



# Badania zapylenia powietrza w warunkach kopalnianych podczas pracy prototypu kompaktowego suchego odpylacza filtracyjnego

Zbigniew KUCZERA<sup>1)</sup>, Rafał ŁUCZAK<sup>5)</sup>, Piotr ŻYCZKOWSKI<sup>6)</sup>, Zbigniew SZKUDLAREK<sup>2)</sup>, Marek KALITA<sup>7)</sup>, Piotr KRAWCZYK<sup>3)</sup>,  
Piotr CHONDROKOSTAS<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; ORCID: 0000-0001-8130-5102

<sup>2)</sup> Instytut Techniki Górniczej KOMAG; ORCID: 0000-0001-9066-7543

<sup>3)</sup> Politechnika Warszawska; ORCID: 0000-0001-6270-7544

<sup>4)</sup> 3N Solutions Sp. z o.o.

<sup>5)</sup> AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; ORCID: 0000-0001-6897-8679

<sup>6)</sup> AGH Akademia Górniczo-Hutnicza; ORCID: 0000-0003-1573-9943

<sup>7)</sup> Instytut Techniki Górniczej KOMAG; ORCID: 0000-0001-7492-698X

<http://doi.org/10.29227/IM-2024-01-110>

Submission date: 09-06-2024 | Review date: 01-07-2024

## Abstrakt

Artykuł dotyczy zagadnienia zastosowania innowacyjnego rozwiązania służącego do czyszczenia maszyn i urządzeń znajdujących się w wyrobiskach górniczych z zastosowaniem technologii UCT (Underground Cleaning Technology). Podczas czyszczenia podawana jest pod ciśnieniem mieszanina gazów składająca się w głównej mierze z dwutlenku węgla (suchy lód), który sublimując zwiększa efektywność czyszczenia. Podczas prac powstaje zapylenie powietrza wynikające z obecności w wyrobisku nagromadzeń pyłu węglowego i kamiennego oraz z emisji pyłów z procesu czyszczenia. W artykule przedstawiono wyniki pomiarów rozkładu zapylenia na stanowisku pracy oraz w jego otoczeniu. W procesie czyszczenia zastosowano aktywne sposoby redukcji zapylenia powietrza za pomocą suchego odpylacza filtracyjnego. Badaniami objęto również strumień powietrza na wlocie do odpylacza oraz na jego wylocie. Na podstawie wykonanych pomiarów *in situ* oceniono wpływ metody czyszczenia urządzeń górniczych na stan powietrza w wyrobisku oraz możliwości zastosowania technologii UCT w podziemnych zakładach górniczych.

**Słowa kluczowe:** zapylenie powietrza, zwalczanie zapylenia powietrza, suchy odpylacz filtracyjny, frakcja wdychalna, frakcja respirabilna, technologia UCT

## 1. Wprowadzenie

W procesie urabiania i transportu węgla oraz skał towarzyszących powstają duże ilości pyłu przemysłowego. Ze względu na miejsce jego powstawania w górnictwie jako profilaktykę zbiorową pracowników wykorzystuje się głównie zraszanie (na organach maszyn urabiających, przesypach, kruszarkach) oraz urządzenia odpylające typu mokrego i suchego współpracujące z systemami wentylacji odrębnej [3, 4, 9]. Zwalczanie zapylenia w kopalniach węgla kamiennego ma na celu ograniczyć [3, 4, 5, 6]:

- powstawanie i osiadania pyłów w strefie niebezpiecznej, ze względu na zagrożenie wybuchem pyłu węglowego,
- negatywne oddziaływanie na zdrowie pracowników spowodowane wdychaniem pyłów przemysłowych zawierających wolną krzemionkę SiO<sub>2</sub>, która powoduje zwłóknienie tkanki płucnej oraz działa toksycznie również na inne narządy organizmu ludzkiego.

Najprostszą metodą pomiaru stężenia pyłu [mg/m<sup>3</sup>] jest oznaczanie wagowe pyłu wdychalnego (frakcja wdychalna) oraz pyłu respirabilnego (frakcja respirabilna) w jednostce objętości powietrza.

