

Rozwój systemów zwalczania zagrożeń pyłowych

Streszczenie

W artykule przedstawiono rozwój opracowanych w ITG KOMAG (d. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG) urządzeń zraszających i odpylających, jakie opracowano na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat w KOMAG-u. Omówiono ich budowę i zasadę działania, podkreślono innowacyjny charakter rozwiązań. Zwrócono uwagę na prace związane z normalizacją urządzeń zwalczających zagrożenia pyłowe.

Summary

Spraying and dust control equipment developed at KOMAG Institute within last decades are presented. Design and principle of operation of the equipment are discussed and innovative character of the solutions is emphasized. The attention is paid to work associated with standardization of equipment for control of dust hazards.

1. Wprowadzenie

Eksploatacja pokładów węgla kamiennego stosowanymi współcześnie technologiami skutkuje generowaniem pyłu kamiennego wpływającego negatywnie na stan zdrowia górników oraz węglowego, stanowiącego zagrożenie jego wybuchem. Głównymi źródłami zapylenia są: urabianie węgla w ścianie, w tym przesuwanie sekcji obudowy oraz drażnienie wyrobisk chodnikowych kombajnami i metodą strzałową, jak również procesy transportu i kruszenia urobku.

Instytut Techniki Górniczej KOMAG (d. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG) od szeregu lat prowadzi prace badawcze dotyczące systemów zwalczania zapylenia, przewietrzania i odpylania wyrobisk, a w szczególności opracowuje rozwiązania: urządzeń zraszających, odpylających, lutni wirowych, wentylatorów lutniowych oraz urządzeń pomocniczych, takie jak komory napowietrzające czy dmuchawy. Oprócz prac o charakterze projektowo – badawczym, KOMAG prowadzi również prace normalizacyjne, kształtujące wymagania oraz określające zakres badań tych urządzeń.

W wyrobiskach korytarzowych drażonych kombajnami chodnikowymi stosowane są układy przewietrzania i odpylania, zapewniające odpowiedni skład powietrza oraz neutralizację zagrożeń metanowych i pyłowych. Zasady zabudowy poszczególnych układów oraz ich wymagania określono w rozporządzeniu Ministra Gospodarki [18].

W przodkach chodnikowych i ścianowych oraz na drogach transportu urobku i na przesykach

przenośników stosuje się układy zraszania, dążąc do redukcji zapylenia.

2. Systemy przewietrzania ślepych wyrobisk korytarzowych

Podstawowym zadaniem systemu przewietrzania ślepego wyrobiska korytarzowego jest wymuszenie przepływu powietrza w jego przestrzeni za pomocą wentylatora lutniowego, którego wydajność i spiętrzenie są dobrane odpowiednio do przekroju i wybiegu chodnika. Stosowane są dwa układy wentylacji:

- wentylacja ssąca, w której zużyte powietrze jest odciągane z przodka za pomocą lutniociągu, co powoduje powstanie podciśnienia w wyrobisku, wywołującego samoczynny napływ świeżego powietrza z ciągu głównego całym przekrojem wyrobiska, w kierunku jego czoła,
- wentylacja tłocząca, w której świeże powietrze jest tłoczone lutniociągiem do przodka wyrobiska, co powoduje samoczynny wypływ zużytego powietrza.

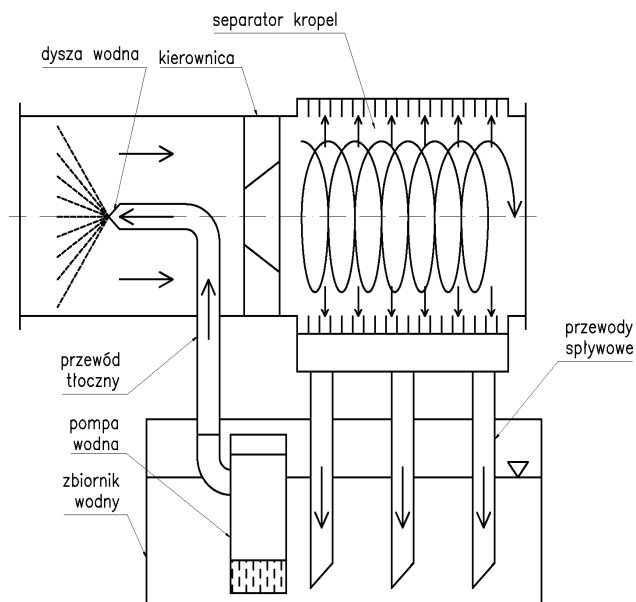
Z uwagi na konieczność oczyszczania powietrza z pyłu powstającego w czasie pracy kombajnu chodnikowego, w wariantcie wentylacji tłoczącej, w strefie przodkowej zabudowuje się krótki odcinek odrębnego lutniociągu ssącego, zakończonego urządzeniem odpylającym i wentylatorem lutniowym. Taki wariant nosi nazwę wentylacji kombinowanej (ssąco – tłoczącej).

W celu sprawdzenia skuteczności przewietrzania w określonych miejscach wyrobiska przeprowadza się pomiary zawartości metanu.

2.1. Urządzenia odpylające

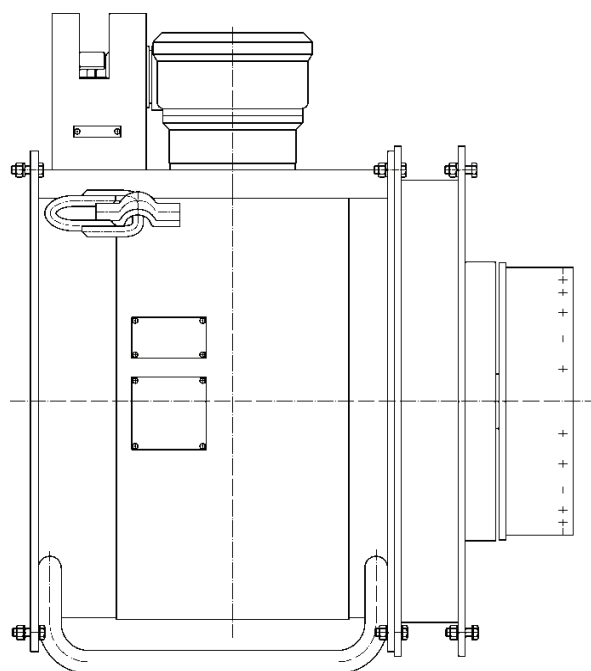
Ze względu na konieczność neutralizacji wybuchowych właściwości mieszaniny pyłu węglowego z powietrzem, do odpylania powietrza w wyrobiskach stosowane są, w większości przypadków, mokre urządzenia odpylające. Zastosowanie suchych urządzeń odpylających, których zasada działania oparta jest na filtracji przez tkaninę, ogranicza się do wyrobisk, gdzie udział pyłu kamiennego w całkowitej masie pyłu jest na tyle duży, że mieszanina taka nie stwarza zagrożenia wybuchem.

Zasadę działania mokrych urządzeń odpylających oparto o realizację sekwencji dwóch zasadniczych procesów cząstkowych, tj. kontaktu pyłu z wodą oraz separacji zawiesiny pyłowo-wodnej od strugi powietrza. Schematycznie budowę i zasadę działania urządzenia odpylającego typu mokrego przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Budowa i zasada działania urządzenia odpylającego mokrego [4]

Kontakt pyłu z rozpylonym strumieniem wody może być realizowany za pomocą dysz stałych lub dyszy wirowej. Dysze stałe rozpylają wodę, tworząc kurtynę wodną, w kontakcie z którą cząstki stałe ulegają absorpcji wewnątrz kropli wody. Efektywność działania dyszy wodnej jest uzależniona od energii, jaką posiadają wypyływające z niej krople wody, wynikającej z ciśnienia wytwarzanego przez pompę dozującą wodę do dyszy. Znacznie lepszy efekt uzyskuje się za pomocą dyszy wirowej (rys. 2), gdzie ruch obrotowy wirnika nadaje kroplom wody wysoką energię kinetyczną.



