

Kontinuální měřiče prašnosti v zásobnících uhlí

Ing. David Hirman¹, Ing. Marek Herčík, Ph.D.², Jaromír Matějů³

¹Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most; hirman@vuhu.cz

²Severočeské doly a.s.

³VVUU, a.s.

Přijato: 29. 1. 2019, recenzováno: 7. 2. a 29. 4. 2019

Abstrakt

Kontinuální měřiče prašnosti slouží ke sledování vývinu prašnosti ve vnitřních prostorách zásobníků uhlí. Účelem je monitorovat prašnost, a to z hlediska vysokých hodnot prašnosti blížících se hodnotám spodní meze výbušnosti (SMV). Tento monitoring umožňuje včasné odhalení stavů vymykajícím se bezpečnému provoznímu normálu. Hlavním důvodem je poskytnutí dostatečného časového předstihu pro přijetí preventivních bezpečnostních opatření. V článku je uveden stručný popis teorie vzniku výbuchu, podstaty výbušnosti hořlavých prachů, činitelů ovlivňujících výbušnost hořlavého prachu, stavů výskytu uhelného prachu na úpravkách a drtírnách. V závěru článku je pak představeno reálné použití kontinuálního měřiče prašnosti GM01-C.

Continual dust monitoring in the coal reservoirs

Continuous dust meters are used to monitor the development of dust in the internal areas of the coal reservoirs. The purpose is to monitor dust content in terms of high dust levels approaching the lower explosion limit values (LEL). This monitoring enables early detection of dangerous conditions disturbing the safe operation. The main goal is to provide sufficient time to take precautionary measures. The article provides a brief description of the theory of explosion, the nature of explosiveness of flammable dusts, factors influencing the explosiveness of combustible dust, conditions of occurrence of coal dust on finishing and crushing plants. At the end of the article, the real use of the GM01-C continuous dust meter is introduced.

Kontinuierliche Messgeräte der Staubbildung in Kohlebunkern

Die kontinuierlichen Messgeräte dienen zur Überwachung der Staubbildung in Innenräumen der Kohlebunker. Der Zweck ist die Überwachung der Staubbildung, und zwar in Hinsicht auf die hohen Werte des Staubgehaltes, die sich den Werten der unteren Explosionsgrenze nähern (SMV). Das Monitoring ermöglicht solche Zustände rechtzeitig zu entdecken, die dem sicheren betrieblichen Normalzustand nicht entsprechen. Der Hauptgrund ist es, einen hinreichenden Zeitvorsprung zu gewähren, um vorbeugende Sicherheitsmaßnahme zu treffen. Im Artikel ist eine kurze Beschreibung der Theorie der Explosionsentstehung eingeführt, des Wesens der Explosionsfähigkeit der brennbaren Staube, Faktoren, die auf die Explosivität des brennbaren Staubs einwirken, der Kohlestaubanfall in Aufbereitungs- und Brechanlagen. Zum Schluss ist die reale Nutzung des kontinuierlichen Staubmessgerätes GM01-C dargestellt.

Klíčová slova: uhelný prach, výbušnost hořlavých prachů, sediment, zdroje prašnosti, zásobníky uhlí, kontinuální měřič prašnosti.
Keywords: coal dust, explosion of flammable dust, sediment, sources of dust, coal reservoirs, continuous dust meter.

1 Úvod

Hnědouhelné úpravní a drtírny podléhají vrchnímu dozoru státní báňské správy, většina opatření je dána (kromě ostatních zákonných a podzákonných obecně závazných předpisů oboru hornictví) zejména vyhláškou ČBÚ č. 51/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při úpravě a zušlechťování nerostů, v platném znění [13].

Hlavním zdrojem nebezpečí je hořlavý hnědouhelný prach, který v těchto provozech vzniká při transportu a zpracování uhlí. Při těchto procesech dochází při kontaktech jednotlivých kusů uhlí mezi sebou a transportním zařízením k jemnému drcení, a tím ke vzniku jemného prachu. Prach se může dostat (a vzhledem ke zdrojům mechanického pohybu i dostává) do vznosu, čímž se stane polétavým. Vzhledem ke svým fyzikálně-chemickým vlastnostem se následně nachází volně v prostředí i po odstávkách, a tím pádem představuje hlavní zdroj nebezpečí i při následných opravách.

