

Redakcja naukowa: Dariusz Prostański

SYSTEM POWIETRZNO-WODNEGO ZRASZANIA ZEWNĘTRZNEGO KOMBAJNU ŚCIANOWEGO

MONOGRAFIA - NR 3

**SERIA: INNOWACYJNE TECHNIKI
I TECHNOLOGIE MECHANIZACYJNE**



Gliwice 2008

Redakcja naukowa
Dariusz Prostański

**SYSTEM POWIETRZNO-WODNEGO
ZRASZANIA ZEWNĘTRZNEGO
KOMBAJNU ŚCIANOWEGO**

Redakcja naukowa: Dariusz Prostański

Współautorzy:

Dominik Bałaga – Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG
Edward Pieczora – Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG
Dariusz Prostański – Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG
Piotr Rojek – Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG
Janusz Sedlaczek – Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG

Recenzenci:

prof.dr hab.inż. Antoni Kalukiewicz
dr inż. Antoni Kozieł

Komitet redakcyjny:

prof.dr hab.inż. Adam Klich
prof.dr hab.inż. Zdzisław Kłeczek
prof.dr inż. Włodzimierz Sikora

Sekretarz redakcji:

Romana Zając

Monografia jest rezultatem realizacji projektu celowego nr 6 T12 2004C/06337 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Copyright by: *Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice*

ISBN 978-83-60708-27-9

Wydawca:

Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

Spis treści

	str.
1. WSTĘP	1
2. PRZEGLĄD TECHNOLOGII ZWALCZANIA ZAPYLENIA	2
2.1. Systemy zraszające	2
2.1.1. Zraszanie wewnętrzne	2
2.1.2. Zraszanie zewnętrzne	6
2.2. Systemy zraszające wspomagające rozrzedzanie metanu	7
3. KONCEPCJA ZRASZANIA POWIETRZNO-WODNEGO DLA KOMBAJNÓW ŚCIANOWYCH	14
3.1. koncepcja systemu zraszania	14
3.2. Parametry techniczne instalacji zraszającej	19
3.2.1. Parametry dysz zraszających	20
3.2.2. Układ zasilania	22
4. BADANIA SYSTEMU ZRASZANIA POWIETRZNO-WODNEGO	23
4.1. Budowa instalacji zraszającej	23
4.2. Badania modelowe	29
4.2.1. Komputerowa symulacja stref zraszania	29
4.2.2. Badania modelu instalacji zraszającej	31
5. WYKONANIE EGZEMPLARZA DOŚWIADCZALNEGO ORAZ BADANIA STANOWISKOWE I EKSPLOATACYJNE	36
5.1. Egzemplarz doświadczalny	40
5.2. Badania stanowiskowe doświadczalnej instalacji zraszającej	42
5.3. Przygotowanie kombajnu z instalacją zraszającą do badań eksploatacyjnych	48
5.4. Badania eksploatacyjne	49
6. PRACE WDROŻENIOWE	60
6.1. Wdrożenie powietrzno-wodnej instalacji zraszającej	63
6.2. Badania skuteczności działania systemu zraszania wodno-powietrznego	64
7. PODSUMOWANIE	71
LITERATURA	72

1. WSTĘP

Podziemna eksploatacja pokładów węgla kamiennego metodą mechanicznego urabiania (skrawania) jest obecnie jedyną efektywną metodą eksploatacji. Niesie ona jednak za sobą takie zagrożenia, jak:

- a) możliwość wybuchu lotnego pyłu węglowego oraz chorób zawodowych (pylica) u pracujących załóg górniczych,
- b) możliwość zapalenia/wybuchu metanu i/lub pyłu węglowego, którego źródłem inicjacji mogą być gorące iskry powstające podczas skrawania lub podwyższona temperatura narzędzia skrawającego i bruzd powstałych w wyniku skrawania.

Ograniczanie wymienionych zagrożeń w przodkach ścianowych związane jest z czynnikami organizacyjnymi jak i technicznymi, z których najistotniejszymi są:

- prawidłowy dobór parametrów urabiania oraz narzędzi urabiających (w tym ich stanu) do własności urabianych skał, ze względu na maksymalne ograniczenie powstawania gorących iskieł oraz lotnego pyłu,
- stosowanie skutecznego systemu zraszania mającego na celu obniżenie temperatury powstającej na styku ostrza narzędzia skrawającego z urabianą calizną oraz maksymalne wytrącenie pyłu z powietrza, z jednoczesnym skierowaniem go poza strefę pracujących górników,
- prawidłowy dobór systemu wentylacji.

Spełnienie powyższych wymagań jest obwarowane obowiązującymi przepisami [52], które nakazują stosować m.in.:

- kombajny z organami urabiającymi z tylnym zraszaniem noży,
- dodatkowe dysze i urządzenia zraszające,
- odpowiednie przybierki, dostosowane do rodzaju skał w stropie lub spągu, w celu uniknięcia urabiania skał zwięzłych,
- kombajny mające głowice urabiające wyposażone w kompletne i ostre narzędzia.

Neutralizacja części lotnych (pyłu węglowego lub kamiennego) odbywa się głównie za pomocą zraszania wodnego poprzez dysze umieszczone za nożami skrawającymi [24, 43, 44]. Woda chłodzi również nóż i bruzdę powstałą po skrawaniu, chroniąc przed zapłonem pyłu węglowego.