Rys.2. Dysza wirowa [4]

Działanie dyszy wirowej polega na wytworzeniu kurtyny wodnej w celu skutecznego łączenia się cząstek pyłu z kroplami wody, poprzez rozpylenie jej przy użyciu wirnika. Woda jest natrykiwana na tarczę wirnika za pomocą rozdzielacza wody. Wskutek obrotów wirnika woda migruje, pod wpływem działania siły odśrodkowej, w kierunku pobocznic wirnika i wydostaje się otworami w pobocznicach, tworząc na zewnątrz wirnika kurtynę wodną złożoną z kropli o wysokiej energii kinetycznej, ułatwiającej kontakt cząstek pyłu z wodą.

Proces separacji kropli wody zanieczyszczonej pyłem ze strugi powietrza realizuje się za pomocą odśrodkowego oddzielacza bezwładnościowego, składającego się z kierownicy powodującej zawrowanie strugi oraz jednego lub dwóch odkraplaczy, wyposażonych w żebra umiejscowione wzdłuż ścianek bocznych odkraplaczy. W strudze powietrza zawrowanej na kierownicy powstaje siła odśrodkowa, która kieruje krople wody na ścianki odkraplaczy. Krople wpadają w przestrzeń między dwoma kolejnymi żebrami i osadzają się na ściance odkraplacza, po której spływają do koryta w dolnej części zespołu, a stamtąd do zbiornika wodnego. Oczyszczone w ten sposób powietrze wypływa z urządzenia.

2.2. Rozwój chodnikowych instalacji odpylających

Rozwój konstrukcji urządzeń odpylających oparto o konstrukcje poziomych cyklonów [6], które zabudowywano w instalacjach składających się z:

- układu odsysającego – odpylającego,
- układu wodnego,
- tłumików hałasu,
- konstrukcji wsporczej lub układu podwieszenia.

Cyklony były instalowane zarówno w układach stacjonarnych, jak i w mobilnych, umożliwiających przemieszczanie za kombajnem chodnikowym w miarę postępu przodka.

Przykładową zabudowę instalacji opartej o cyklon GCP-500/1, przemieszczanego w chodniku drążonym kombajnem chodnikowym AM-50 przy wentylacji tłoczącej, przedstawiono na rysunku 3.

Od lat osiemdziesiątych XX wieku powszechnie eksploatowano instalacje odpylające chodnikowe typu IO.

W skład instalacji IO wchodziły:

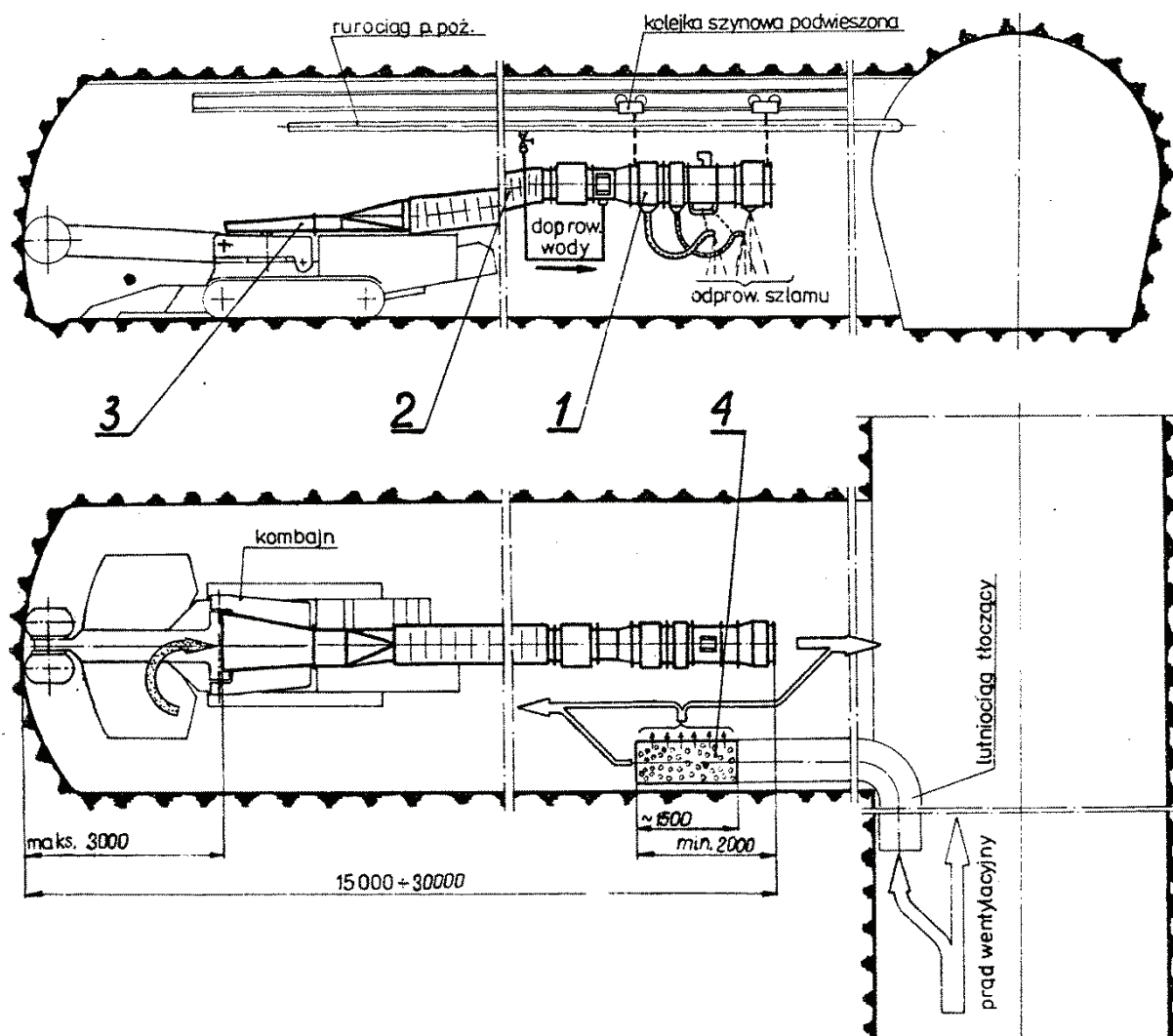
- odpylacz z wentylatorem,
- człony pośrednie i zwężki,
- ssawy mocowane do kombajnu,
- zbiornik z zaworem pływakowym,
- pompa obiegowa P-1BA,
- lutnie elastyczne.

Instalacje montowane były na kombajnie oraz podawarce i przemieszczane były za kombajnem w miarę postępu przodka. Obieg wodny następował w układzie zamkniętym, z częściowym odprowadzaniem zanieczyszczonej wody na przenośnik. Instalacje pracowały w zakresie wydajności od 150 do 410 m³/min.

Przykładową budowę instalacji odpylającej IO-500Ch pokazano na rysunku 4.