2 Definice hořlavých prachů

Prach je hmotná látka, která vzniká v průběhu technologického procesu těžby, dopravy a zpracování uhlí. Prach je charakterizován svými fyzikálně-chemickými vlastnostmi, zejména chemickým složením, percentuelním zastoupením hořlaviny a frakčním složením (vyjádřeným granulometricky) [11]. Na hnědouhelných úpravkách a drtírnách se jedná o základní hořlavou látku, která se v těchto objektech vyskytuje [4].

Podstatnou vlastností je velikost zrn (tíž zrnitost) prachu vyjádřená granulometricky. Je velice důležitá z hlediska polétavých vlastností a bezpečnostních charakteristik, protože jemnost prachu ovlivňuje zejména schopnost jeho hoření.

Stejně jako při všech chemických reakcích, kdy hraje roli plocha vystavená reakci, podléhají jemná zrna prachu snadněji oxidačnímu procesu, a tudíž lze na základě obecně známých zákonitostí chemických procesů konstatovat, že čím

více je jemné prachové frakce v prachu zastoupeno, tím větší je jeho schopnost a náchylnost ke vznícení a hoření, a tím je riziko vzniku požáru větší.

V §152 vyhlášky ČBÚ č. 22/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí, v platném znění [12] se definuje uhelný prach jako prach o zrnitosti do 1 mm. Oproti tomu například norma ČSN EN 33 2330 Elektrotechnické předpisy – Předpisy pro elektrická zařízení v prostředí s nebezpečím výbuchu [10] definuje prach jako částice tuhé látky, jejichž alespoň dva rozměry jsou menší než 0,5 mm, které se usazují vlastní hmotností, ale mohou zůstat po nějakou dobu rozvířeny v ovzduší.

Oproti našim zkušenostem, kde je výbušnost prachů hodnocena na základě hmotnostní koncentrace částic o dané velikosti [10,12] je otázka výbušné atmosféry v zahraničí pojata trochu odlišně. Dle americké normy NFPA 499 [9] jsou výbušné prachy definovány jako: „Finely divided solid particles that present a dust fire or dust explosion hazard when dispensed and ignited in air“. Tedy jako jemně dělené pevné částice, které představují riziko vznícení ohně nebo výbuchu, pokud jsou rozptýleny a zapáleny na volném vzduchu (překlad autoři), kde velikost jednotlivých částic není striktně dána. Norma dále odkazuje na NFPA 70 NEC [8], kde jsou prostředí s možným výskytem uhelného prachu zařazena do skupiny E, jako prostředí, kde se nachází výbušné uhelné prachy, které obsahují více než 8 % těkavých látek [6,7].

3 Teorie vzniku výbuchu

Za výbuch obecně považujeme děj, při kterém dochází k velmi rychlému uvolnění tlaku a tepla s následnými destruktivními účinky na zdraví a životy osob, stavebních konstrukcí, technologie a zařízení.

Pro vznik výbuchu je třeba, aby byly současně na jednom místě splněny tři podmínky:

- přítomnost hořlavé látky v koncentračních mezích výbušnosti,
- přítomnost oxidačního prostředku (například vzdušného kyslíku) v dostatečném množství pro průběh výbuchového děje,
- přítomnost účinného iniciačního zdroje.

V případě prachovzduchových směsí je přesnější doplnit ještě dvě další podmínky, které jsou specifické pro hořlavé prachy:

- hořlavý prach musí být dostatečně rozptýlen ve směsi s oksylichovadlem,
- hořlavý prach musí být rozptýlen v uzavřeném nebo částečně uzavřeném prostoru.

Výbuch (exploze) je doprovázen světelnými, zvukovými, tepelnými a tlakovými efekty (rázovou vlnou). Uvolněná energie se mění na mechanickou práci, která se projevuje deformací okolí.

Výbuchy mohou být fyzikální (například tlakové láhve apod.) nebo chemické (spalování směsí hořlavých par, plynů, nebo prachů se vzduchem).

