřicí místo u šachty, vozy budou brzděny kolejovou brzdou na rychlost menší než 2m.s^{-1} . Zářič bude umístěn v elektromagneticky ovládaném krytu a průjezd vozů bude snímán čtyřmi světelnými relé, z nichž první dvě budou určena pro ovládání zářiče, druhá dvě pro vlastní měření. Zářič se vysune jen tehdy, když vůz zacloní obě současně a nemůže být vysunut např. procházejícím člověkem.

Vlastní analyzátor je řešen s ohledem na proměnnou dobu měření, danou tím, že rychlost průjezdu vozů měřicím místem není zaručena.

Proto není možno využít běžné koncepce počítání počtu impulsů za určitý čas, bylo tedy zvoleno řešení, podle kterého jsou elektrické impulsy z detektoru integrovány a odpovídající proud je současně kompensován srovnávacím proudem. Výsledné napětí na integrátoru závisí tedy na rozdílu proudů a jestliže byl integrátor na začátku měřicího intervalu vynulován, nezávisí jeho znaménko na délce měřicího intervalu. Jestliže se tedy nastaví určitý srovnávací proud, pak četnosti /průměrné/ vyšší jsou indikovány kladným výstupním napětím, nižší záporným.

Měřicí cyklus tedy proběhne tak, že při najezení vozu do měřicí zony se vysune zářič a spustí se integrace, po projetí vozu se přepíše stav integrátoru do paměti a integrátor se vynuluje.

Tyto obvody budou použity dva současně, takže budou vozy třídit na 3 kategorie - PB, PC, prázdný.

Aby obsluha byla informována co nejdokonaleji, budou

výsledky měření ukládány do paměti, ovládané dalším světelným relé v blízkosti výměny a na světelném tablu v kabině obsluhy budou indikovány výsledky měření posledních čtyř vozů. Když projede první vůz měřicí zónou, objeví se jeho zařazení na posledním místě tablu, zařazení dalších tří vozů se objeví na dalších místech, ostatní vozy jsou proměřeny, ale nejsou zatím indikovány. Když první vůz projede výměnou, jeho zařazení zmizí, hodnoty dalších vozů se posunou a na prvním místě se objeví hodnota dalšího vozu. Počet vozů, zařazených do určité kategorie i celkový počet vozů, které projely bude počítán čítači.

Zařízení bude realizováno jako úkol technického rozvoje k.p. DVÚZ, ve spolupráci pracovníků dolu Centrum a VÚHU.

Jednotlivé prvky a dílčí celky budou vyrobeny a v modelových podmínkách /podle možností i v provozních podmínkách/ vyzkoušeny tak, aby při odstávce v létě 1984 mohl být systém namontován a spuštěn.

S h r n u t í

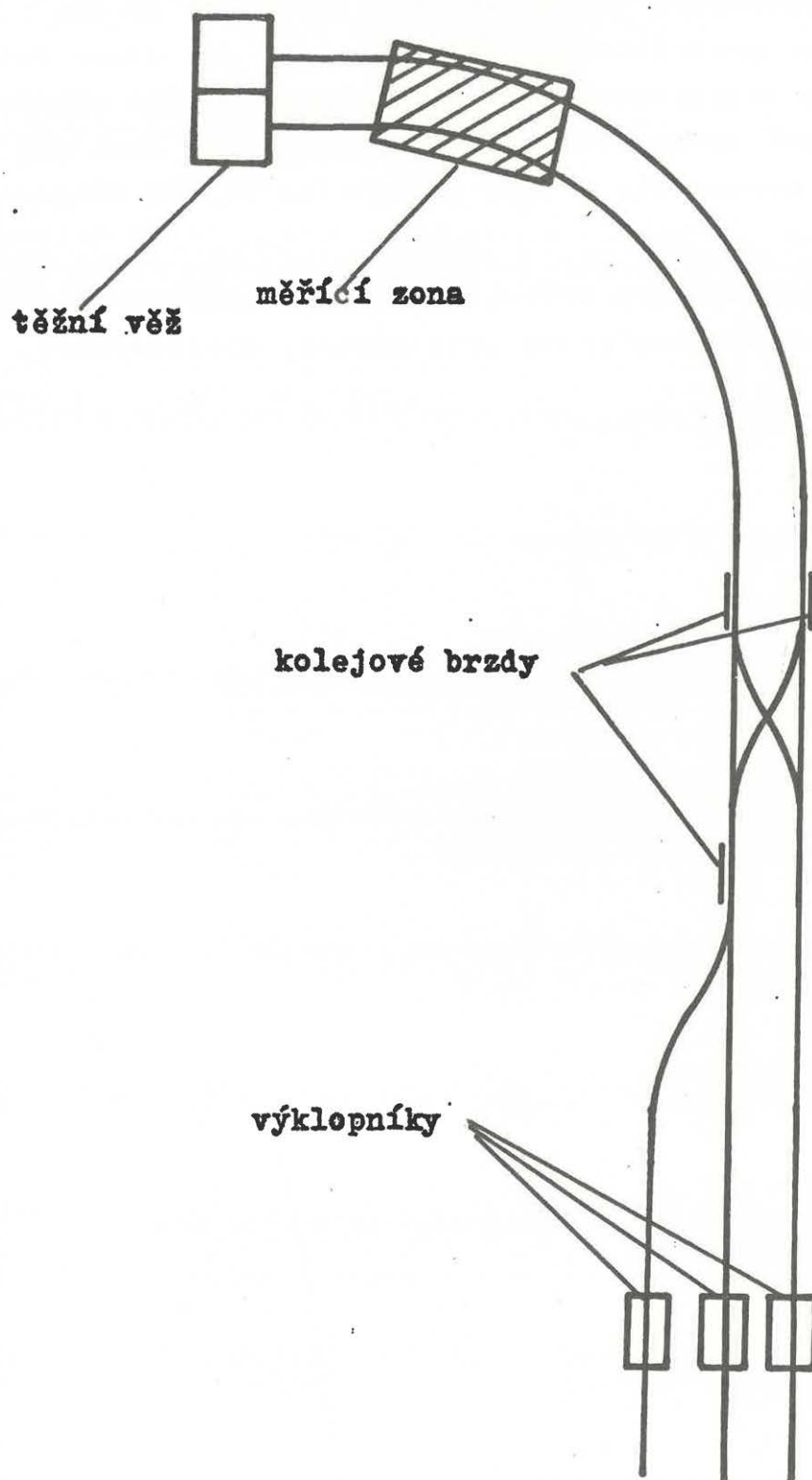
Měření popelnatosti uhlí v důlních vozících pomocí záření gama