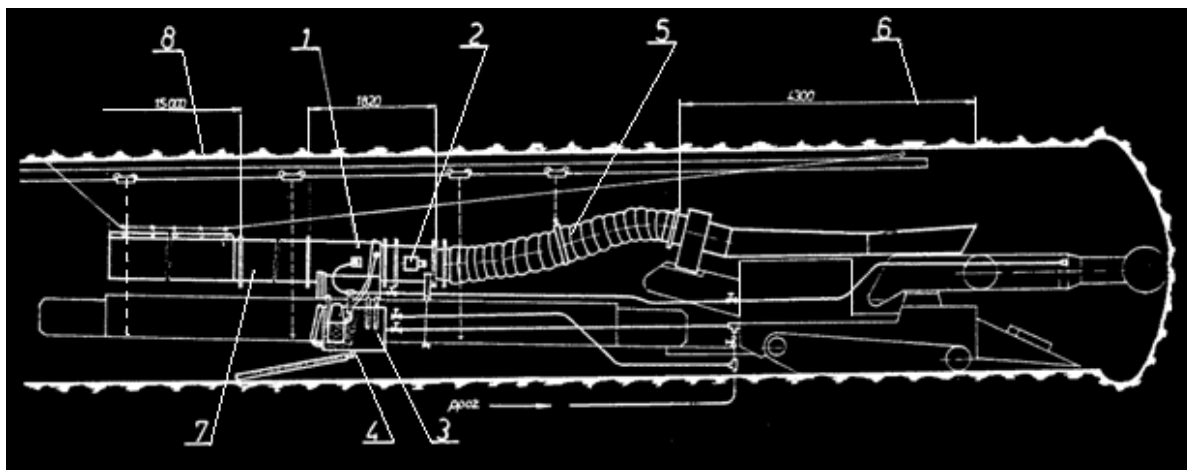
Instalacje IO były również produkowane w wersjach umożliwiających zabudowę stacjonarną, np. w zakładach przeróbki mechanicznej węgla lub na przesypach ciągów przenośników. Przykład takiej aplikacji pokazano na rysunku 5.

Doświadczenia uzyskane podczas eksploatacji ww. instalacji umożliwiły specjalistom KOMAG-u opracowanie nowych konstrukcji urządzeń odpylających, stosowanych obecnie w górnictwie krajowym.

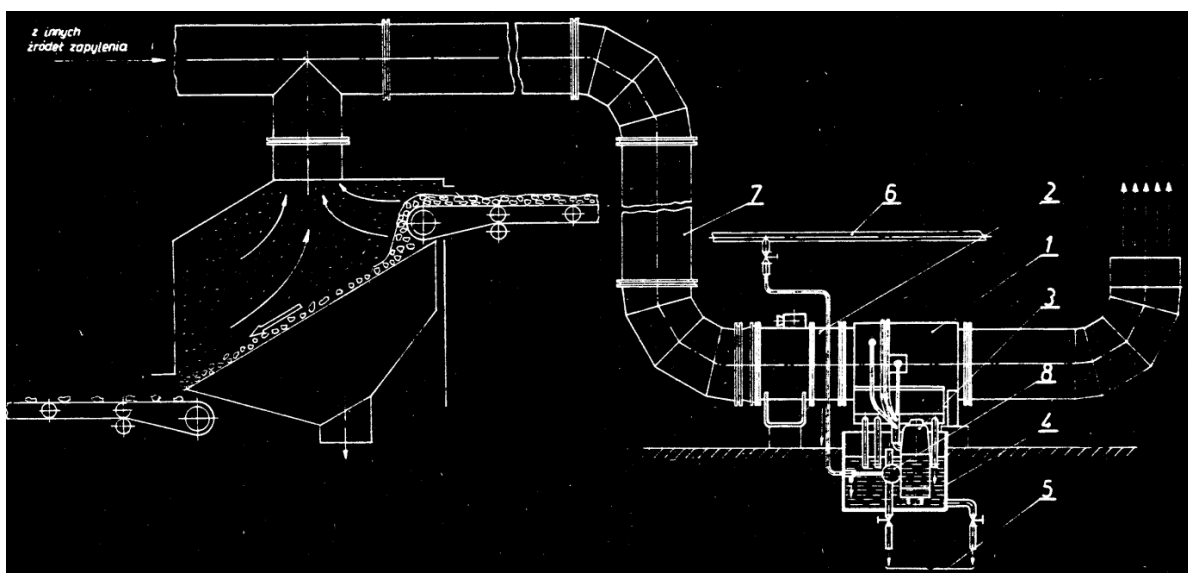


Rys.3. Schemat zabudowy cyklonu poziomego GCP-500/1 w wyrobisku drążonym kombajnem AM-50 z wentylacją tłoczącą; 1 - cyklon GCP-500/1, 2 - przewód elastyczny, 3 - ssawa, 4 - lutnia perforowana [6]

2.3. Wdrożone aktualnie rozwiązania urządzeń



Rys.4. Instalacja odpylająca chodnikowa IO-500Ch: 1 – odpylacz, 2 – wentylator, 3 – zespół zbiornika, 4 – pompa wodna, 5 – przewód elastyczny, 6 – ssawa, 7 – lutnia $\varnothing 600$, 8 – lutnia antystatyczna [6]



Rys.5. Schemat zabudowy instalacji odpylającej IO w zakładzie przerobczym węgla: 1 – odpylacz, 2 – wentylator, 3 – pompa, 4 – zbiornik, 5 – odprowadzenie do osadnika, 6 – rurociąg wodny, 7 – lutniociąg ssący, 8 – zawór

odpylających

Stosowane na rynku urządzenia odpylające różnią się konstrukcją. Spośród opracowanych i wprowadzonych w ostatnich latach na rynek konstrukcji można wyróżnić:

- urządzenia odpylające typu UO,
- urządzenia LDCU,
- urządzenie DCU,
- urządzenie DRU.

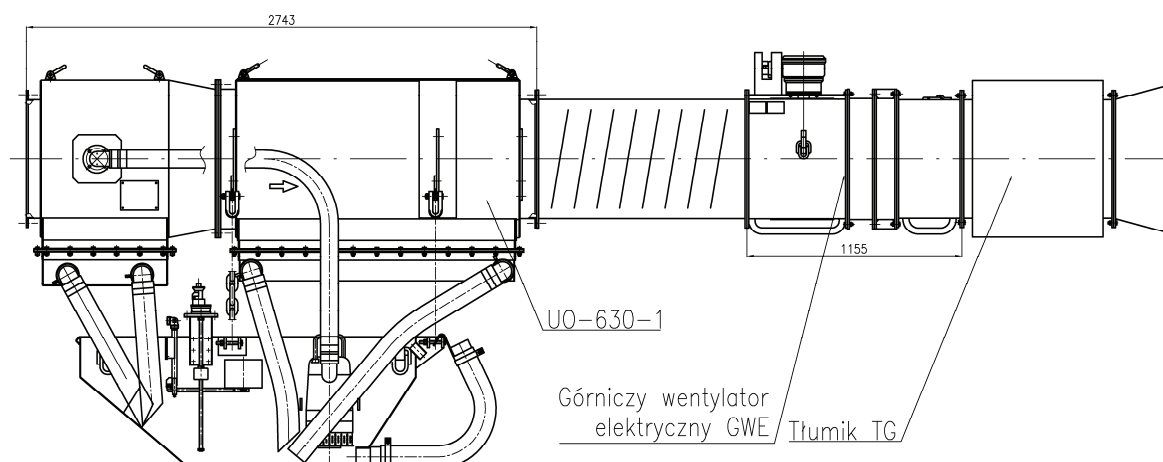
Urządzenia odpylające typu UO [3, 4] produkowane są w dwóch zasadniczych wielkościach: 630 (rys. 6) i 1000 mm. Wykorzystują one natrysk wody, za pomocą dysz stałych, bądź dyszy wirowej oraz układ odkraplania zbudowany z kierownicy zawirowującej strugę i odkraplaczy z żebrami.

