

Vladimir ARTAMONOV\*, Yevgeny NIKOLAYEV\*\*, Irina BORSHCH\*\*\*

## CHANGE OF DUSTFORMING ABILITY OF A COAL LAYER IN PRODUCTION FIELD OF BLASTING OPERATIONS

ZMĚNA SCHOPNOSTI TVORBY PRACHU VRSTVY UHLÍ V TĚŽEBNÍM POLI PŘI POUŽITÍ  
TRHACÍCH PRACÍ

### Annotation

The solution of scientific and technical task on improving of dust and gas formation after blasting operation in the final sections of faces is given. The solution implies prevention of harmful and dangerous dust and explosive gases appearance at the expense of dustforming ability change of coal layer and adsorptive coal dust ability decrease by means of change of physical and mechanical properties of coal by hydroeffect.

### Anotace

V článku jsou uvedeny výsledky řešení výzkumně - technického úkolu snížení tvorby prachu a plynu při trhacích pracích v porubech, jejichž výsledkem je tvorba výklenků v pilíři rubání. Řešení obsahuje návrh prevence proti výskytu škodlivého a nebezpečného prachu a výbušných plynů z důvodu změny množství tvorby prachu uhelné sloje a snížení adsorpčních schopností uhelného prachu vlivem změny fyzikálních a mechanických vlastností uhlí zavlažováním.

**Key words:** hydroblasting technologies, drilling and blasting operations, destruction, formation using.

### Introduction

Mining operations imply a wide use of blasting operations while developing preparatory excavations and forming of niches in breakage face in the final sections of faces. More than a half of breakage faces of “Donetskugol” prepare niches using DBO (drilling and blasting operations).

Dust which is formed in the result of coal deformation is of high dispersive quality and consequently the danger of pneumoconiosis is very high, it is difficult to be watered and neutralized. Aggressive influence of such kind of dust on respiratory system of a human being is intensified by adsoption of poisonous gaseous blast products on its surface. This leads to high fibrohenic activity and causes pneumoconiosis among mining workers. The consequent poisonous gases outlet can cause intoxication among miners [1].

### The real state of the problem

Analysis of applied methods has shown that in sprite of hydroblasting technologies improvement, effeciency of a single method of dust and gas suppression does not allow to decrease residual dust contents of air and gas release from cut coal according to demanded standards.

To fight against coal dust formation and adsorption of poisonous gases is necessary to carry out some efficient measures on prevention of harmful effects of poisonous gases and dust appearance which occur while carrying out blasting operations. It is simpler, cheaper and more efficient to prevent dangerous and harmful phenomena than to elliminate its results.

---

\* Associate Professor, Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine, Artemya street 58, 83000  
e-mail: avn@mine.dgtu.donetsk.ua

\*\* Docent, Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine, Artemya street 58, 83000  
e-mail: avn@mine.dgtu.donetsk.ua

\*\*\* Assistent, Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine, Artemya street 58, 83000  
e-mail: avn@mine.dgtu.donetsk.ua

One of the methods of dust and gas formation can be hydroprocessing of edge parts of coal layers by water solution of active surface substances (ASS). Moisturized zones of the layer are formed in these substances changing physical and mechanical coal properties. Being combined with applied method and measures on dust and gas forming decrease while carrying out blast operations it will allow to create local zones on workplaces of face final sections in which concentration level of dust and gas contents is not higher than the maximum possible concentration [2].

Both coal destruction mechanism and processes of dust formation are changed while carrying out blasting operations in a moisturized zone of a coal layer.

### The theoretical ground of the researches

It is known that energy contents (capacity) of destruction depends on both a kind of load application and physical and mechanical properties of the surroundings. Changing these properties leads to certain changes of energy indicators of destruction. When coal porosity is increased, steady increase of specific dust release is observed.

Functional dependence of specific dust formation on energy destruction has been calculated [3,4]:

$$P = [1 - \exp(-\beta H_w)], \quad (1)$$

where

$\beta$  – an indicator that features coal massif according its ability to crush;  
 $H_w$  – specific energy of destruction.

$$\beta = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2}, \quad (2)$$

where

$$X_i = \ln d_i; \quad Y_i = \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{a_i}{100} \right) \right];$$

$a_i$  – arithmetic mean of release of particles with size less than  $d_i$ , %  
 $d_i$  – size of holes of sieve  $i$ , mm;  $n$  – the amount of sieves, (items).

Researches [5] show that summarized release of dust particles is proportional to work spent on coal destruction. Meanwhile the layer's properties effect dust contents in destroyed coal more than its destruction regime.