Metoda ta jest powszechnie stosowana w kombajnach ścianowych, ograniczając możliwość zainicjowania wybuchu pyłu węglowego, jednak nie zapobiega zapaleniu i wybuchowi metanu. Analiza powstałych niebezpiecznych zdarzeń, takich jak: wybuch pyłu węglowego, zapalenie i wybuch metanu [26] związanych z iskrzeniem w czasie procesu urabiania stało się inspiracją do opracowania skuteczniejszych sposobów zapobiegania możliwości powstawania wyżej wymienionych zagrożeń.

2. PRZEGLĄD TECHNOLOGII ZWALCZANIA ZAPYLENIA

Dariusz Prostański, Edward Pieczora, Janusz Sedlaczek

Istotą bezpieczeństwa pracy podczas urabiania węgla kombajnami ścianowymi w warunkach zagrożenia wybuchem metanu jest zapobieganie temu zjawisku. Zagrożenie to powstaje, gdy noże urabiające osadzone w organach kombajnu, wchodząc w kontakt ze zwięzłymi skałami towarzyszącymi pokładowi węgla, powodują powstanie wysokich temperatur bruzdy skrawu i końcówek noży, a także powodują powstawanie gorących iskier mechanicznych. W przypadku nagromadzenia się metanu w obszarze urabiania powstaje ryzyko jego zapłonu oraz wybuchu metanu i pyłu węglowego. Ograniczanie tego ryzyka możliwe jest poprzez stosowanie następujących metod:

- schładzanie nagrzwanych końcówek noży i bruzd po ich skrawaniu oraz niedopuszczanie do powstawania iskier, poprzez zraszanie strumieniem wody lub mieszaniny wodno-powietrznej,
- zapobieganie gromadzeniu się metanu w obszarze organu urabiającego, poprzez jego rozrzedzenie strumieniem powietrza lub mieszaniny powietrzno-wodnej,
- utworzenie kurtyny izolującej obszar organów urabiających za pomocą zraszania wodnego lub powietrzno-wodnego z równoczesnym rozrzedzeniem nagromadzeń metanu.

Dwie ostatnie metody są zazwyczaj stosowane jako wspomagające, uzupełniając zraszanie wewnętrzne z organów urabiających.

Stosowane w kombajnach systemy instalacji zraszających mają zatem za zadanie jednoczesne zapobieganie możliwości zapłonu metanu oraz eliminowanie zagrożeń pyłowych [13, 15, 16].

2.1. Systemy zraszające

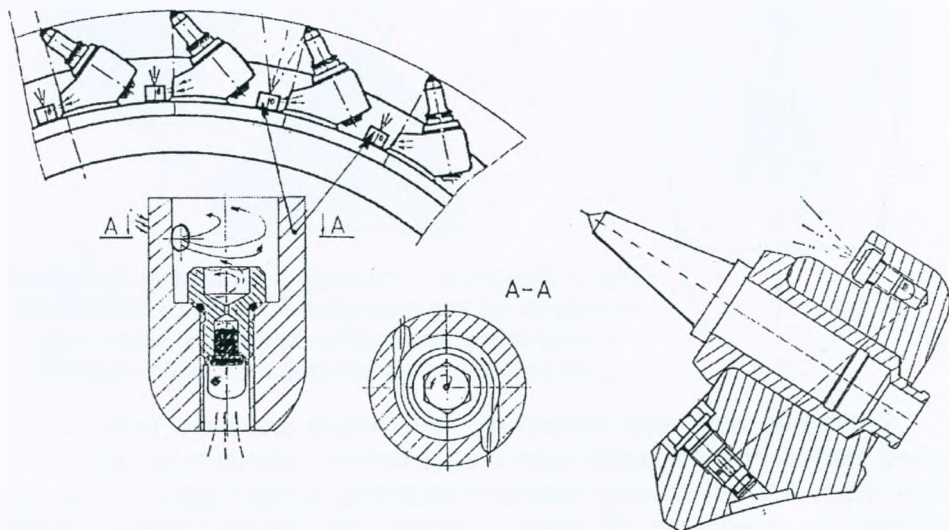
2.1.1. Zraszanie wewnętrzne

Zapobieganie nagrzewaniu się końcówek noży i bruzd skrawów, a także powstawaniu iskier przy jednoczesnym zwalczaniu zapylenia w czasie urabiania kombajnami w pokładach metanowych, realizowane jest często poprzez zanożowe zraszanie wodne lub powietrzno-wodne (injektorowe), z zastosowaniem dysz umieszczonych w uchwytych nożowych organów urabiających. Jest to podstawowe rozwiązanie stosowane w kombajnach polskich i zagranicznych.

W polskim górnictwie węgla kamiennego, w kombajnach ścianowych stosowane jest powszechnie zraszanie wewnętrzne z organów

urabiających. Rozwiązanie takie jest powszechnie stosowane w organach produkowanych m.in. przez Zabrzańskie Zakłady Mechaniczne S.A. (rys. 1). W takim typie zraszania stosowana jest zwykle pompa podnosząca ciśnienie wody, umiejscowiona poza lub bezpośrednio na kombajnie ścianowym [19].