W warunkach kopalnianych najczęściej do pomiaru indywidualnej ekspozycji na pył w środowisku pracy pod ziemią używa się pyłomierzy grawimetrycznych CIP 10. Średnie

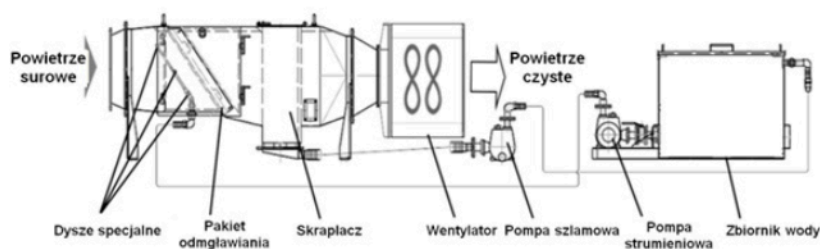
stężenie pyłu przy pomocy CIP 10 oblicza się z zależności zdefiniowanej jako iloraz zmierzonej masy pyłu oraz iloczynu czasu pomiaru i natężenia przepływu powietrza w urządzeniu [9]. Od 21 sierpnia 2018 roku według [11] obowiązujące Najwyższe Dopuszczalne Stężenia (NDS) wynoszą:

- dla pyłów zawierających (wolną) krystaliczną krzemionkę od 2 do 50 mg/m<sup>3</sup> i powyżej 50 mg/m<sup>3</sup>: 0,1 mg/m<sup>3</sup>;
- dla pyłów węgla (kamienny, brunatny): frakcja wdychalna 10 mg/m<sup>3</sup>, frakcja respirabilna 2 mg/m<sup>3</sup>.

Według [11] frakcja wdychalna to frakcja aerozolu wnika-jąca przez nos i usta, która po zdeponowaniu w drogach oddechowych stwarza zagrożenie dla zdrowia, określona zgodnie z normą PN-EN 481. Natomiast frakcja respirabilna to frakcja aerozolu wnika-jąca do dróg oddechowych, która stwarza zagrożenie dla zdrowia po zdeponowaniu w obszarze wymiany gazowej, określona zgodnie z normą PN-EN 481. W przypadku pyłów węgla obowiązuje jednocześnie oznaczanie stężeń frakcji respirabilnej krzemionki krystalicznej.

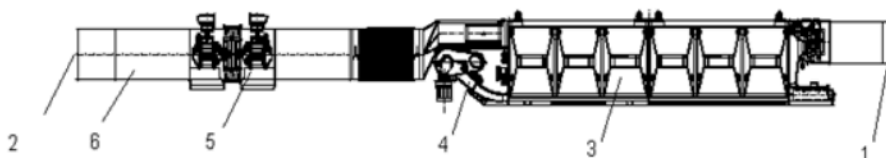
## 2. Sposoby redukcji zapylenia w warunkach kopalnianych

Urządzenia odpylające ze względu na budowę i zasadę działania można podzielić na odpylacze mokre oraz suche. Stanowią one ważny element systemu wentylacyjnego w czasie drażenia wyrobisk, który ma zapewnić bezpieczne warunki



Rys. 1. Budowa i zasada działania odpylacza mokrego HCN firmy CFT [3]

Fig. 1. Construction and principle of operation of the CFT Wet Scrubber - HCN type [3]



Rys. 2. Budowa suchego odpylacza powietrza typu HBKO 1/500 [3]