W skład urządzeń wchodzi komora zraszania, w której umieszczone są dysze wodne, kierownica z łopatkami stałymi oraz odkraplaczy. Obieg wodny w urządzeniu tworzą: zbiornik wodny, przewody tłoczne, przewody sphywowe i pompa obiegowa.

W tabeli 1 przedstawiono parametry techniczne urządzeń odpylających typu UO-630.

Wdrożono również urządzenie odpylające typu mokrego DCU-600C/260-320 [2] (rys. 7) dla trzech zakresów wydajności: 260, 280 i 320 m³/min. Urządzenie to przeznaczone jest wyłącznie dla wentylacji kombinowanej. Jego całkowita skuteczność odpylania wynosi od 97 do 99%. Technologia odpylania stosowana w tym urządzeniu wymagała zastosowania zespołu napędowego, którego parametry wydajnościowe uzyskano poprzez zastosowanie

odpowiedniego wirnika osadzonego na wale silnika uzyskać wysokie skuteczności odpylania – do 99%,



Rys.6. Urządzenie odpylające UO-630 współpracujące z górnicy wentylatorem elektrycznym typu GWE wyposażonym w tłumik TG [4]

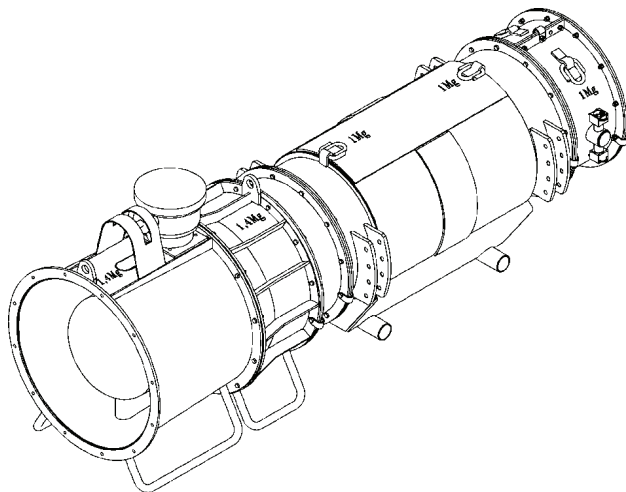
Parametry techniczne urządzeń odpylających UO [4]

Tabela 1

Parametr	UO-630-1	UO-630-2	UO-1000
Średnica nominalna komory zraszania i odkraplacza	630 mm	800 mm	1000 mm
Zakres wydajności:	200-400 m ³ /min	250-450 m ³ /min	400-800 m ³ /min
Zużycie wody:	1 - 10 dm ³ /min	1 - 10 dm ³ /min	1- 15 dm ³ /min
Skuteczność odpylania*	98,4 – 99,5%	98,4 – 99,5%	97,4 – 99,7%
Opory przepływu przy wydajności 300m ³ /min	ok. 1500 Pa	ok. 1420 Pa	ok. 1500 Pa

zespołu napędowego o mocy 37 kW.

wyłącznie przy wykorzystaniu stałych dysz wodnych.



Rys.7. Urządzenie odpylające DCU-600C [2]

Parametry urządzenia odpylającego DCU-600C przedstawiono w tabeli 2.

Do innych wdrożonych urządzeń odpylających można zaliczyć odpylacz DRU-400, którego zasada działania jest podobna do urządzenia typu UO (bez dyszy wirowej), z tą różnicą, że zawirowanie strugi odbywa się na dwóch kierownicach stałych, co pozwala

Parametry techniczne urządzenia odpylającego DCU [2]

Tabela 2

Nominalne natężenie przepływu powietrza	260÷320 m ³ /min
Zużycie wody	5÷15 dm ³ /min
Minimalne ciśnienie wody	0,1 MPa
Moc silnika zespołu napędowego	37 kW
Typ silnika	dSOKg 200L2B-E
Moc silnika pompy wodnej	2,2 kW
Typ pompy	P-1BA
Znamionowe napięcie zasilania	500 lub 1000 V
Typ czujnika poziomu cieczy	CP-2d/1-a
Skuteczność odpylania:	97,7÷98,5

Dostępne są również urządzenia odpylające LDCU-630 i LDCU-800, o zakresie wydajności od 280 do 520 m³/min i całkowitej skuteczności odpylania osiągającej poziom 99%. Urządzenia te wykorzystują stałe dysze wodne oraz labiryntowy przepływ strugi zapyłonego powietrza, w którym, na skutek częstych zmian kierunku przepływu powietrza, następuje wytracanie pędu cząstek stałych oraz kropeł wody

zawierających pył i ich wstępna separacja (końcowa oddzielenia odbywa się analogicznie jak w poprzednio opisanych konstrukcjach). Negatywną cechą tych urządzeń są stosunkowo wysokie opory przepływu – powyżej 2000 Pa.

Przeprowadzona w 2011 roku analiza [5] wykazała, że w kopalniach Kompanii Węglowej S.A. stosowano:

- jedno urządzenie odpylające typu DRU-400,
- trzy urządzenia odpylające typu IO-600,
- 31 urządzeń odpylających typu UO-630,
- 20 urządzeń odpylających typu DCU-600C.

Urządzenia te współpracowały z wentylatorami lutniowymi typu WLE oraz lutniami wirowymi typu WIR, VV lub VT.

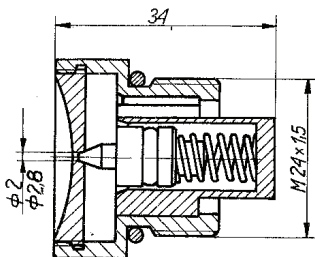
3. Urządzenia zraszające do zwalczania zapylenia konstrukcji KOMAG

3.1. Urządzenia zraszające

W ITG KOMAG od szeregu lat opracowywano i wdrażano liczne rozwiązania urządzeń zraszających i odpylających przeznaczonych do neutralizacji zagrożeń pyłowych. Rozwój mechanizacji wydobywczej wymagał stałego wprowadzania nowych środków technicznych zapewniających bezpieczeństwo w świetle zapobieżenia wybuchowi pyłu.

Zaprojektowane zostały urządzenia zraszające, począwszy od dysz zraszających, a skończywszy na systemach zwalczania zapylenia. Opracowano szereg konstrukcji dysz zraszających przeznaczonych do różnych zastosowań.

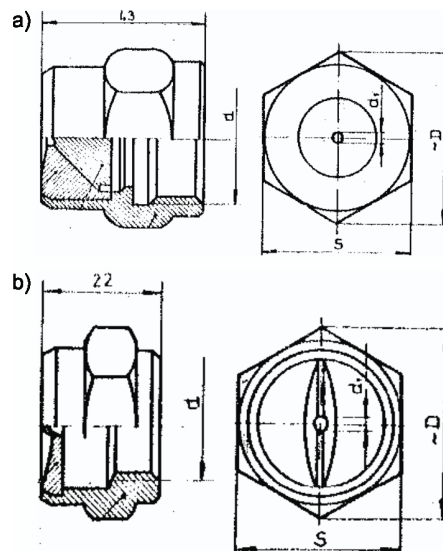
Dysze zraszające DPZ (rys. 8) przeznaczone są do stosowania w urządzeniach zraszających na drogach odstawy urobku. Charakteryzują się niską odpornością na uszkodzenia mechaniczne i są zasilane wodą o ciśnieniu od 0,4 do 3,0 MPa, przy natężeniu przepływu wynoszącym od 3,0 do 18 dm³/min. Dysze rozpylają wodę w postaci płaskiego strumienia o kącie strugi od 15° do 80°, a skuteczny zasięg strugi wynosi od 6,5 do 8,5 m [6].