Stosowany jest również system zraszania z organów z iniekcją powietrza, oparty na rozwiązaniu firmy ZP STALMET [14], który może pracować w układzie zanożowym, jak i w układzie, gdy zespół zraszający umieszczony jest przed nożem urabiającym, kierując strumień wodno-powietrzny pod nóż (rys. 1).

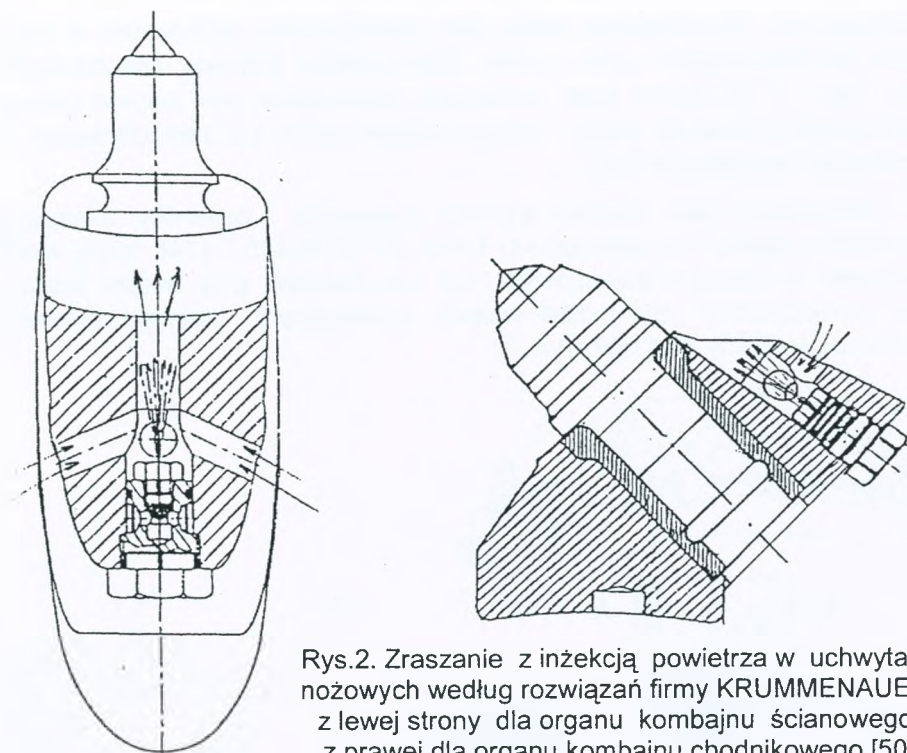


Rys.1. Rozwiązanie wewnętrznego zraszania stosowane w organach urabiających polskich kombajnów ścianowych; z lewej strony zespół zraszający z iniekcją powietrza, z prawej uchwyt nożowy ze zraszaniem zanożowym [14]

W mniejszym zakresie znajdują również zastosowanie importowane organy z wewnętrznym zraszaniem (np. KRUMMENAUER – rysunek 2 [14, 50] z dysz umieszczonych w uchwytych nożowych, z iniekcją powietrza do strumienia wodnego).

Zraszanie wewnętrzne w organach urabiających jest stosowane we wszystkich kombajnach ścianowych eksploatowanych w polskich kopalniach, w przeciwieństwie do kombajnów chodnikowych, w których tylko niewielka część organów urabiających jest wyposażona w taki typ zraszania.

W niektórych polskich kombajnach ścianowych (np. KSW-460NE w KWK „Budryk”), jak i amerykańskich zastosowano zraszanie wodne wewnętrzne, z organów urabiających, zarówno zanożowe jak i przednożowe [6, 45].



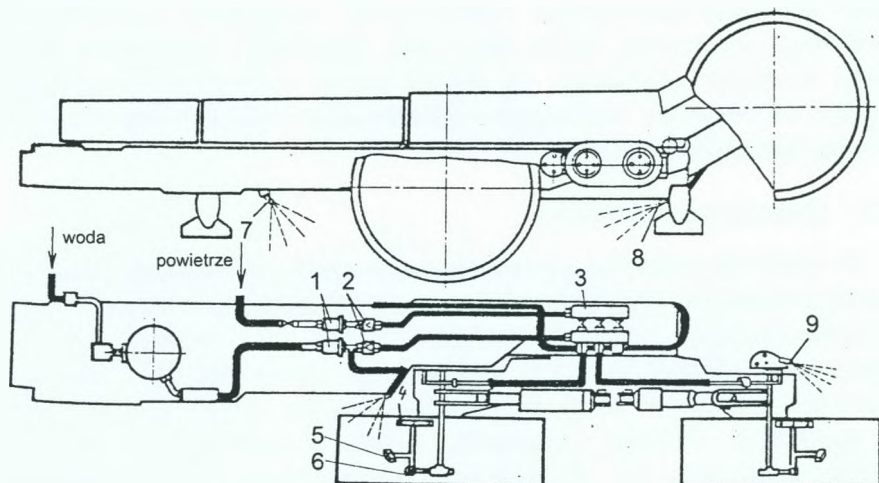
Rys.2. Zraszanie z iniekcją powietrza w uchwytach nożowych według rozwiązań firmy KRUMMENAUER; z lewej strony dla organu kombajnu ścianowego, z prawej dla organu kombajnu chodnikowego [50]