Chemický výbuch je explozivní hoření a detonace. Při explozivním hoření je rychlost poměrně „pomalá“ a nepřesahuje rychlost zvuku, přičemž zplodiny stačí unikat z tzv. reakčního pásma. Vlastní výbuch je pak přechodový stav, nestabilní detonace. Při detonaci je rychlost větší než rychlost zvuku a zároveň vzniká detonační vlna.

Aby byly splněny podmínky výbuchu směsi prachu se vzduchem, nebo směsi páry se vzduchem nebo plynem, musí být v kontaktu s iniciačním zdrojem s dostatečnou teplotou a energií, dále musí mít koncentraci v mezích výbušnosti a musí se nacházet v omezeném prostoru, který udržuje její stabilitu [1].

4 Činitel ovlivňující výbušnost hořlavého prachu

Prach je látka, která sama o sobě není představitelem možného rizika, ale nebezpečí vzniká pouze při jejím styku nebo ve směsi se vzduchem, a proto musí být stanoveny vlastnosti směsi hořlavé látky se vzduchem. Tyto charakteristiky uvádějí informace o chování látky při hoření a určují, zda může vznikat hoření nebo výbuchy.

Stupeň rozmělnění (granulometrie) pevné látky má podstatný vliv na požární nebezpečí látky. Snižuje teplotu vznícení, a tak se může stát, že látka v kompaktním stavu, za normálních podmínek nehořlavá, pak ve formě prachu velice dobře hoří a při rozvíření vybuchuje.

Výbušnost uhelného prachu závisí na kvalitě uhlí. Z hlediska náchylnosti k výbuchu je hnědouhelný prach náchylnější než černouhelný.

Prostředí s nebezpečím výbuchu hořlavých prachů je v prostoru, kde se může vytvořit nebezpečné množství výbušné směsi prachu se vzduchem. K výbuchu pak dochází přímým nebo nepřímým iniciačním zdrojem zapálení.

Aby se mohla vytvořit explozivní směs hořlavého prachu se vzduchem, musí být k dispozici dostatečné množství prachových částic.

Obecně platí, že hořlavé látky mohou vytvářet výbušnou atmosféru, pokud zkouškou není prokázáno, že nejsou se vzduchem schopny vytvářet směsi umožňující vznik a šíření výbuchu. Proto je nutno nejprve zjistit, zda jsou v provozovaném zařízení nebo prostoru přítomny hořlavé látky, zda mohou se vzduchem (nebo jiným oxidačním prostředkem) vytvářet výbušné směsi a zda se může výbušná směs vyskytovat v nebezpečném množství [1].

Pravděpodobnost výbuchu hořlavého prachu ovlivňuje řada činitelů, které vychází jak z vlastností samotného prachu, tak i z vlastností a stavu okolního prostředí:

- Jemnost prachu se udává velikostí prachových zrn. Čím je prach jemnější, tím vyšší je maximální výbuchový tlak a maximální rychlost narůstání výbuchového tlaku (brizance), a tím menší iniciační energie stačí k iniciaci prachovzdušné směsi. Částice o průměru větším než 0,5 mm již obecně nereagují výbušně.



- Množství rozvířeného prachu – dolní mez výbušnosti (g.m^{-3}) – se zvyšující se koncentrací prachu roste výbuchový tlak a brizance výbuchu.

(Horní mez výbušnosti se u prachů nepoužívá vzhledem k tomu, že provoz při koncentracích nad horní mez výbušnosti nelze považovat za bezpečný. Nelze totiž zaručit homogenitu prachového mraku a dále je nutno vzít v potaz možnou změnu koncentrace sedimentací. Nebezpečí výbuchu proto hrozí i tehdy, je-li skutečná koncentrace vyšší, než horní mez výbušnosti).