The change of properties of a layer by hydro effect leads to change of coal crush degree, i.e. it leads to change of its surface destruction. Area of dust surface  $F$  specific, which is formed when coal destruction occurs, is one of the main indicator of sorbing quantity of poisonous gases. These gases come into excavation atmosphere later. Specific energy of destruction  $H_w$  of both dry and moisturized coal is changed proportionally to the area of surface of their destruction depending on the degree of moisturizing.

### The results of the theoretical researches

The graph of area change of destruction surface depending on coal particles size is built on the bases of idea physical and mechanical model. (pic. 1). The dependence of this area change is calculating using the following formula:

$$S_{surf.i} = 0,0007d^2 - 0,0957d + 2,398, \quad (3)$$

where

$d$  – particles size of destroyed coal, mm.

Specific energy of destruction  $H_w$  depends on change of surface destruction area and coal particles size:

$$H_{wi} = \int_{d_1}^{d_n} S_{surf.i} \Delta d_i \quad (4)$$

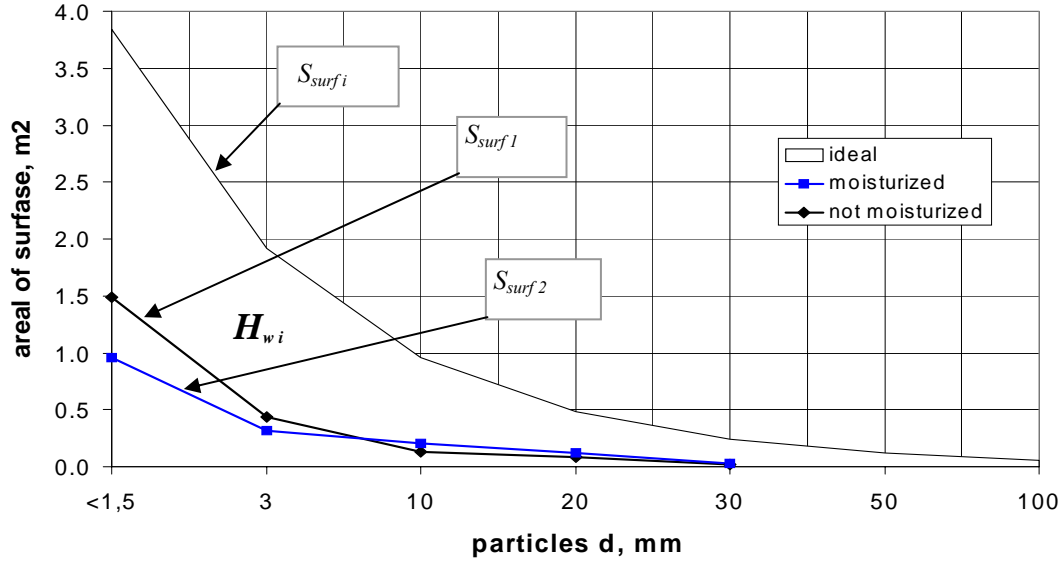


Figure 1: Graph of area change of coal surface when there is ideal and real destructions depending on release of particles sized  $d$ , mm.

Obr. 1: Graf plošné změny povrchu uhlí, když existuje ideální a reálné porušení, v závislosti na uvolnění částic o velikosti  $d$ , mm.

Strengthening properties and structural peculiarities of coal massif alongwith energetic parameters of destruction influence significantly the amount of forming dust [3]:

$$P_B = \frac{0,785 \alpha_B G Q E K_T}{\tau^2 (1 - \mu^2) d_p K_f F_{sp}} \quad (5)$$

where

$\alpha_B$  – efficiency coefficient of blast (EC);

$G$  – mass of charge, kg;

$Q$  – specific heat of blast (J/kg);

$E$  – module of coal flexibility;  $K_T$  – mechanical equivalent of heat;  $\tau$  – extent of strength of coal shift, (Pa);

$\mu$  – Poisson's coefficient;  $d_p$  – diameter of dust particles, m;  $K_f$  – coefficient, including form of dust particles,  $K_f = 20 \dots 26$ ;

$F_{sp}$  – area of dust surface,  $m^2$

The parameters included into the formula (5) can be divided into two groups: the first group includes variable parameters which feature properties of surroundings where blast occurs ( $E, \tau, \mu, d_p, K_f, F_{sp}$ ); the second group includes constant energetic parameters of blast –  $\alpha_B, G, Q, K_T$ .