Zraszanie tego typu często nie gwarantuje jednak w pełni wymaganej skuteczności w ograniczaniu zagrożenia metanowego, gdyż strumień wody lub mieszaniny wodno-powietrznej wytryskujący z dysz, natrafiając na odspojony od calizny urobek, nie zawsze dociera w całą strefę urabiania, a tym samym nie w pełni zapobiega występującemu zagrożeniu zapłonu metanu. Kolejnym mankamentem tego rozwiązania jest duża ilość zużywanej wody, zwykle od 200 do 350 dm³/min, co nie jest obojętne dla procesu przeróbczego węgla na powierzchni. W zraszaniu tego typu poważną trudność stanowi również konieczność zapewnienia wysokiego ciśnienia (wysokie ciśnienie jest określeniem umownym) wody powyżej 2,0 MPa (korzystnie około 6,0 MPa), niezbędnego dla uzyskania wymaganych parametrów strumienia zraszającego.

Dążąc do wyeliminowania wyżej wymienionych mankamentów, opracowano systemy wewnętrznego zraszania powietrzno-wodnego z zastosowaniem sprężonego powietrza.

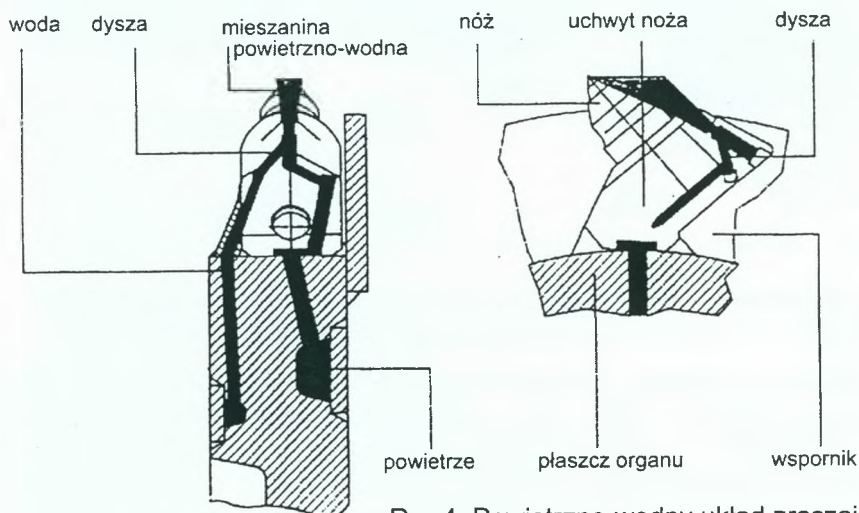
Instalacje powietrzno-wodne z wykorzystaniem sprężonego powietrza zostały opracowane w jednostkach naukowo-badawczych Rosji. Rozwiązania te (rys. 3) charakteryzowały się tym, że mieszanie sprężonego powietrza i wody następowało w specjalnym mieszalniku umie-

szczonym na korpusie maszyny [30], a utworzona mieszanina była wprowadzana tradycyjnym sposobem, poprzez ramiona kombajnu, do organów urabiających, a następnie doprowadzana była do dysz zraszających.



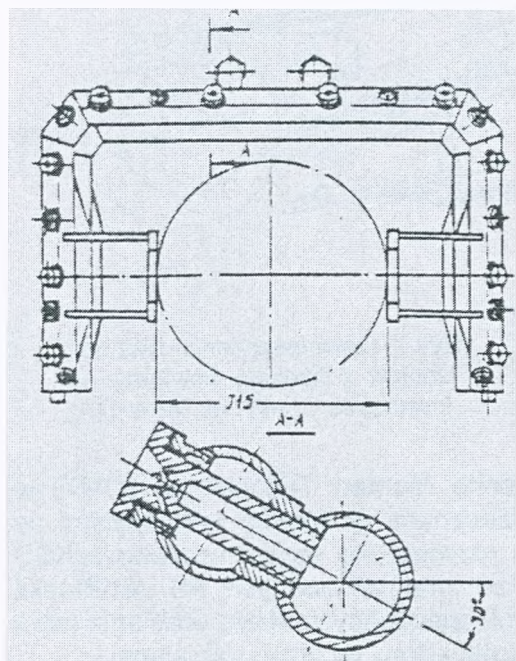
Rys.3. Instalacja zraszania powietrzno-wodnego z organów urabiających z wykorzystaniem sprężonego powietrza dla kombajnu ścianowego typu KSz 1KG [30]

Inne rozwiązanie zastosowane w kombajnach chodnikowych opracowała niemiecka firma PAURAT (rys. 4). Wodę i sprężone powietrze doprowadzono odrębnymi kanałami do organu urabiającego, w którym kanałami doprowadzono media do każdej z dysz umieszczonych w uchwytych nożowych [11, 51]. Mieszanie obu czynników następowało w dyszach. Rozwiązanie to jest jednak niezwykle skomplikowane.