- Koncentrace kyslíku v prostoru – větší koncentrace kyslíku znamená větší prudkost výbuchu. Při poklesu obsahu kyslíku pod „limitní obsah“ již nemůže k výbuchu dojít.
- Tlak v okamžiku iniciace (pracovní tlak) – s rostoucím tlakem se zvyšuje výbuchový tlak a brizance výbuchu.
- Teplota směsi v okamžiku iniciace (pracovní teplota) – výbuchový tlak s teplotou klesá (zředění vzduchu). Rychlost narůstání výbuchového tlaku se mění jenom nepatrně. Snižuje se však spodní mez výbušnosti, minimální iniciační energie a limitní obsah kyslíku.
- Vlhkost prachu – významné snížení výbušnosti nastává až při poměrně vysokém obsahu vody.
- Příměsi inertních tuhých látek – významné snížení výbušnosti nastává až při poměrně vysokém obsahu

inertních příměsí. K dosažení stavu nevýbušnosti je někdy třeba až 80 hmotnostních procent příměsí inertních prachů.

- Stav pohybu směsi (turbulence) – s rostoucí turbulencí se výbušnost zvyšuje, zejména podstatně roste brizance.
- Velikost objemu nádoby (kubický zákon) – kubická nádoba je taková, kdy délka (výška) nádoby je menší než dvojnásobek jejího průměru. U kubických nádob platí, že s rostoucím objemem se rychlost narůstání výbuchového tlaku snižuje.
- Tvar nádoby (výrobního zařízení) – v kubických nádobách je dosahováno tlaků až 1,3 MPa a rychlost šíření plamene do 500 m.s^{-1} . V podlouhlých nádobách a v potrubí se může rychlost šíření čela plamene zvýšit až na detonační rychlost 2 000 m.s^{-1} s radiálními tlaky až 3 MPa a osovými tlaky až 10 MPa.
- Uspořádání nádob – výbuch v jednotlivé nádobě se chová jinak, než v případě, kdy jsou dvě nádoby spojeny potrubím (což se v praxi často vyskytuje). Při spojení se podstatně zvyšují výbuchové parametry.
- Vytvoření hybridní směsi – prašná koncentrace za současného výskytu hořlavého plynu nebo páry hořlavé kapaliny. Hybridní směsi se mohou vyskytnout například při zvýšení teploty prachu a tím vývinu



Obr. 2: Kontinuální měřič GM01-C v zásobníku uhlí.

rozkladných plynů, nebo při vývinu vodíku z vlhkých kovových prachů. Hybridní směsi zvyšují výbušnost prachů (pod dolní mez výbušnosti jednotlivých komponentů směsi).

- Větrání – větráním je možno ovlivnit množství plynů a par v prostoru, a tím zabránit vytváření hybridní směsi.

5 Stavý výskytu uhelného prachu na úpravkách a drtírnách

Prach se může vyskytovat ve dvou stavech:

- usazený,
- rozvířený.

Prach může přejít z jednoho do druhého stavu, tedy rozvířený prach může sedimentací přejít do usazeného stavu a naopak usazený prach se může rozvířit (například otřesy, prouděním vzduchu při plnění zásobníků uhlím, vibracemi apod.).

Hořlavý prach je v rozvířeném stavu schopen prudké oxidační reakce, která má charakter výbuchu a tento děj může za určitých podmínek přejít v detonaci. Každý požár hořlavého prachu může velmi snadno přejít ve výbuch a naopak, každý výbuch prachu může snadno přejít v hoření zbytku nezreagovaného prachu (při výbuchu prachu v optimálním případě shoří nejvýše polovina rozvířené hmoty prachu). Z tohoto faktu vyplývá, že se při eliminaci nebezpečí výbuchu zákonitě musí současně řešit i požární ochrana, respektive zabránění nebezpečí vzniku požáru. Za vrstvu schopnou šířit požár je považována již vrstva prachu 1 mm [1,14].

Po výbuchu nemusí následovat požár, a to v případě, že je spotřebován vzdušný kyslík, respektive pokud je příslušně snížen obsah kyslíku v prostoru.

6 Koncentrace poléťavé prašnosti v zásobnících uhlí

Při měření prašnosti je patrná závislost hodnoty prašné koncentrace na výšce prostoru - nejvyšší koncentrace se vyskytují ve vrchní části zásobníku. Tato skutečnost je způsobena jednak vývinem poléťavého prachu jemné frakce, a dále i termodynamickými a vzduchotechnickými ději vznikajícími v důsledku pádu dopravovaného uhlí do prostor zásobníku [4,5].