Fig. 2. Construction of a dry deduster - HBKO 1/500 type[3]

pracy [5, 6, 8]. Odpylacze mokre działają na zasadzie oczyszczenia powietrza zawierającego pył, poprzez przechwycenie cząstek stałych zawieszonych w powietrzu przez kropelki wody, a następnie oddzielenie kropli wody od powietrza. Specjalne dysze generują kurtynę wodną oddziałującą na zasysane zanieczyszczone powietrze. Mieszanina pyłu, wody i powietrza przepływa przez „demister” (odmgławiacz), w którym następuje dalsze ich mieszanie. Skraplacz oddziela szlam i pozostałości wody od powietrza, a oczyszczone powietrze opuszcza system przez wentylator, który wytwarza odpowiednie podciśnienie. Wentylator umieszczony jest w strumieniu powietrza czystego. Oddzielona mieszanina wody i pyłu jest odpompowana do zbiornika w celu sedimentacji. Zbiornik ten może być umieszczony razem z urządzeniem bądź oddzielnie. Oczyszczona po sedimentacji woda ponownie wraca do dysz skraplających przy użyciu pompy strumieniowej [3, 4]. Budowa mokrego odpylacza HCN przedstawiona została na rys. 1 [3].

Redukcja pyłu w powietrzu metodą suchą odbywa się w zakładach górniczych przy pomocy suchych odpylaczy filtracyjnych. Odpylacze suche zatrzymują pył na materiale filtra, a następnie są oczyszczane za pomocą powtarzanego cyklicznie impulsu pneumatycznego, skierowanego w kierunku przeciwnym do zasysanego powietrza [3, 4]. Budowa odpylacza suchego HBKO firmy CFT przedstawia rys. 2.

Odpowiednia numeracja na rysunku 2 oznacza:

- 1 - wlotowy lutniociąg zasysający powietrze zapyłone,
- 2 - wylot z odpylacza powietrza oczyszczonego,
- 3 - samonośne elementy filtrujące,
- 4 - przenośnik zgrzeblowy,
- 5 - stacja wentylatorów dGAL7-300/300,
- 6 - tłumik.

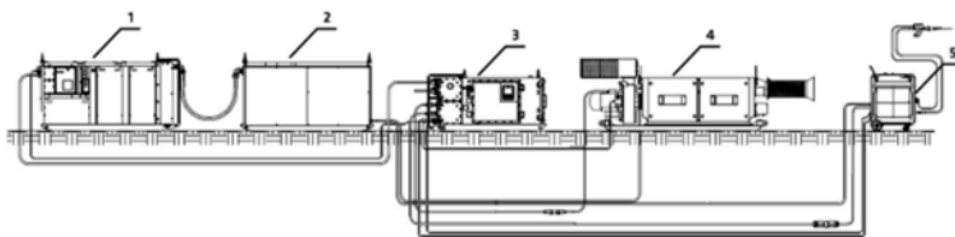
Zapylenie powietrza powstaje na każdym etapie eksploatacji górniczej, przygotowania i transportu urobku. Zgodnie z [1, 10] opracowano innowacyjne rozwiązania poprawiające wydajność i bezpieczeństwo pracy maszyn w górnictwie. Określono innowacyjną technologię czyszczenia i konserwacji urządzeń zainstalowanych w strefie

zagrożenia wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, w tym w wyrobiskach górniczych – technologia UCT (Underground Cleaning Technology). Technologię UCT opracowała i zaadoptowała do stosowania w atmosferze kopalnianej firma 3N Solutions. Metoda UCT polega na wykorzystaniu tzw. suchego lodu, to jest dwutlenku węgla w fazie stałej, który kierowany jest na zanieczyszczony element. W wyniku zjawiska sublimacji generowany jest dodatkowy strumień energii pozwalający na oderwanie zanieczyszczeń z czyszczonej powierzchni [1].