Rys.8. Dysza DPZ [6]

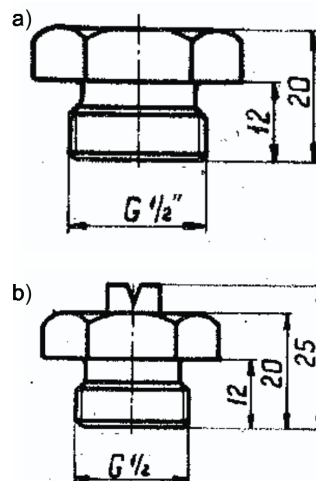
Wodne dysze zraszające (rys. 9) DS o strumieniu stożkowym i DP o strumieniu płaskim służą również do redukcji zapylenia na drogach odstawy urobku. Ich

budowa jest bardziej odporna na uszkodzenia mechaniczne. Dysze zasilane są wodą o ciśnieniu od 0,2 do 1,6 MPa przy natężeniu przepływu od 3 do 16 dm³/min. Dysze DS wytwarzają strumień w kształcie stożka o kącie od 95° do 100° i zasięgu 1,5 do 1,8 m, a dysze DP wytwarzają płaski strumień o kącie od 110° do 120° i zasięgu 2,0 do 2,5 m [6].



Rys.9. a) dysza DS; b) dysza DP [6]

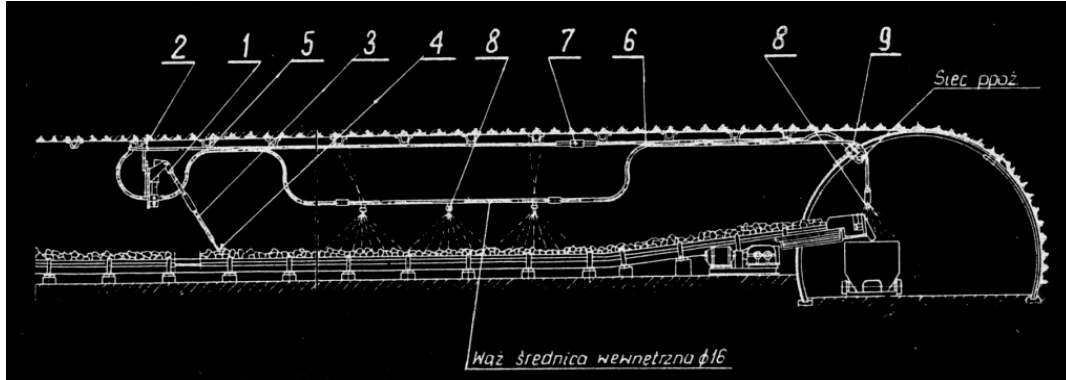
Typosereg dysz zraszających typu S i typu P (rys. 10) opracowano jako zamiennik dysz typu DS i DP, o podwyższonych parametrach hydraulicznych i wytrzymałościowych [6].



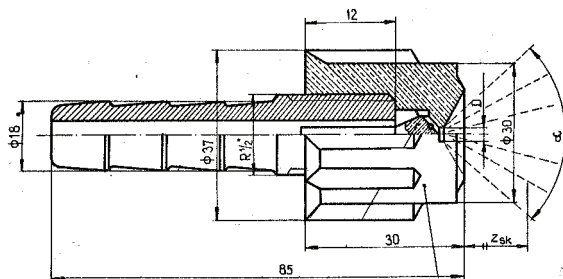
Rys.10. Dysze zraszające a) typu S, b) typu P [6]

Kolejne rozwiązanie to dysza DZ (rys. 11) przeznaczona do redukcji zapylenia na przesypach przenośników i na innych urządzeniach transportu urobku. Strumień wytwarzany przez dyszę ma kształt stożka o kącie 60° do 75° i zasięgu 1,3 do 1,7 m. Dysze są zasilane wodą o ciśnieniu od 0,1 do 1,2 MPa, przy natężeniu przepływu od 1,4 do 6,7 dm³/min [6].

zraszające ROSA (rys. 13) [6], powszechnie stosowane do zraszania przesypów i taśm przenośników. Transportowany przenośnikiem urobek wprawia w ruch wahadłowy dźwignię zespołu pompowo-zaworowego, a tym samym powoduje ruch posuwisto-zwrotny tłoka pompy i pompowanie oleju pod membranę zaworu

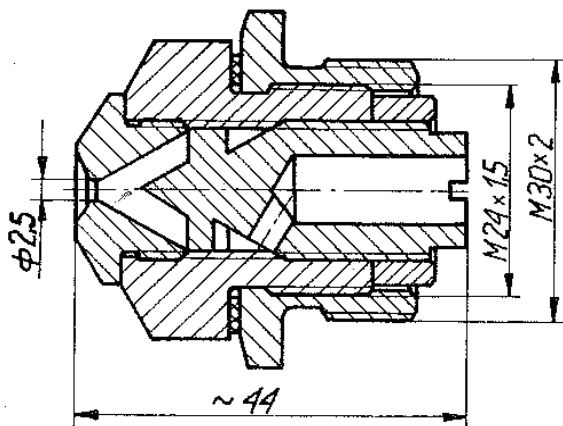


Rys.13. Automatyczne urządzenie zraszające ROSA [6]



Rys.11. Dysza zraszająca DZ [6]

Dysze zraszające według rysunku G11.41FBB/3 (rys. 12), o stożkowym kształcie strumienia, opracowano w celu zastosowania w zewnętrznych instalacjach zraszających do kombajnów ścianowych. Ciśnienie zasilania medium roboczego dysz wynosi 2,0 MPa, przy wydatku ok. 10 dm³/min. Kąt strugi wynosi 65°, przy zasięgu strumienia ok. 6 m [6].

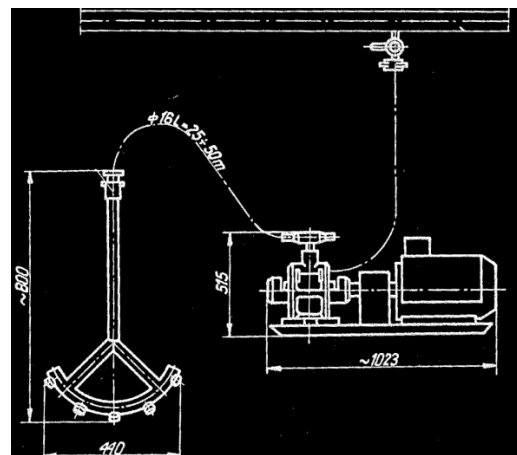


Rys.12. Dysza zraszająca według rysunku G11.41FBB/3 [6]

Zaprojektowane dysze zraszające znalazły zastosowanie w urządzeniach zraszających opracowanych przez KOMAG. Przykładem jest urządzenie

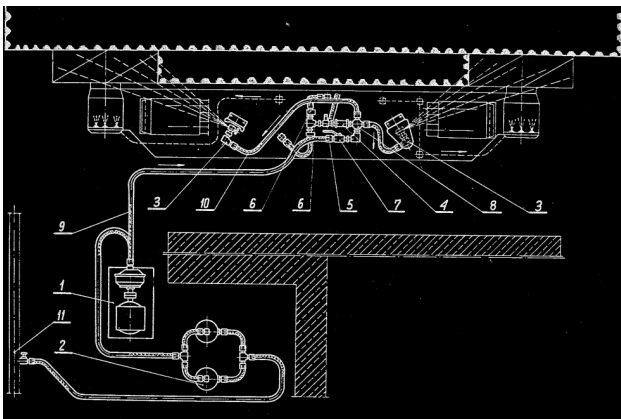
odcinającego, co skutkuje dopływem wody do dysz zraszających rozmieszczonych nad przenośnikiem. Zatrzymanie taśmy przenośnika bądź brak na niej urobku wyłącza urządzenie.