V rámci zmapování prašnosti byly měřicí horizonty poléťavé prašnosti, s ohledem na výšku zásobníku, stanoveny na -1 m, dále -2 m a pak -3 m (měřeno od podlahy úrovně násypu do zásobníku). Příklad prašné mapy viz obrázek č. 1.

Při měření koncentrace poléťavé prašnosti ve vnitřních prostorách zásobníků se často dostáváme na hodnoty, které nedosahují ani tzv. nebezpečné koncentrace (nebezpečná koncentrace se rovná 50% spodní meze výbušnosti, která je uvedena v požárně technických charakteristikách). Je ovšem potřeba podotknout, že naměřené hodnoty jsou většinou změřeny za tak zvaného „normálního provozního stavu“, tedy stavu, kdy se do zásobníků sype kusové uhlí s vlhkostí 50 %, fungují odprašovací a jiné systémy, které eliminují prašnost [5].

V případě, že se kterýkoliv z těchto činitelů změní, tedy vlhkost bude nižší, nastane výpadek odprašovacích a skrápěcích systémů nebo bude uhlí obsahovat větší procento prachového podílu, je velmi pravděpodobné, že koncentrace uhelného prachu v zásobníku bude stoupat a nelze vyloučit dosažení spodní meze výbušnosti uhelného prachu uvnitř zásobníků. Další příčinou zvýšení koncentrace prašnosti bývá sesutí (utržení) nálepu uhelné masy ze stěn zásobníků s následným pádem na dno zásobníku, jakož i úklidové práce uvnitř a vně objektů úpraven a drtíren, při kterých se na pasové dopravníky sype jemná drť s vysokým podílem prachových částic nebo uhelný prach. Během plnění, přepravy a vyprazdňování uhlí ze zásobníků může prach kdykoliv vytvořit oblak s výbušnou koncentrací. Tento se pak rozptýlí do celého prostoru zásobníků a je-li přítomen zdroj iniciace, dojde k výbuchu [4,5].

Tvoření výbušné koncentrace prachu v zásobnících je nebezpečné zejména z pohledu možné iniciace výbuchu v procesu plnění zásobníku uhlím, v důsledku čehož by mohlo dojít ke ztrátě na životech zaměstnanců a k vyřazení technologie z aktivního provozu, včetně poničení vlastního objektu tlakovou vlnou [4,5].