UCT umożliwia czyszczenie podzespołów, instalacji, urządzeń zabudowanych w strefach wybuchowych bez konieczności ich wyłączenia z eksploatacji i demontażu oraz transportu na powierzchnię lub w strefę niezagrażoną wybuchem. Technologia UCT charakteryzuje się bardzo wysoką skutecznością usuwania zbrudzeń na poziomie 90-95%. Usuwane zanieczyszczenia stanowią zaolejenia, pyły przewodzące i nieprzewodzące, tlenki metali, zanieczyszczenia organiczne, sadze z frontu instalacji, ale również z dalekiej zdeponowanych podzespołów bez konieczności ich demontażu. Usunięcie szerokiego spektrum zabrudzeń podczas czyszczenia zapobiegnie szybkiemu adsorbowaniu się kolejnych zanieczyszczeń wpływających na obniżenie parametrów pracy i trwałości oraz niezawodności urządzeń. Zalegające i nieusunięte zanieczyszczenia z przestrzeni pracy mogą powodować awarie, które skutkować będą przestojem generującym straty ekonomiczne. Mogą przyczynić się do powstania pożarów oraz powodować szybsze zużywanie się podzespołów, co skutkować będzie koniecznością wyłączenia instalacji lub ich wymiany. Oprócz lepszych parametrów pracy poprawie ulegnie również poziom bezpieczeństwa maszyn oraz osób obsługujących te maszyny. Dokładne usuwanie wszelkich zabrudzeń jest kluczowe dla zachowania prawidłowego i bezpiecznego funkcjonowania urządzeń. Schemat urządzeń układu UCT przedstawiono na rysunku 3.

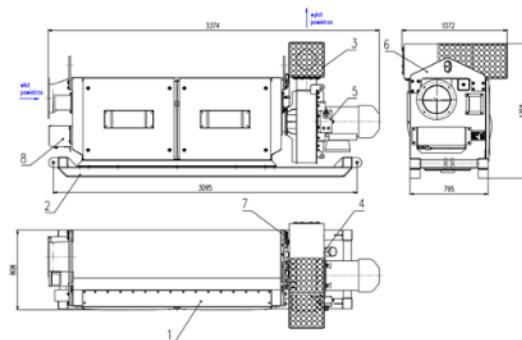
### 3. Metodyka badań

Badania kopalniane funkcjonalności użytkowej prototypu suchego odpylacza filtracyjnego (rys. 4) wchodzącego w skład



Rys. 3. Schemat układu technologii UCT: 1 – moduł transportowy, 2 – sprężarka, 3 – moduł elektryczny, 4 – odpylacz, 5 – mieszalnik [10]

Fig. 3. UCT technology layout diagram: 1 – transport unit, 2 – compressor, 3 – electrical unit, 4 – deduster, 5 – mixer [10]



Rys. 4. Budowa prototypowego odpylacza suchego: 1 – zespół oczyszczania powietrza, 2 – zespół odbioru zanieczyszczeń, 3 – dyfuzor, 4 – uchwyt złącza kablowego, 5 – pulpit sterowniczy, 6 – zawieszanie, 7 – zespół pneumatyczny, 8 – pneumatyczne sterowanie czyszczeniem [2]

Fig. 4. Construction of a dry deduster prototype: 1 – air purification unit, 2 – pollution collection unit, 3 – diffuser, 4 – cable connector holder, 5 – console, 6 – lifting sling, 7 – pneumatic unit, 8 – pneumatic cleaning control [2]

technologii UCT były przeprowadzone w kopalni węgla kamiennego LW „Bogdanka” S.A. w chodniku taśmowym 2fN w polu Nadrybie. Na rysunku 4 przedstawiono rzut prototypowego odpylacza suchego jako element redukujący zapylenie powietrza w technologii UCT a na rysunku 5 jego widok podczas badań w LW „Bogdanka” S.A.

Badania pilotażowe technologii UCT w atmosferze kolonialnej prowadzono w chodniku taśmowym 2fN, w którym zidentyfikowano następujące zagrożenia naturalne:

- I stopień zagrożenia metanowego,
- pomieszczenie ze stopniem "a" niebezpieczeństwa wybuchu metanu
- klasa B niebezpieczeństwa wybuchu pyłu węglowego,
- zagrożenie wodne I stopień,
- zagrożenie pożarowe IV grupa,
- zagrożenie klimatyczne: niezagrożone/I,
- radiacyjne – niezagrożone,
- wyrzutami gazów i skał – nie występuje,
- tąpniętami – nie występuje.