Rys.4. Powietrzno-wodny układ zraszający [51]

dysz dwuczynninkowych, pokrywających strumieniem mieszaniny powietrzno-wodnej obszar organu urabiającego, na przemian z dziesięcioma dyszami wodnymi o płaskim strumieniu zraszania, izolujących obszar urabiania. Zużycie wody wynosi $40 \div 60 \text{ dm}^3/\text{min}$, natomiast zużycie powietrza $1,5 \div 2,5 \text{ m}^3/\text{min}$, przy ciśnieniu wody w granicach od $0,3 \div 1,0 \text{ MPa}$ i powietrza od $0,3 \div 0,6 \text{ MPa}$.



Rys.6. Zraszanie mgłą powietrzno-wodną w kombajnie chodnikowym według opracowania Instytutu Wost. N.I.I. [29]

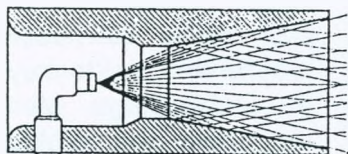
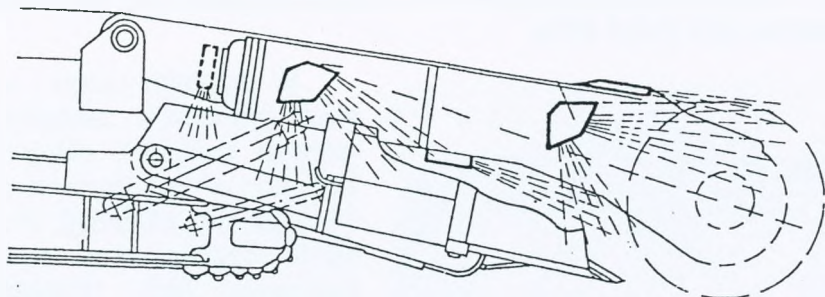
W ostatnim czasie, w polskim górnictwie zastosowano metodę, zraszania powietrzno-wodnego w kombajnach chodnikowych firmy Sandvik. Zraszanie to rozwiązano w oparciu o propozycję firmy DEILMANN-HANIEL. Powietrzno-wodne zraszanie zastosowane przez Sandvik działa równocześnie ze zraszaniem sektorowym organu urabiającego. Mimo wysokiej oceny pod względem bezpieczeństwa, wykazuje się ono jednak bardzo dużym, sumarycznym zużyciem wody ($70 \text{ dm}^3/\text{min}$) oraz sprężonego powietrza (około $17 \text{ m}^3/\text{min}$).

Przedstawione powyżej rozwiązania zewnętrznego zraszania mieszaniną powietrzno-wodną, wytwarzaną w dyszach zraszających, znalazły zastosowanie w kombajnach chodnikowych, natomiast nie zastosowano ich w kombajnach ścianowych. Są to rozwiązania bardzo proste i łatwe w obsłudze. Utrudnieniem jest konieczność doprowadzenia do maszyny sprężonego powietrza.

2.2. Systemy zraszające wspomagające rozrzedzanie metanu

Niedoskonałość systemu wewnętrznego zraszania zanożowego do zwalczania zagrożenia metanowego spowodowała powstanie szeregu rozwiązań stosowanych przede wszystkim w kombajnach ścianowych i wspomagających wyżej wymieniony system, w celu poprawy jego skuteczności. Wszystkie powstałe rozwiązania miały na celu rozrzedzenie (zmniejszenie stężenia) metanu w miejscach jego nagromadzenia.

Najprostszym sposobem rozrzedzania ewentualnych nagromadzeń metanu jest zastosowanie dodatkowych dysz strumieniowych, np. typu Venturi, rozmieszczonych na korpusie i ramionach maszyny, z ukierunkowaniem ich strumienia w miejsca występujących zagrożeń (rys. 7) [14].

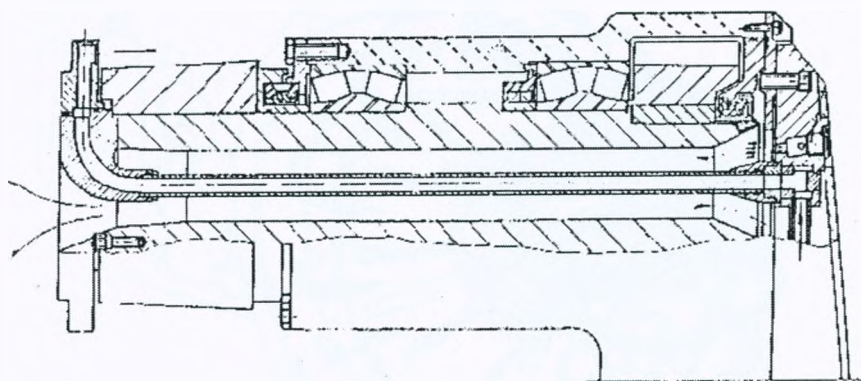


Rys.7. Rozmieszczenie dysz typu Venturi z inżekcją powietrza na kombajnie Continuous Miner [14]

Na bazie doświadczeń Deutsche Montan Technologie (DMT) w kombajnach chodnikowych z poprzecznymi głowicami urabiającymi, w kopalni Niederberg, w Niemczech rozwinął się system zraszania KSS [12]. Składa się on z dysz oraz ze zmodyfikowanych AS Jet-Blocks (układu dysz powietrznych i wodnych zraszających strefę urabiania mgłą powietrzno-wodną) po jednym z każdej strony głowicy urabiającej.