Bardziej uniwersalne zastosowanie ma chodnikowy agregat zraszający CHAZ (rys. 14), który służy do zraszania w miejscu urabiania, ładowania, odstawy urobku i innych miejsc z występującym zapyleniem. Urządzenie składa się z zespołu pompowego, baterii zraszającej, zaworu odcinającego i przewodów [6].



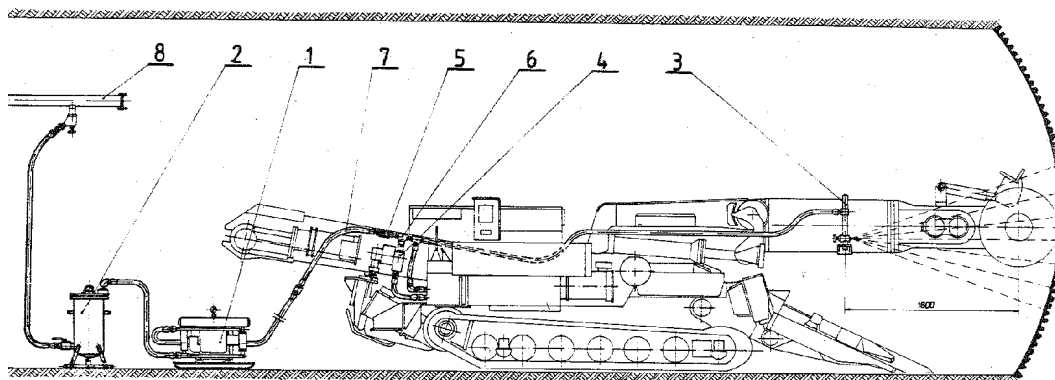
Rys.14. Agregat zraszający CHAZ [6]

Do redukcji zapylenia w ścianach, KOMAG opracował urządzenie zraszające AQUA-1 (rys. 15), przeznaczone do zabudowy na kombajnach ścianowych. Urządzenie składa się z dwóch strumieniowych rozpylaczy i wspomaga redukcję zapylenia generowanego przez kombajn [6].

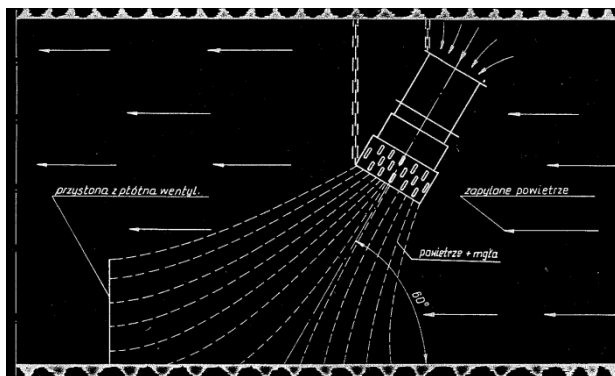


Rys.15. Urządzenie zraszające AQUA-1 [6]

Innym rozwiązaniem przeznaczonym dla maszyn urabiających jest instalacja wodna (rys. 16) dla kombajnu AM-50 P redukująca zapylenie w przodku chodnikowym. Głównymi jej elementami są: układ zraszający zabudowany na wysięgniku kombajnu, zespół filtrów i agregat zasilający zabudowane poza kombajnem [6].



Rys.16. Instalacja wodna dla kombajnu AM-50 P [6]

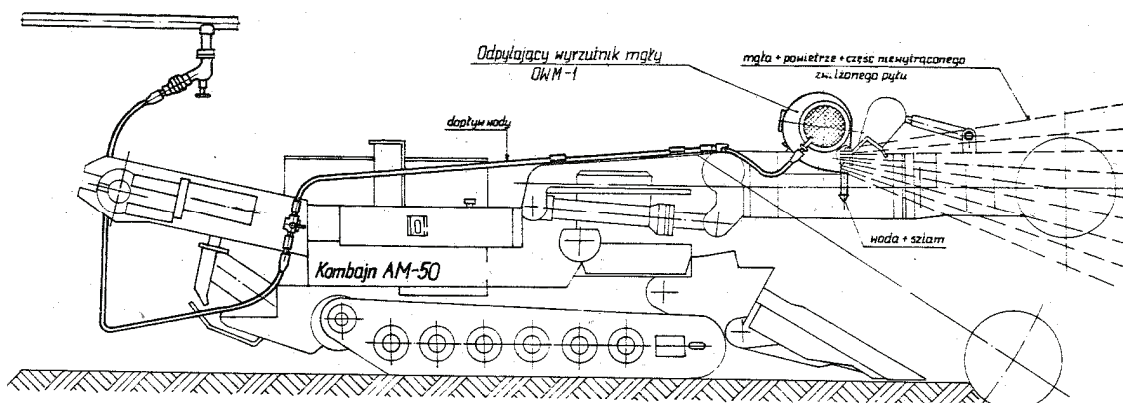


Rys.17. Wyrzutnik mgły WM-500 [6]

Nowatorskim rozwiązaniem opracowanym przez KOMAG jest również wyrzutnik mgły WM-500 (rys. 17), który jest przeznaczony do redukcji pyłu z prądu przepływającego powietrza, poprzez wytwarzanie mgły wodnej. Do wytwarzania mgły wykorzystano zespół podający wodę oraz wentylator z napędem elektrycznym. Rozwiązanie wymaga zastosowania tłumika hałasu i jest przeznaczone do zastosowania na wylotach ścian, w przodkach chodnikowych, przesypach, itp. [6].

W oparciu o podobną zasadę działania opracowano prototyp odpylającego wyrzutnika mgły OWM-1 (rys. 18), który jest przeznaczony do zabudowy na wysięgniku kombajnu. Ma on postać poprzecznie zabudowanego odpylacza zasysającego powietrze z okolic organu urabiającego, i wyrzucającego wodę w postaci mgły na organ urabiający [6].

3.2. Współczesne rozwiązania urządzeń zraszających – powietrzno-wodne



Rys.18. Wyrzutnik mgły OWM-1 [6]

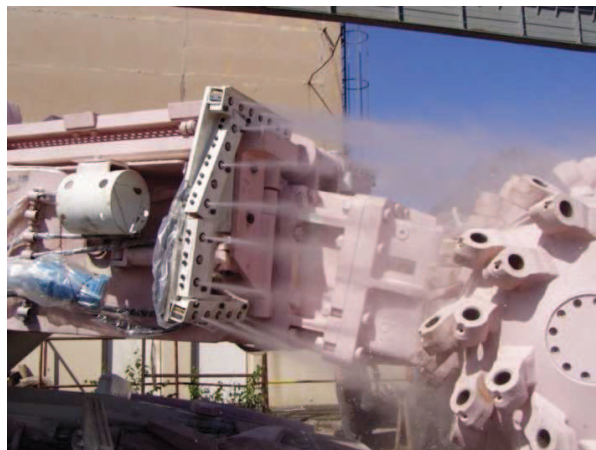
W związku z występowaniem przypadków zapłonu metanu podczas eksploatacji górniczej, przy niewystarczającej skuteczności wodnych urządzeń zraszających, w ITG KOMAG podjęto prace badawcze zmierzające do opracowania instalacji zraszającej zapewniającej, większą niż dotychczasowe, skuteczność zwalczania zapylenia i zapobiegania zapłonowi metanu. W wyniku projektu celowego, realizowanego przez ITG KOMAG wspólnie z JSW S.A., przy udziale Zabrzeńskich Zakładów Mechanicznych S.A. opracowano i wdrożono powietrzno-wodną instalację zraszającą kombajnu ścianowego (rys. 19). Po pierwszych testach i badaniach wykazano, że powietrzno-wodne strumienie zraszające charakteryzują się wysoką skutecznością redukcji pyłu z powietrza kopalnianego dochodzącą do ok. 70% [10].