V článku je popsán způsob měření popelnatosti uhlí v důlních vozících na základě měření absorpce záření gama.

Zařízení bylo experimentálně ověřeno a bude realizováno jako úkol technického rozvoje k.p. DVÚZ, ve spolupráci pracovníků dolu Centrum a VÚHU.

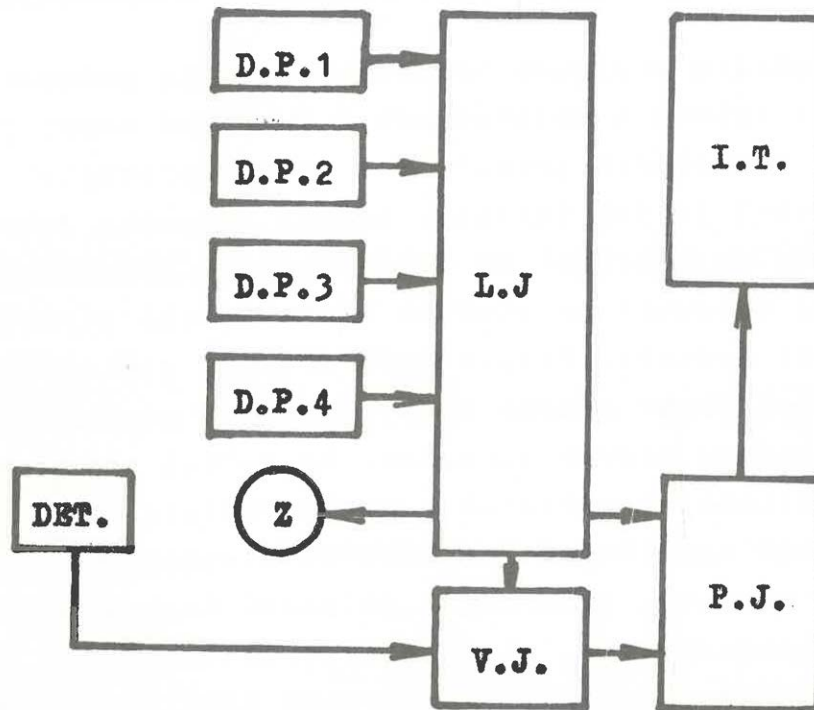
Jako zářič bude použito ^{137}Cs o aktivitě 10 GBq, velkoplošný detektor bude tvořen řadou 6 - M trubic. Vozy budou proměřovány za průjezdu měřicí zónou a podle výsledku měření budou tříděny do kategorií PC, PB. Zatřídění bude zpracováno paměťovým systémem, ulehčujícím orientaci obsluhy.

Zjednodušené schema kolejiště na povrchu dolu Centrum



Obr. 1.

Blokové schéma měřicího zařízení



D.P. - detektor průjezdu vozu

L.J. - logická jednotka

V.J. - vyhodnocovací jednotka

P.J. - paměťová jednotka

DET. - detektor

Z - kryt se zářičem

I.T. - informační tablo

Obr. 2.