Chodnik wykonany był w obudowie ŁP o przekroju 16,2 m<sup>2</sup>. Pomiary zapylenia przy pomocy urządzeń CIP 10 dla frakcji wdychalnej i respirabilnej oraz pomiary średniej prędkości powietrza w przekroju wyrobiska zostały przeprowadzone wg. schematu pokazanego na rysunku 6, a stanowisko czyszczenia zostało przestawione na rysunku 7. Na schemacie zaznaczono kolejne punkty pomiarowe: 1 – 1 m od miejsca czyszczenia, 2 – 10 m od miejsca czyszczenia, 3 – przed odpylaczem, 4 – 1 m za odpylaczem, 5 – 1 m od wylotu odpylacza.

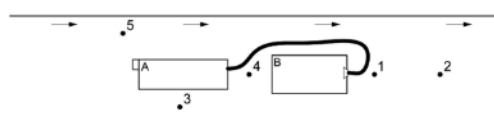
Badania miały na celu potwierdzić poprawne działanie prototypu technologii UCT zwłaszcza w kwestii poziomu stężenia pyłu w wyrobisku kopalnianym.

#### 4. Wyniki badań

W wyrobisku górniczym LW Bogdanka - chodnik taśmowy 2fN pomiary zapylenia powietrza wykonywano za pomocą pyłomierzy grawimetrycznych CIP-10. Przed przystąpieniem do badań przeprowadzono szczegółową ocenę stref z wybuchowym pyłem węglowym, w celu wyselekcjonowania stref zabezpieczających, w których badania nie zaburzałyby procesu eksploatacji górniczej i nie wpływałyby na stężenie i rozkład frakcyjny pyłu węglowego oraz intensywność osadzania jego poszczególnych frakcji. Do badań wybrano chodnik taśmowy 2fN zlokalizowany w polu Nadrybie. Zgodnie z Dz.U. 2018 poz. 1286. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [11], pomiarom poddano frakcje wdychalne oraz respirabilne pyłów emitowanych podczas czyszczenia. Pomiary średniego stężenia pyłu frakcji wdychalnej i respirabilnej realizowano metodą grawimetryczną, służącą do oznaczania indywidualnej ekspozycji na pył w środowisku pracy pod ziemią. Średnie stężenie pyłu obliczano z zależności zdefiniowanej jako iloraz zmierzonej masy pyłu oraz iloczynu czasu pomiaru i natężenia przepływu powietrza przez pyłomierz. Pomiarów masy miseczek filtracyjnych przed pomiarami i po, wykonano w laboratorium chemicznym LW „Bogdanka” S.A. Na podstawie zgromadzonych na miseczkach filtracyjnych pyłów, wykonano badania chemiczne stężenia krzemionki krystalicznej frakcji respirabilnej. Wyniki pomiarów laboratoryjnych wyrażono w mg/m<sup>3</sup>. W sumie podczas prac dołowych z wykorzystaniem prototypu UTC, wykonano 36 serii pomiarowych z wykorzystaniem pyłomierzy CIP-10 (rys. 8).



Rys. 5. Odpylacz suchy podczas badań w LW „Bogdanka”  
Fig. 5. Dry deduster during tests at LW "Bogdanka"



Rys. 6. Schemat pomiarowy badań zapylenia podczas pracy prototypu suchego odpylacza: A – odpylacz, B – stanowisko pracy  
Fig. 6. Measurement diagram of air dust tests during operation of the dry deduster prototype: A – deduster, B – workstation



Rys.7. Stanowisko czyszczenia: 1 – dysza, 2 – ssawa, 3 – przewód ssący, 4 – brudna część wymiennika, 5 – czysta część wymiennika  
Fig. 7. Cleaning station: 1 – nozzle, 2 – suction nozzle, 3 – suction pipe, 4 – dirty part of the exchanger, 5 – clean part of the exchanger