Dzięki wykazanej dużej efektywności mieszaniny powietrzno-wodnej i jej właściwościom ograniczania zapłonu oraz dużej efektywności chłodzenia [12] możliwe było zmniejszenie zużycia wody z 1,6 do 0,5 dm^3/min na jeden nóż. Możliwe było także zmniejszenie ciśnienia w układzie zraszania z 12 MPa do 2,7 MPa. W celu uzyskania mgły wodnej w strefie urabiania, AS Jet-Block wyposażono w pięć dysz wodnych oraz pięć dysz powietrznych. Do strumieni powietrza wychodzących z pięciu dysz dodano wodę poprzez oddzielnie ustawione dysze, powodując jej rozpylenie na małe kropelki ($50\div 100\ \mu\text{m}$). Powstająca w ten sposób mieszanka wodno-powietrzna o dużym potencjale schładzania i gaszenia otacza organ urabiający i intensywnie zrasza oraz przedmuchuje strefę urabiania. Ustawienie dysz powietrznych w blokach AS Jet-Block ma również za zadanie przedmuchiwanie zwalu urobku. Zużycie wody w systemie zraszania mgłą wodną wynosi około 40 dm^3/min . Ciśnienie w AS Jet-Block powinno wynosić 0,13 MPa, a przepływ wody 0,5 dm^3/min na dyszę wodną, co daje całkowite zużycie wody 2,5 dm^3/min na jeden AS Jet-Block.

Oryginalne sposoby rozrzedzania metanu w obszarze organu urabiającego (metody wentylacyjne) opracowano w brytyjskim instytucie MRDE w Bretby. Pierwszym rozwiązaniem mającym na celu rozrzedzenie metanu w strefie przyociosowej organu urabiającego było zastosowanie wału wydrążonego, tzw. systemu typu HSV-hollow shaft ventilation (rys. 8), przez który następował wydmuch mieszanki wodno-powietrznej [6, 44, 45]. Wydmuch ten uzyskiwano dzięki wtryskowi, w przelotowy otwór wału, wody za pomocą dyszy usytuowanej na jego wlocie. Wyniki pracy tego rozwiązania miały duży wpływ na opracowanie (w tymże, Instytucie we współpracy z National Coal Board) i zastosowanie, w kombajnach ścianowych organów urabiających typu ED (extraction drum) wyposażonych, oprócz standardowego systemu zraszania zanożowego, w rozwiązanie realizujące tzw. system rotacyjnej kurtyny powietrznej RAC (rotary air curtain) [8, 9, 25, 28, 31, 42, 43, 44, 45]. Rozwiązania te znalazły sporadyczne zastosowanie również w polskich kopalniach.

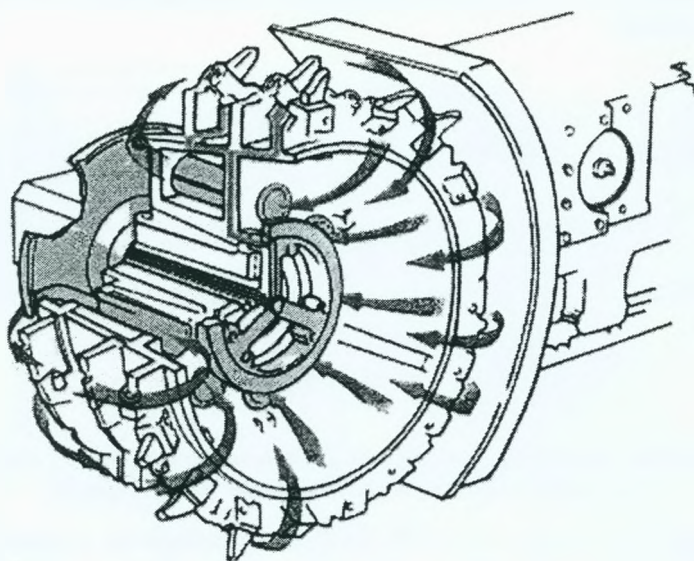


Rys.8. System nawiewny poprzez wał główny ramienia głowicy stosowany w kombajnie AM-420 firmy Anderson Strathclyde [6]

Rozwiązanie organu typu ED [8] (rys. 9) polega na wyposażeniu go w przelotowe rury o średnicy 100 mm, usytuowane w obszarze jego piasty. Liczba rur wynosiła od 9 do 14. Istnieje również alternatywne rozwiązanie polegające na zastosowaniu w miejsce rur, kanałów o kształcie prostokąta, o zmieniającej się powierzchni przekroju. Liczba rur lub kanałów według dostępnych informacji może być ograniczona nawet do 5. Naprzeciw rur, od strony ociosu, organ wyposażono w kolektor wodny z dyszami, które rozmieszczono tak, że wyrzucany przez nie strumień wody skierowano z poszczególnych dysz do odpowiednich przelotowych rur. Ciśnienie wody podawane do tych dysz wynosiło 10,0 MPa (min. 8,0 MPa). Wodę do kolektora doprowadzano przez wał, na którym osadzono organ urabiający. Od strony zrobów organ wyposażono w płytę nakierowującą (deflektor).