Rys. 19. Powietrzno-wodna instalacja zraszająca kombajnu KSW-460 NE [11, 12]

Powietrzno-wodne instalacje zraszające stanowią obecnie wyposażenie wszystkich typów kombajnów ścianowych [13] oferowanych przez KOPEX Machinery. Doświadczenia kopalń wskazują na znaczny (ok. dwukrotny) wzrost skuteczności redukcji pyłu [13] i całkowity zanik zapłonów metanu w ścianach.

Pozytywne doświadczenia wykorzystania powietrzno-wodnych kurtyn zraszających w kombajnach ścianowych skłoniły specjalistów KOMAG-u do opracowania podobnego rozwiązania dla kombajnów chodnikowych. W efekcie opracowano i wdrożono powietrzno-wodną kurtynę zraszającą (rys. 20) dla kombajnów chodnikowych [7] produkowanych przez REMAG S.A. Rozwiązanie to oparto o zewnętrzną baterię, zamontowaną na wysięgniku kombajnu, tuż za organem urabiającym, w której natężenie przepływu wody wynosi ok. 30 dm³/min.



Rys. 20. Kurtyna powietrzno-wodna kombajnu chodnikowego [7]

Oprócz frontów eksploatacyjnych i przodków górniczych, istotnymi źródłami zapylenia są przesypy przenośników na drogach odstawy urobku, gdzie często występują przekroczenia najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) pyłu w powietrzu.

W ITG KOMAG zaprojektowano zraszacze przesypów Bryza-1200 (rys. 21a) produkowane przez firmę Elektron s.c. oraz system zraszania Virga (rys. 21b) produkowany przez firmę Hellfeier. Są to nieskomplikowane w budowie urządzenia, zbudowane z ramy z dyszami powietrzno-wodnymi i zespołu dozowania mediów. Bardzo wysoka skuteczność redukcji pyłu zawartego w powietrzu oraz natężenie przepływu wody wynoszące od 0,5 do 2,0 dm³/min spowodowały bardzo duże zainteresowanie rozwiązaniem ze strony kopalń. Opracowano również rozwiązania w postaci chodnikowej zapory przeciwpylowej. W obu typach urządzeń wykazano skuteczność redukcji zapylenia wynoszącą od 70 do 90%.



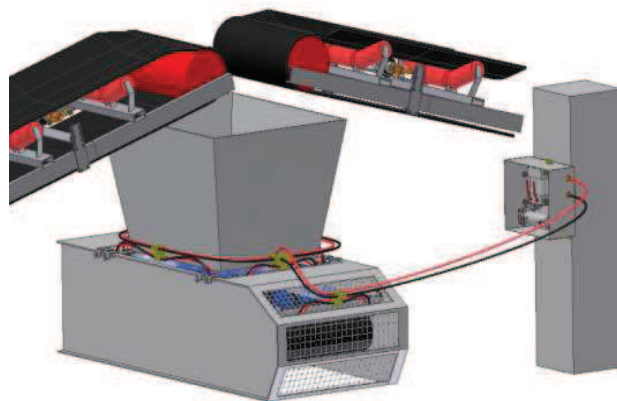
Rys.21. Powietrzno-wodne urządzenia do zraszania przesypów: a) zraszacz przesypów Bryza-1200, b) system zraszania VIRGA [14]

W chodnikowej zaporze przeciwpylowej CZP Bryza (rys. 22) wykorzystano zespoły zraszacza przesypów Bryza-1200, wyposażone dodatkowo w kraty żaluzjowe. Zapora przeciwpylowa wymaga natężenia przepływu wody w granicach 1,5 do 3,0 dm³/min, a skuteczność redukcji pyłu zawartego w powietrzu wynosi ponad 50%. Rozwiązanie to zastosowano w kilku kopalniach, gdzie udokumentowanym efektem jest całkowite usunięcie pyłu z obrysu wyrobiska na odcinku ok. 100 m oraz zwiększenie wilgotności spągu, które umożliwia wydłużenie okresów pomiędzy opylaniem pyłem kamiennym o ok. 50% [13].



Rys.22. Chodnikowa zapora przeciwpylowa CZP Bryza [17]

Wszystkie zalety urządzeń typu Bryza wykorzystano do opracowania instalacji zraszającej przeznaczonej dla zakładów przeróbki mechanicznej. Niskie natężenie przepływu wody, proste sterowanie i wysoka skuteczność redukcji pyłu spowodowały zainteresowanie kopalń w zastosowaniu tego rozwiązania na powierzchni zakładów górniczych (rys. 23).



Rys.23. Zraszacz typu Bryza dla kruszarki w zakładzie przeróbczym [źródło: opr. wł.]

Rozwiązanie zraszaczy zaprojektowano również dla wyrobiskach ścianowych, do wspomaganie redukcji zapylenia na wybranych odcinkach ściany, na których przemieszczany jest pył powstały w wyniku procesu urabiania. Rozwiązanie to polega na umieszczeniu zraszaczy Bryza pod stropem wybranych sekcji obudowy zmechanizowanej. Kolejne zraszacze uruchamiane są po minięciu ich przez kombajn ścianowy, poruszający się w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu powietrza. Przy jeździe kombajnu zgodnie z kierunkiem przepływu powietrza, wyłączane są kolejne zraszacze, do których zbliża się kombajn. Umożliwia to zredukowanie zapylenia generowanego przez organy urabiające kombajnu ścianowego. Maksymalne zużycie wody zraszającej dla całej ściany nie przekracza 20 dm³/min. Pierwszy ww. system zaprojektowano dla kompleksu ścianowego oferowanego przez Grupę FAMUR S.A.

Zaprojektowano i wdrożono również powietrzno-wodne dysze zraszające typu STK (rys. 24), które są najnowszej generacji rozwiązaniem przeznaczonym do wszystkich powietrzno-wodnych urządzeń zraszających zaprojektowanych przez ITG KOMAG [10, 16, 17]. Stanowią one monolityczną konstrukcję, z dwoma otworami wlotowymi, w celu niezależnego doprowadzenia do komory mieszania wody i sprężonego powietrza. Woda w postaci aerozolu wyrzucana jest z dysz z otworu wylotowego o średnicy od 1 do 3 mm. W zależności od przeznaczenia dyszy natężenie przepływu wody wynosi od 0,1 do 1 dm³/min i ok. 50 do 100 dm³/min powietrza, pod ciśnieniem nie przekraczającym 0,5 MPa. Dysza typu STK wytwarza krople o medianie 20 do 50 μm (ok. 90% kropeł wytwarzanych

przez dyszę nie przekracza 90 μm , a ok. 10% kropeł nie przekracza 10 μm [16,17] (rys. 25).