Badania dotyczyły pomiaru stężenia pyłów frakcji wdychalnej i respirabilnej oraz zawartości krystalicznej krzemionki w pyłach frakcji respirabilnej. W wybranych punktach pomiarowych (rys. 6) zlokalizowane były pyłomierze, które indywidualnie zbierały próbki pyłów frakcji wdychalnej i respirabilnej na wlocie i wylocie z odpylacza oraz w odległości 1 m i 10 m od stanowiska czyszczenia. Na podstawie zebranych prób badawczych (miseczek pomiarowych z materiałem filtracyjnym) przeprowadzono analizę laboratoryjną, na podstawie której określono stężenia zapylenia powietrza w wybranych punktach pomiarowych. Dla uzyskanych wyników określono również maksymalny błąd pomiarowy. Wyniki uzyskanych pomiarów i analiz przedstawiono w tabeli 1 i 2.

Najwyższe stężenia zapylenia powietrza występują w najbliższym otoczeniu miejsca czyszczenia, tj. w odległości 1 m od stanowiska operatora oraz w wyrobisku na wylocie z odpylacza. Te dwa punkty pomiarowe zlokalizowane były najbliżej miejsca czyszczenia. Wraz z oddalaniem się od stanowiska operatora stężenia obu badanych frakcji maleją i w odległości 10 metrów stężenie frakcji wdychalnej wynosi tylko 2,1 mg/m<sup>3</sup>, a frakcji respirabilnej 1 mg/m<sup>3</sup>.

Na rozprzestrzenianie chmury zanieczyszczeń pyłowych duże znaczenie ma prędkość powietrza w wyrobisku kopalnianym. W trakcie procesu czyszczenia mierzono średnią prędkość powietrza w przekroju wyrobiska  $v_{sr}$  [m/s] anemo-

metrem skrzydełkowym  $\mu$ AS4 w odległości 1m oraz 10 m przed i za stanowiskiem pracy. W trakcie 24 serii pomiarowych, średnia prędkość powietrza oscylowała w przedziale od 0,66 do 0,72 m/s (tab. 2).

Podsumowując wykonane badania zapylenia, można stwierdzić, że stężenia zanieczyszczeń powietrza nie przekraczają wartości dopuszczalnych określonych w [11]. Stężenie krzemionki krystalicznej również mieści się w przedziale wartości dopuszczalnych (poniżej 0,1 mg/m<sup>3</sup>), jednak warto zauważyć, iż w punkcie 1 jak i 4 (według tabeli 1) stężenie to zbliża się do górnej wartości dopuszczalnej, ale jej nie przekracza. Spowodowane to może być emisją wtórną pyłów zalegających na wyposażeniu znajdującym się w wyrobisku oraz ruchem powietrza wywołanym pracą odpylacza i dyszy czyszczącej, a w szczególności nadmuchem strumienia mieszanki czyszczącej przez operatora. W odległości 1m od odpylacza stężenie krystalicznej krzemionki było poniżej progu wykrywalności. Na podstawie wykonanych pomiarów można stwierdzić, iż technologia UCT nie powoduje przekroczeń dopuszczalnych poziomów zapylenia powietrza w wyrobisku górniczym i może być stosowana do wykonywania prac czyszczenia pod ziemią.

Średnie stężenie zapylenia w chodniku taśmowym 2fN wynosiło dla frakcji wdychalnej 288,3  $\mu$ g/m<sup>3</sup> a respirabilnej 172,6  $\mu$ g/m<sup>3</sup> (tło zanieczyszczeń). Na stanowisku czyszcze-



Rys. 8. Pyłomierze CIP-10 – chodnik taśmowy 2fN w LW Bogdanka [10]

Fig. 8. CIP-10 dust meters – 2fN belt gallery at LW Bogdanka [10]

Tab. 1. Wyniki pomiarów zapylenia powietrza w chodniku taśmowym 2fN za pomocą pyłomierza CIP-10

Tab. 1. Results of air dust measurements in a 2fN belt gallery using a CIP-10 dust meter