Zasada działania systemu RAC polega na zassaniu zapyłonego powietrza na zasadzie iniekcji z czoła przodku do wnętrza rur przelotowych, gdzie następuje wytrącenie pyłu z zassanego powietrza przez wtryskiwany do nich strumień wody. Strumienie mieszaniny wodno-powietrznej wylatujące z rur, po napotkaniu deflektora nakierowującej ją na zewnątrz organu, zostają wymieszane z czystym powietrzem prądu wentylacyjnego i wpływają ponownie do obszaru organu.

Według danych źródłowych [31], w zależności od liczby rur rozmieszczonych w organie, sumaryczne zasysanie powietrza z pyłem wynosi $1,6 \div 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Wyływająca z rur organu mieszanina wodno-powietrzna zabiera ze sobą około $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ świeżego powietrza z prądu wentylacyjnego przechodzącego przez wyrobisko ścianowe. Wprowadzając go w obszar urabiania powoduje rozrzedzenie metanu, w przypadku jego wydzielania się z urabianej calizny.

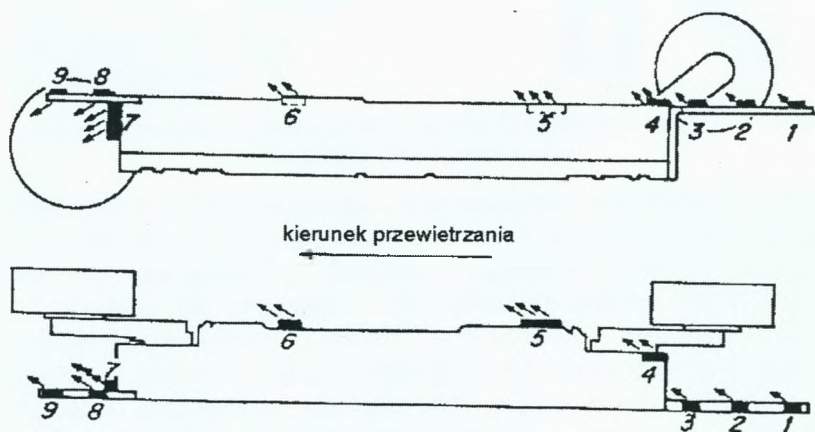


Rys.9. Organ urabiający z rotacyjną kurtyną zraszającą kombajnu ELEKTRA [8]

Mankamentem obu opisanych rozwiązań jest znaczące zwiększenie ilości wody zużywanej w instalacjach zraszających kombajnów, które w przypadku zastosowania wirującej kurtyny, wraz ze zraszaniem wewnętrznym przekracza $400 \text{ dm}^3/\text{min}$. Istnieje również możliwość niekontrolowanego przedostawania się pyłu i metanu poza stworzoną kurtynę [7, 31, 45]. W przypadku organów z rotacyjną kurtyną powietrza poważnym mankamentem jest skomplikowana konstrukcja organów (możliwość ich budowy o średnicy powyżej $1,6 \text{ m}$) oraz skomplikowane doprowadzenie wody, oddzielnie, o dwu różnych wartościach ciśnienia.

W górnictwie amerykańskim, w ścianach kombajnowych, oprócz zraszania wewnętrznego z organów urabiających, stosowany jest wspomagający system o nazwie „shearer clearer” opracowany przez Bureau of Mines [7, 25, 31, 42]. Dla kopalń, w których występuje zagrożenie metanowe, opracowano jego zmodyfikowaną wersję [25]. Zmodyfikowany system „shearer clearer” przeznaczono zarówno dla kontroli stanu zapylenia, jak i stężenia metanu. Istota systemu polega na strategicznym usytuowaniu na maszynie urabiającej dysz zraszających wprawiających powietrze w ruch strumieniami wody, przez co następuje zatrzymanie obłoków pyłowych przy ociosie, a tym samym odizolowanie obsługi maszyny od pyłu. Zastosowane dodatkowo dwie baterie dysz (rys. 10, poz. 4 i 7), poprawiają wentylację w obszarze organów urabiających, zmniejszając koncentrację metanu, redukując równocześnie możliwość zapłonu od iskier wytworzonych podczas procesu skrawania.

Mankamentem tej metody jest praktyczne ograniczenie eksploatacji ściany do urabiania jednokierunkowego oraz potrzeba wprowadzenia do wyrobiska dodatkowej ilości wody przekraczającej nawet $100 \text{ dm}^3/\text{min}$.

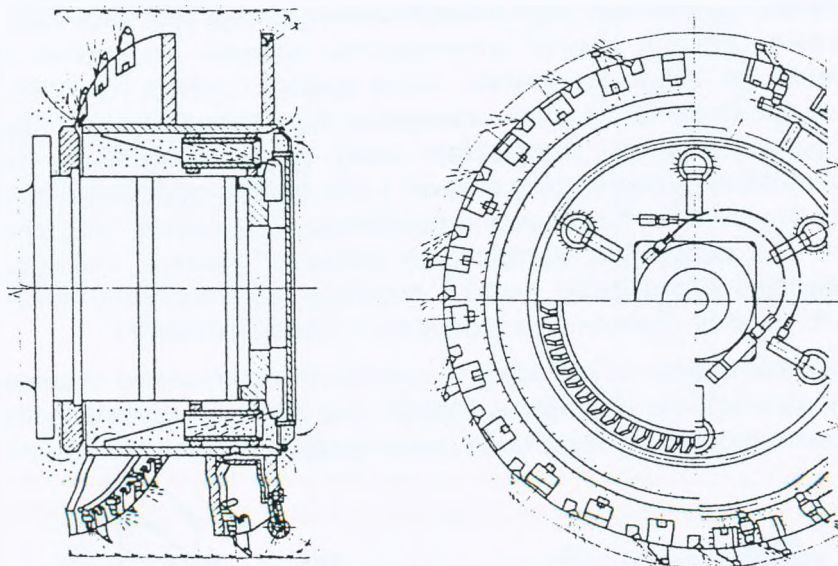


Rys.10. Zmodyfikowany system zraszania „shearer clearer”