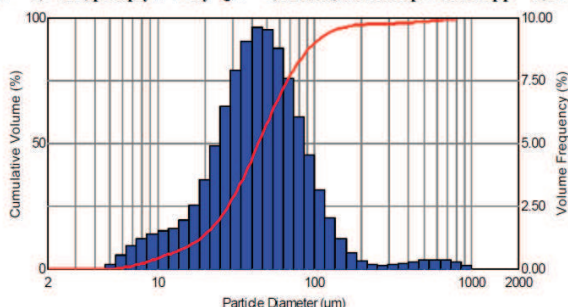


Rys.24. Powietrzno-wodne dysze zraszające typu STK [13, 16]

W kolejnych rozwiązaniach dysz zraszających zmieniono średnice otworów dysz oraz zmodyfikowano kształt komory mieszania i zewnętrzne cechy konstrukcyjne dyszy.

Powietrzno-wodne dysze zraszające, niezależnie od ich konstrukcji i średnicy otworów wylotowych, są przystosowane do wytwarzania strumienia o bardzo zbliżonej wielkości i rozkładzie frakcyjnym kropeł. W zależności od poziomu zapylenia dobiera się rodzaj lub liczbę dysz tak, aby wydatek wody i liczba wytworzonych kropeł były wystarczające do redukcji pyłu wytworzonego w procesie przesypywania urobku.

dysza STK-ZZ-3,0 mm, odległość dyszy od analizatora 1,0 m, ciśnienie wody $p_w = 2,8$ bar, przepływ wody $Q_w = 0,4$ l/min, ciśnienie powietrza $p_p = 5,1$ bar



Rys.25. Rozkład frakcyjny kropeł dyszy StK-ZZ-3 [17]

4. Podsumowanie

Opracowane w ITG KOMAG powietrzno-wodne instalacje zraszające są rozwiązaniami, które obniżają poziom zapylenia w wybranych strefach kopalni. Opracowane urządzenia możliwe są do zamontowania we wszystkich miejscach w kopalni, gdzie występuje istotny poziom zapylenia.

Dwuczynnikowe dysze zraszające nie wymagają zasilania dużą ilością wody (od 0,1 do 0,4 dm^3/min .) oraz powietrza, mieszczącą się w granicach 50 do 150 dm^3/min .

Uzyskane efekty w zakresie skuteczności redukcji zapylenia spełniają oczekiwania kopalń. Oceniono

również dodatkowe zalety urządzenia CZP Bryza w aspekcie zapobiegania wybuchom pyłu, w postaci zwiększenia zawilgocenia spągu oraz likwidacji pyłu z obrysu wyrobiska na długości ok. 100 m.

Systemy przewietrzania i odpylania spełniają ważną rolę związaną z bezpieczeństwem zarówno zakładu górniczego, jak i ludzi pracujących w wyrobiskach. Ich podstawowymi zadaniami są: niwelowanie zagrożeń związanych z powstawaniem wybuchowych mieszanin pyłu lub metanu z powietrzem, dostarczanie świeżego powietrza do stref, gdzie znajdują się ludzie oraz usuwanie powietrza zużytego.

Projektowane przez ITG KOMAG systemy wdrożono w wielu kopalniach węgla kamiennego w Polsce i za granicą. Ich wieloletnia eksploatacja potwierdziła wysokie walory użytkowe i efektywność działania. Obserwacje i wnioski zebrane przez użytkowników i projektantów systemów przewietrzania służą do opracowywania nowych, udoskonalonych konstrukcji urządzeń, w których eliminowane są niedoskonałości i dodawane elementy zgodne z sugestiami użytkowników.

Uniwersalność omówionych rozwiązań pozwala na ich stosowanie w innych obszarach, gdzie występuje zagrożenie związane z zapyleniem.

Literatura

1. Bałaga D., Siegmund M., Urbanek A.: Nowe rozwiązania urządzeń zraszających ograniczające zagrożenia pyłowe w górnictwie. *Maszyny Górnicze* 2012, nr 2, s. 50-55.
2. Jedziniak M., Sekular K.: System odpylania wyrobisk chodnikowych przewietrzanych wentylacją kombinowaną z zastosowaniem urządzenia odpylającego DCU 600 i lutni wirowej VV 700. Materiały na konferencję: KOMTECH 2005 „Systemy ograniczające zagrożenia w procesach eksploatacji maszyn i urządzeń”, t. 2, Zakopane 15- 17.11.2005 s. 175-184.
3. Jedziniak M., Frydel W.: Nowoczesny system przewietrzania i odpylania wyrobisk korytarzowych. W: *Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo – Jakość – Efektywność, KOMEKO 2011, Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011 s. 243-255.*
4. Jedziniak M., Frydel W.: Uniwersalny system przewietrzania i odpylania wyrobisk korytarzowych. *Maszyny Górnicze* 2011, nr 3 s. 67-73.
5. Jedziniak M.: Analiza systemów wentylacji i odpylania wyrobisk korytarzowych w kopalniach Kompanii Węglowej SA. *Maszyny Górnicze* 2012, nr 1 s. 26-31.
6. Katalog CMG KOMAG: Urządzenia do zwalczania zagrożeń pyłowych w górnictwie oraz aparatury do

-
- pomiarów stężenia zapylenia kopalnianego, Gliwice 1984.
7. Libera K., Puchała B., Prostański D., Bałaga D.: 2010. Innowacyjne rozwiązania systemu zraszania powietrzno-wodnego w kombajnach chodnikowych produkcji Remag-u. Problemy bezpieczeństwa w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego rozdz. 9. Monografia CBIIDGP, Łędziny.
 8. PN-G-43042:2011 Lutnie wirowe w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania.
 9. PN-G-52002:2009 Urządzenia odpylające w górnictwie podziemnym – Wymagania i badania.
 10. Prostański D.: Ograniczenie zagrożeń zapylenia metanu i wybuchu pyłu węglowego oraz zapylenia poprzez zastosowanie zraszania powietrzno-wodnego. Prace naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko. Wydanie specjalne nr VII/2008. Katowice.
 11. Prostański D., Bałaga D., Pieczora E., Rojek P., Sedlaczek J.: System powietrzno-wodnego zraszania zewnętrznego kombajnu ścianowego. Innowacyjne techniki i technologie mechanizacyjne. KOMAG, Gliwice 2008.
 12. Prostański D., Rojek P.: Projektowanie, badania oraz próby eksploatacyjne instalacji zraszania powietrzno-wodnego do zwalczania zapylenia i zagrożeń metanowych, w kombajnie ścianowym typu KSW-460NE. Maszyny Górnicze 2006, nr 4 str. 12-22.
 13. Prostański D.: Dust control with use air-water spraying system. Archiwum Górnictwa 2012, nr 4 s. 975-990.
 14. Prostański D.: Metodyka ograniczania zapylenia w korytarzowych wyrobiskach kopalń. W: Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał związanych. TUR 2011. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, Kraków 2011 s. 279-290.
 15. Prostański D.: Ocena skuteczności stosowania powietrzno-wodnych urządzeń zraszających na przesypach przenośników w wyrobiskach korytarzowych. Przegląd Górniczy 2012, nr 10 s. 71-77.
 16. Prostański D.: Ocena skuteczności systemów zraszania powietrzno-wodnego i wodnego w redukcji zapylenia. W: Górnicze Zagrozenia Naturalne 2011, XVIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna "Człowiek – zagrożenie i bezpieczeństwo", Targanice k/Żywca, 7-10 listopada 2011 r. Gór. Śr., Pr. Nauk. GIG 2011 nr 4/2 s. 398-408.
 17. Prostański D.: Wpływ cech konstrukcyjnych urządzeń zraszających na skuteczność redukcji zapylenia. Monografia. Zagrozenia i technologie. Praca zbiorowa pod redakcją Józefa Kabiesza, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2012 s. 316-326.
 18. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. 2002 nr 109 poz. 962).

Artykuł wpłynął do redakcji w czerwcu 2013 r.