$$P_B = 0,785\alpha_B GQK_T \times \frac{E}{\tau^2 d_p (1 - \mu^2) K_f F_{sp}}, \quad (6)$$

This allows to put down equation with constant parameters of blast and variable parameters of properties of coal layer before and after moisturizing:

$$P_{B1} = k_n \times \frac{E_1}{\tau_1^2 (1 - \mu_1^2) F_{sp1}}, \quad P_{B2} = k_n \times \frac{E_2}{\tau_2^2 (1 - \mu_2^2) F_{sp2}}, \quad (7)$$

$$= \text{const}, \quad k_n = \frac{0,785\alpha_B GQK_T}{d_p K_f}$$

where

$E_1, E_2$  – modules of flexibility;

$\tau_1, \tau_2$  – modules of shift;

$\mu_1, \mu_2$  – Passion's coefficient

$F_{sp1}, F_{sp2}$  – area of dust surface of coal layer before and after moisturizing.

The change of dust formation using blasting method of coal cutting with account of the change of layer humidity can be calculated by the following formula:

$$\Delta P_B = \frac{P_{B1}}{P_{B2}} = \frac{E_1 \tau_2^2 (1 - \mu_2^2) F_{sp2}}{E_2 \tau_1^2 (1 - \mu_1^2) F_{sp1}}. \quad (8)$$

If we mark ratio of layer features before and after moisturizing as in formula (7)

as  $k_1, k_2, k_3, k_4$ ,

where

$$k_1 = \frac{E_1}{E_2}, \quad k_2 = \frac{\tau_2^2}{\tau_1^2}, \quad k_3 = \frac{(1 - \mu_2^2)}{(1 - \mu_1^2)}, \quad k_4 = \frac{F_{sp2}}{F_{sp1}},$$

in this case the change of dust formation while carrying out blasting operations at the expense of the changes of physical and mechanical properties of a coal layer being effected by the process of moisturizing can be calculated by the following equation:

$$\Delta P_B = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \quad (9)$$

## The experiments in real conditions

The whole range of laboratory and real researches were held. In order to establish effect of low pressure of moisturizing on deformation coal features, its destructive and dust formation abilities. Coal of  $K_B$  layer of 'Lidiyevka' mine SE 'Donetskugol' was chosen to be tested because of coal high hardness ( $f = 1,5$ ) and its destruction energy capacity require use of DBO while preparing niches.

The moisturized zone of the layer has been formed on section 7 of western face from the side of haulage drift in the distance of 25-50mm. from the lower niche. From this niche sampling cut coal was done in order to establish granulometric contents of cut coal. The same kind of sampling has been done in the zone of upper niche which wasn't moisturized.

## The results of the experiments in real conditions

The results of granulometric contents of destroyed coal from different zones of moisturizing showed that outcome of large fractions is increased from (30 mm) 38,2 to 60% and outcome of small fractions decreased from 39,05% to 23,25%.

Consequently the areas of surface of destroyed dry and moisturized coal are changed depending on fractions outcome with different degrees of coal moisturizing (pic. 1).

These changes have polynominal dependence and they are calculated by:

- unfinished coal:

$$S_{\text{surf. 1}} = 0,0031d^2 - 0,1294d + 1,2213 , \quad (10)$$

- coal treated with ASS water solution:

$$S_{\text{surf. 2}} = 0,0015d^2 - 0,0694d + 0,7865 , \quad (11)$$

Dependence of change of specific energy destruction  $H_w$

- unfinished coal:

$$H_{w1} = \int_{d_1}^{d_n} S_{\text{surf. 1}} \Delta d_i , \quad (12)$$

- coal treated with ASS water solution

$$H_{w2} = \int_{d_1}^{d_n} S_{\text{surf. 2}} \Delta d_i . \quad (13)$$

## The results of the researches

Total area of destroyed coal after analyzing of granulometric contents was 2,15m<sup>2</sup> for coal which wasn't moisturized by sintanol solution (is 1,3 times reduced). The surface of small fractions of destroyed coal (1,5 mm) is decreased from 1.49m<sup>2</sup> to 0,896m<sup>2</sup> (in 1,67 times). Thus decrease of total area of moisturized coal surface and area of small coal fractions surface leads to reduction of adsorbing capacity of poisonous gases and their release into atmosphere.

According to sieve analysis average value (according to number of samples) was calculated as summing outcome of sublattice product and indicator featured coal massif as for its crushing ability was calculated as well.