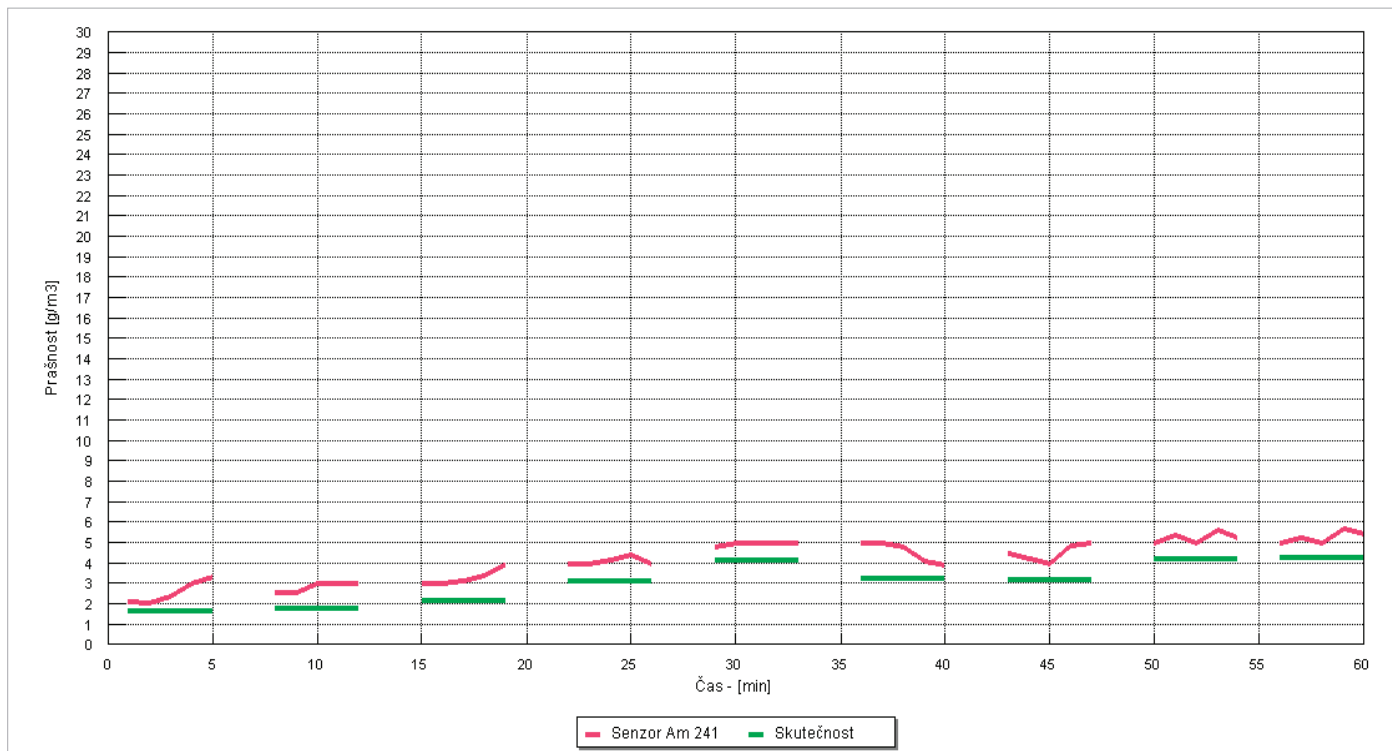
Pokud není možno vyloučit vznik výbušné atmosféry směsi prachu se vzduchem (například inertizací procesu), či eliminovat veškeré účinné iniciační zdroje výbuchu, je nutno přistoupit k zajištění technických opatření. Z výše popsaného vyplývá, že eliminace výbušného prostředí v uhelných zásobnících není fyzicky možná [5].

7 Kontinuální měřič prašnosti GM01-C

Vzhledem k tomu, že neexistoval a doposud neexistuje na trhu žádný kontinuální měřič s měřicím rozsahem minimálně nad 30 g.m⁻³ a výše, byl ve spolupráci s VVUÚ, a.s. Radvanice navržen, vyvinut a vyroben kontinuální měřič prašnosti GM01-C, který byl následně nainstalován na SD a.s. do zásobníku uhlí na Ústřední drtírně uhlí Tušimice (ÚDUT). Příprava, vývoj, rekognoskace prostoru nasazení a instalace měřiče IN SITU proběhla v řádu dvou let. Uveden je na obrázku č. 2.

Tento izotopový přístroj k měření prašnosti typ GM01-C je určen k bezkontaktnímu měření koncentrace prachu obsaženého v ovzduší (uhelného prachu v ovzduší). Měřicí hlavice měřidla je přizpůsobená k činnosti v prostorech s nebezpečím výbuchu [10]. K měření koncentrace prachu v ovzduší je využívána schopnost tohoto prostředí částečně absorbovat ionizující záření, které prochází měřeným prostorem mezi zdrojem záření a detektorem. Měřítkem koncentrace prašnosti je tedy míra absorpce záření. Měřicí signál vycházející ze zdroje je přes detekční jednotku veden do řídicí a vyhodnocovací jednotky, kde je zpracován do výsledné formy měřeného signálu a převeden do zobrazovací jednotky (displeje). Rozsah měření GM01-C je zvolen ve vztahu k hodnotám SMV hnědouhelného prachu. Signální hodnoty jsou nastaveny na tyto hodnoty: 0 až 15 g.m⁻³ PROVOZ, 15 až 30 g.m⁻³ VÝSTRAHA, nad 30g.m⁻³ NEBEZPEČÍ [2,3].

Graf 1: Srovnání hodnot prašnosti - GM01-C (senzoru) a skutečného stavu.



Monitorovací systém poskytuje relevantní data vystihující vývin prašnosti v monitorovaných prostorách. Přesnost měření se vzhledem ke specifickým podmínkám umístění pohybuje řádově v jednotkách $[g \cdot m^{-3}]$. Vzhledem k účelu použití je tato přesnost dostačující.