Lp.	Miejsce pobrania próbki	Fracja wdychalna		Fracja respirabilna		Stężenie krzemionki krystalicznej - frakcja respirabilna, mg/m <sup>3</sup>
		Stężenie, mg/m <sup>3</sup>	Błąd pomiaru, mg/m <sup>3</sup>	Stężenie, mg/m <sup>3</sup>	Błąd pomiaru, mg/m <sup>3</sup>	
1	Chodnik taśmowy 2fN - 1m od miejsca czyszczenia	9,40	±1,60	1,95	±1,40	0,089±0,020
2	Chodnik taśmowy 2fN - 10m od miejsca czyszczenia	2,11	±0,66	1,00	±0,66	0,014±0,004
3	Chodnik taśmowy 2fN - przed odpylaczem	5,10	±1,20	1,50	±1,30	0,015±0,004
4	Chodnik taśmowy 2fN - 1m za odpylaczem	7,66	±0,94	1,19	±0,74	0,096±0,032
5	Chodnik taśmowy 2fN - 1m od wylotu odpylacza	3,70	±0,52	1,58	±0,49	Poniżej dolnego zakresu



Rys. 9. Czyszczone urządzenia dołowe

Fig. 9. Cleaned underground equipment

Tab. 2. Wyniki pomiarów średniej prędkości powietrza podczas procesu czyszczenia  
 Tab. 2. Measurement results of the average air velocity during the cleaning process

Lp.	Proces czyszczenia	Średnia prędkość powietrza w chodniku taśmowym 2fN $v_w$ [m/s]			
		Pomiar 10m przed stanowiskiem czyszczenia	Pomiar 1m przed stanowiskiem czyszczenia	Pomiar 1m za stanowiskiem czyszczenia	Pomiar 10m za stanowiskiem czyszczenia
1.	Czyszczenie silnika kolejki Scharf	0,71	0,68	0,70	0,72
2.	Czyszczenie wyłącznika elektrycznego	0,72	0,69	0,70	0,71
3.	Czyszczenie obudowy lampy elektrycznej	0,69	0,66	0,68	0,70
4.	Czyszczenie podkładek mosiężnych	0,70	0,67	0,69	0,71
5.	Czyszczenie podzespołów hydraulicznych	0,70	0,68	0,69	0,72
6.	Czyszczenie wymiennika chłodnicy powietrza	0,72	0,70	0,70	0,71

nia – stężenie pyłów w powietrzu zasysanym przed odpylacz wynosiło  $9400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i dla frakcji respirabilnych  $1950 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , które można uznać jako stężenie na wlocie do odpylacza. Natomiast na wylocie (w strumieniu powietrza oczyszczonego) z odpylacza zarejestrowano wartości odpowiednio  $155,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i  $95,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Uzyskane wyniki pomiarów potwierdzają wysoką skuteczność odpylania a działanie odpylacza wyraźnie poprawia warunki (obniża stężenie pyłów) w wyrobisku górniczym.

#### 5. Podsumowanie i wnioski

Badania kopalniane efektywności zbierania zabrudzeń oraz efektywności odbierania chmury zabrudzeń przy wykorzystaniu prototypu technologii UCT były przeprowadzone w kopalni węgla kamiennego LW „Bogdanka” S.A. w chodniku taśmowym 2fN w polu Nadrybie. Do badań wytypowano: zespół napędowy (silnik) ciągnika kolejki podwieszanej, wyłącznik elektryczny i jego podzespoły, obudowę lampy, podkłady mosiężne, podzespoły hydrauliki, wy-

miennik chłodnicy powietrza. Pomiarów wykonywane były w różnych odległościach od stanowiska czyszczenia, w celu określenia wpływu technologii UCT na środowisko miejsca pracy oraz jego otoczenie. Z przeprowadzonych badań in situ wynika, że zarówno dla pyłów frakcji wdychalnej jak i respirabilnej nie doszło do przekroczeń średnich wartości zapylenia na stanowisku operatora, jak również w odległości 10 m od miejsca czyszczenia. Zapylenie powietrza na wylocie odpylacza jest bardzo niskie, co poprawia stan powietrza (jego czystość) w wyrobisku. Z tego względu metoda czyszczenia urządzeń dołowych UCT może być stosowana w atmosferze kopalnianej.