For coal from moisturized zone  $\beta = 0,57$ . For coal from the zone moisturized by syntanol (solution:  $\beta = 0,66$ ). Specific energy of destruction of dry coal is  $H_w=1,58\text{J/kg}$ . The coefficient of specific dust formation from coal destruction energy for different degrees of moisturizing:  $P_{\text{dry}} = 0.70 \text{ kg/t}$ ;  $P_{\text{moist}} = 0.59 \text{ kg/t}$ .

Calculating average coefficients included in the equation (7) of variable quantities: Puasson coefficient ( $\mu$ ) , module of flexibility ( $E$ , Pa), module of shift, ( $\tau$ , Pa), dust surface area, ( $F_{sp}$  m<sup>2</sup>) for sorts of coal with different degrees of moisturizing made it possible to calculate coefficients included in the dependence (9).

## Conclusion

As a result, the amount of coal dust formed while carrying out blasting operations in the final sections of a face with physical and mechanical properties change of a coal layer under the moisturizing effect decreases dramatically (in 3 times).

The effect of extra preliminary hydro treatment of a coal layer in the potential drilling and blasting operations (DBO) zone gives the opportunity to reduce dust and harmful gas release from the cut coal into the mine atmosphere. It helps to create safe conditions of blasting operations.

## References

- [1] Professional illnesses of coal mine workers guide / Edited by G. A. Kobets – K.: *Zdorovyie, 1992- 232p.*
- [2] Artamonov, V. N., Nikolayev, E. B.: Preliminary moisturizing as a complex method of more effective and safe mining // *Geotechnologies in the 21st century. Donetsk, DUNPGO, 2001-t.1, p124-129.*
- [3] Ishchuck, I. G., Pozdnyakov G. A.: Methods of complex dedust formation in mines. *Reference book – M: Nyedra, 1991, 253p.*
- [4] Dust control in coal mines guide: the 2nd ed. *M: Nyedra, 1979 – C 29 – 33p.*
- [5] Rodyn, A. V., Usov, O. A., Medvyedev, E. N., Bandyrin, V. I.: The problems and prospects of preliminary moisturizing of coal layers as a method of dust pollution reduction in the mine atmosphere. Pit and mine ventilation. Atmosphere comfort and safety. Scientific work collection. *Leningrad: L. M. I. 1988 p. 51-54.*

## Resumé

V rámci těžebních operací je zahrnuto i široké použití trhacích prací při tvorbě výklenků v pilířích rubání, zajištěných sekcemi porubu. Více než polovina pracovišť v oblasti „Donetskugola“ připravuje výklenky pomocí DBO (vrtacích a trhacích prací).

Prach, který se tvoří následkem deformace uhlí je vysoce disperzní kvality a následkem toho je velmi vysoké nebezpečí zaprášení plic pracovníků, pohybujících se v tomto prostředí. Kropení a neutralizování tohoto prachu je velmi složité. Agresivní vliv takového druhu prachu na dýchací ústrojí člověka je intenzifikován adsorpcí jedovatých plynných produktů rozpojování trhacími pracemi na jeho povrchu. To vede k vysoce fibrogenní aktivitě a způsobuje pneumokoniózu pracovníků v hornictví. Následný odvod jedovatých plynů může způsobit intoxikaci horníků (1).

Analýza aplikovaných metod ukázala, že navzdory zlepšení technologie působení tlakovou vodou, účinnost této metody snižování prašnosti neumožňuje snížit reziduální obsahy prachu ve vzduchu a uvolnit plyn z rozpojeného uhlí na požadované standardní hodnoty.

Pro boj s tvorbou uhelného prachu a adsorpcí jedovatých plynů je nezbytné provádět některá účinná opatření pro prevenci před škodlivými účinky vzniku jedovatých plynů a prachu, které se vyskytují při provádění trhacích prací. Zabránění nebezpečným a škodlivým jevům je jednodušší, levnější a účinnější než eliminovat jejich následky.

Prevenčí tvorby prachu a plynu může být hydraulické ovlivňování okrajových částí uhelných vrstev vodním roztokem látek s aktivním povrchem (ASS). Zvlhčené zóny vrstvy se tvoří v těchto látkách měnicích fyzikální a mechanické vlastnosti uhlí. V kombinaci s aplikovanou metodou a opatřeními na pokles tvorby prachu a plynu při provádění trhacích prací to umožní vytvořit lokální zóny na pracovištích posledních sekcí porubů, ve kterých není úroveň koncentrace prachu a plynu větší než maximální možná koncentrace (2).

Jak mechanismus destrukce uhlí, tak procesy tvorby prachu se mění při provádění trhacích prací ve zvlhčené zóně vrstvy uhlí.