Místo instalace bylo zvoleno s ohledem na zauhlovací technologii a prašnou mapu. Prašná mapa znázorňuje rozložení prašnosti v prostoru zásobníku. Byla vytvořena proměřením prašné expozice celého prostoru zásobníku.

8 Kalibrační měření

Za účelem ověření relevantnosti výstupních naměřených hodnot GM01-C byla provedena srovnávací kalibrační měření. Kalibrační měření porovnává hodnoty naměřené klasickou gravimetrickou metodou a průběh hodnot získaných z GM01-C, a to ve stejném časovém úseku. Graf srovnání GM01-C (senzoru) a skutečného stavu je uveden výše.

9 Závěr

Kontinuální měřič prašnosti přispívá ke zvýšení protipožární a protivýbuchové ochraně zásobníků uhlí [2]:

- měření je bezkontaktní,
- má schopnost kontinuálně měřit s přesností cca 20 %,
- má měřicí rozsah minimálně nad $30 g \cdot m^{-3}$ a výše,
- má schopnost měření poléhavé prašnosti ve volném prostoru,
- má schopnost měření prašnosti v proudícím médiu (proudící vzdušně),
- při výpadku elektrické energie a tlakového vzduchu je systém z bezpečnostních důvodů uzavřen a tím vyřazen z provozu,

- při obnovení dodávky energií samočinně přechází do režimu měření,
- je nenáročný na údržbu a relativně jednoduchý,
- náklady na nákup činí zlomek ceny na likvidaci havarijního stavu jakým je výbuch.

GM01-C je určen pro kontinuální sledování vývinu prašnosti ve vnitřních prostorech zásobníků uhlí v návaznosti na systém odprašení. Účelem je monitorovat prašnost, a to z hlediska vysokých hodnot prašnosti blízkých se hodnotám SMV. Tento monitoring umožňuje včasné odhalení stavů vymykajících se bezpečnému provoznímu normálu. Hlavním přínosem systému je poskytnutí dostatečného časového předstihu pro přijetí preventivních bezpečnostních opatření [3] v případě výskytu nadlimitního vývinu prašnosti ve sledovaném prostoru.

Poznámka:

Některá neuvedená měření a technická data v tomto článku jsou obchodním tajemstvím společnosti VVUÚ, a.s. a SD, a.s.

Literatura

- [1] DAMEC, J.: Protivýbuchová prevence. SPBI, Ostrava 1998, ISBN 80-86111-21-0.
- [2] HERČZÍK, M: Pokyny pro obsluhu a údržbu kontinuálních měřičů prašnosti. Ústřední drtírna uhlí Tušimice, 2012.
- [3] HERČZÍK, M: Pokyny pro obsluhu a údržbu zařízení. Ústřední drtírna uhlí Tušimice, 2012.
- [4] HERČZÍK, M: Požární řád – Ústřední drtírna uhlí Tušimice, 2013.

- [5] HERČZÍK, M: Studie protivýbuchové a požární ochrany na Ústřední drtírně uhlí v Tušimicích, 2015.
- [6] Norma ASTM D3175-11: Standard Test Method for Volatile Matter in the Analysis, ASTM International, West Conshohocken, U.S.A., 6s, 2011.
- [7] Norma NFPA 654: Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particular Solids, NFPA, Quincy, U.S.A., 64s., 2013.
- [8] Norma NFPA 70: National Electrical Code, NFPA, Quincy, U.S.A., 924s, 2014.
- [9] Směrnice NFPA 499: Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified locations) for Electrical Installations in Chemical Process Areas, NFPA, Quincy, U.S.A., 32s, 2013.
- [10] Technická norma ČSN EN 33 2330: Elektrotechnické předpisy – Předpisy pro elektrická zařízení v prostředí s nebezpečím výbuchu.
- [11] Technická norma ČSN 01 5140: Průmyslové hořlavé prachy. Metody zkoušení.
- [12] Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí.
- [13] Vyhláška ČBÚ č. 51/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnostiprovozu při úpravě a zušlechťování nerostů.
- [14] Zákon ČNR č. 133/1985 Sb., o požární ochraně.