Projekt NCBiR POIR.01.01.01-00-0968/20-02: „Opracowanie innowacyjnej technologii czyszczenia urządzeń w warunkach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego w miejscu ich zabudowy z wykorzystaniem dwutlenku węgla w postaci stałej – UCT (Underground Cleaning Technology)”.

## Literatura – References

1. Dobrzaniecki P, Kaczmarczyk K., Kalita M., Tarkowski A., Nieśpiałowski K., Majewski M., Sinka T., Szkudlarek Z., Janik B.: Technologia czyszczenia elementów maszyn i urządzeń w warunkach górniczych z zastosowaniem suchych gazów. KOM-TECH - Innowacyjne Techniki i Technologie w Dobie Zielonej Transformacji, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2021, s. 126-138, DOI:10.32056/KOMAG/KOMTECH2021.13, ISBN 978-83-65593-27-6.
2. Dokumentacja projektowa zespołu odbierającego zabrudzenia IT KOMAG, Gliwice 2022.
3. Kuczera Z.: Metody zwalczania zapylenia w kopalniach podziemnych jako ważny aspekt bezpieczeństwa pracy. W: XXVIII Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2019 [Dokument elektroniczny] : Kraków, 25-27.02.2019r. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk.
4. Kuczera Z., Ptaszyński B.: Zwalczanie zapylenia w górnictwie polskim. Inżynieria Mineralna Z. 2(43) 2019.
5. Kuczera Z., Ptaszyński B.: Ograniczenie zapylenie w przodku drążonego wyrobiska w LW „Bogdanka” S.A. Inżynieria Mineralna Z. 1(41) 2018.
6. Kuczera Z., Ptaszyński B.: Weryfikacja nowego rozwiązania technicznego ograniczającego zapylenie w przodku drążonego wyrobiska w LW „Bogdanka” S.A. Inżynieria Mineralna Z. 1(41) 2018.
7. Materiały udostępnione przez firmę CFT Polska.
8. Prostański D.: Zraszanie powietrzno-wodne jako metoda ograniczenia zagrożenia zapłonem metanu i wybuchem pyłu węglowego oraz redukcji zapylenia powietrza. Instytut Techniki Górniczej KOMAG. 2017.
9. Prostański D, Bałaga M., Kalita M., Siegmund M., Hyla P.: Badanie zapylenia w strefach zabezpieczających. Maszyny Górnicze Z.1, 2016.
10. Raport - Opracowanie innowacyjnej technologii czyszczenia urządzeń w warunkach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego w miejscu ich zabudowy z wykorzystaniem dwutlenku węgla w postaci stałej – UCT (Underground Cleaning Technology). 1/1.1.1/2020 Szybka Ścieżka 1\_2020.
11. Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz.U. 2018 poz. 1286.

*Test of Air Dust in the Mine Conditions during Operation of a Compact Dry Deduster Prototype*  
In the article the problem of using an innovative solution for cleaning machines and equipment located in mining excavations using Underground Cleaning Technology (UCT) is concerned. During cleaning, an under pressure gas mixture, consisting mainly of carbon dioxide (dry ice), which sublimates and increases the cleaning efficiency, was fed. During the work, air dust from the presence of accumulation of coal and stone dust in the excavation and dust emissions from the cleaning process was created. The results of measurements of dust distribution at the workplace and its surroundings were presented in the article. The active methods to reduce air dust by a dry deduster were used during the cleaning process. The research of the air stream at the inlet and outlet of the deduster was covered. Based on the in situ measurements, the impact of the mining equipment cleaning method on the air condition in the excavation and the possibility of using UCT technology in underground mines was assessed..

**Keywords:** air dust, air dust abatement, dry deduster, inhalable fraction, respirable fraction, UCT technology