Energetická kapacita porušení závisí na druhu aplikovaného zatížení a fyzikálních a mechanických vlastnostech okolí. Změna těchto vlastností vede k určitým změnám energetických indikátorů porušení. Když se zvýší pórovitost uhlí, je pozorován nárůst úniku prachu. Výzkumy (5) ukazují, že celkové uvolnění prachových částic je úměrně práci vynaložené na rozrušení uhlí.

Změna vlastností vrstvy hydroefektem vede ke změně stupně drcení uhlí, to znamená že vede ke změně jeho povrchového rozrušení. Plocha specifického povrchu prachu, který se tvoří při rozrušení uhlí, je jedním z hlavních indikátorů sorbovaného množství jedovatých plynů. Tyto plyny se dostávají později do atmosféry při dobývání. Specifická energie rozrušení  $H_w$  jak suchého tak zvlhčeného uhlí se mění úměrně ploše povrchu jejich rozrušení v závislosti na stupni zvlhčení.

Graf plošné změny povrchu rozrušení v závislosti na velikosti uhelných částic je vytvořen na základě ideálního fyzikálního a mechanického modelu (Obr. 1).

Změna vlastností a strukturálních zvláštností uhelného masivu spolu s energetickými parametry porušení ovlivňují významně množství tvořícího se prachu (3), kde  $a_B$  – koeficient účinnosti odstřelu (EC);  $G$  – hmotnost nálože, kg;  $Q$  – specifické teplo odstřelu (J/kg);  $E$  – modul pružnosti uhlí;  $K_T$  – mechanický ekvivalent tepla;  $\tau$  –

velikost pružnosti ve smyku pro uhlí, (Pa);  $\mu$  – Poissonovo číslo;  $d_p$  – průměr částic prachu, m;  $K_f$  – koeficient zahrnující tvar částic prachu,  $K_f = 20 \dots 26$ ;  $F_{sp}$  – plocha povrchu prachu,  $m^2$ .

Parametry ovlivňující množství prachu lze rozdělit do dvou skupin: první skupina zahrnuje proměnné parametry, které charakterizují vlastnosti okolí, kde nastává odstřel ( $E$ ,  $\tau$ ,  $\mu$ ,  $d_p$ ,  $K_f$ ,  $F_{sp}$ ); druhá skupina obsahuje konstantní energetické parametry odstřelu –  $\alpha_B$ ,  $G$ ,  $Q$ ,  $K_T$ .

Byla provedena celá řada laboratorních a reálných výzkumů, aby se stanovil účinek zavlažování na deformační charakteristiky uhlí, jeho destruktivní a prachotvorné schopnosti. Uhlí sloje  $K_B$  dolu „Lidiyevka“ SE „Donetskugol“ bylo vybráno k testování kvůli vysoké tvrdosti uhlí ( $f=1,5$ ), a nutnosti použití DBO při tvorbě výklenků.

Zavlažená zóna sloje byla vytvořena v úseku 7 západní kry, z boku dopravní chodby ve vzdálenosti 25-50 m od spodního výklenku. Z tohoto výklenku byl odebrán vzorek rozpojeného uhlí, aby se stanovilo granulometrické složení rozpojeného uhlí. Stejný druh vzorkování byl použit v zóně horního výklenku, která nebyla zavažena.

Výsledky granulometrického složení rozrušeného uhlí z různých zón zvlhčení ukázaly, že podíl velkých frakcí (30 mm) je zvýšený o 32 % a výstup malých frakcí (1,5 mm) klesl o 16,2 %. Následkem toho, plochy povrchu rozrušeného suchého a zvlhčeného uhlí jsou změněny v závislosti na výsledku frakcí s různými stupni zvlhčení uhlí (Obr. 1).

Důsledkem tohoto experimentu je výrazné snížení (3krát) množství prachu uhlí vytvořeného během provádění trhacích prací v posledních úsecích porubu se změnou fyzikálních a mechanických vlastností vrstvy uhlí podléhající účinku zvlhčení.

Účinek mimořádného předběžného ošetření vodou vrstvy uhlí v zóně potenciálních vrtných a trhacích prací (DBO) poskytuje příležitost pro snížení uvolňování prachu a škodlivých plynů z rozpojeného uhlí do důlního ovzduší. Pomáhá vytvářet bezpečné podmínky pro trhací práce.

Recenzenti: Ing. Martin Chromečka, CSc., Dekonta Ostrava,  
prof. Ing. Vlastimil Hudeček, CSc., VŠB-TU Ostrava.