W CMG KOMAG opracowano odmienną od stosowanego w kopalniach brytyjskich (rys. 9) konstrukcję tzw. rotacyjnej kurtyny powietrza, jako dodatkowej metody przewietrzania obszarów w otoczeniu organów urabiających kombajnu ścianowego (rys. 11) [27], uzupełniającą system wewnętrznego, zanożowego, wysokociśnieniowego¹. Konstrukcja ta nie została jednak dotychczas sprawdzona. Z pewnością poważnym mankamentem tego rozwiązania jest bardzo skomplikowana budowa ramion kombajnowych, które muszą pomieścić w sobie specjalną konstrukcję

¹ Zraszanie wysokociśnieniowe jest określeniem umownym.

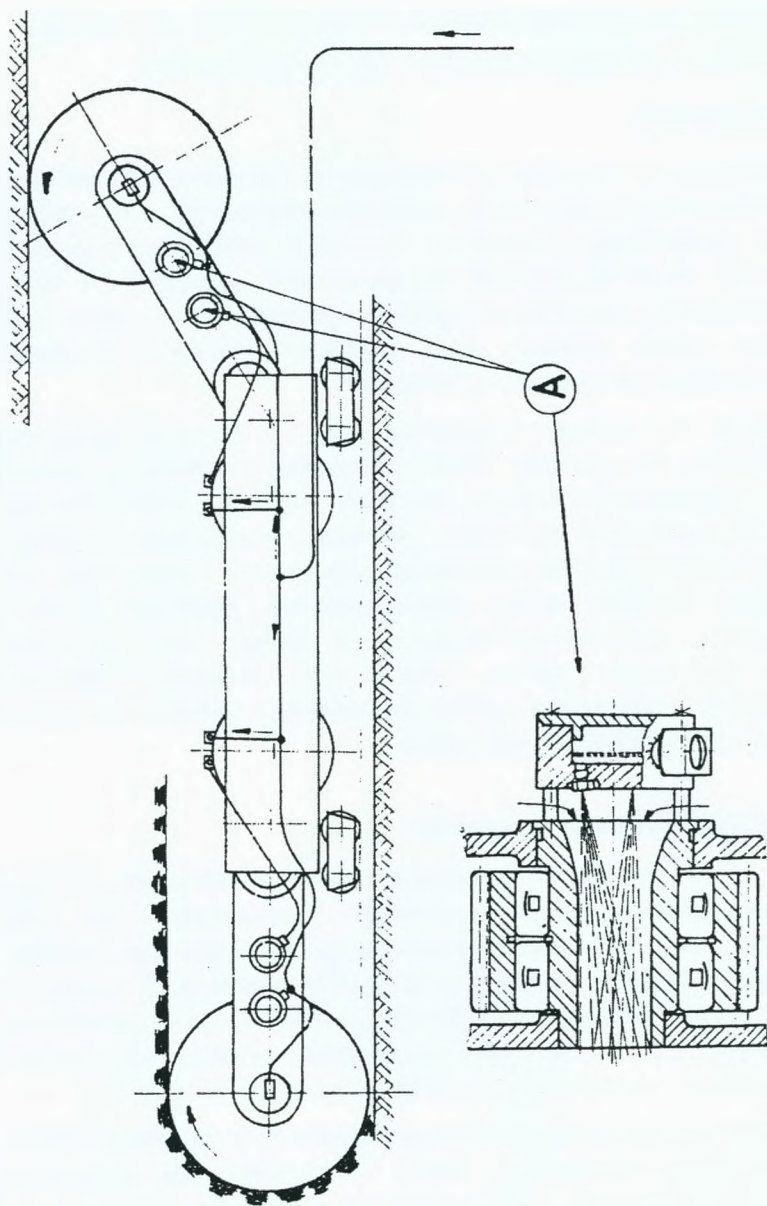
pompy wodnej oraz przeprowadzenie przezeń niezależnie dwu przepływów wody, o różnych wartościach ciśnienia. Także konstrukcja organów urabiających jest skomplikowana. Wszystko to stwarza poważne problemy wykonawcze i nie gwarantuje wymaganej pewności ruchowej.



Rys.11. Organ urabiający kombajnu ścianowego z kurtyną według konstrukcji CMG KOMAG

Innym oryginalnym rozwiązaniem, opracowanym w CMG KOMAG, jest system wdmuchiwanie kilku, (co najmniej dwóch) strumieni wodno-powietrznych w obszar każdego z organów urabiających. Do wprowadzenia strumieni wodno-powietrznych, mających za zadanie rozrzedzenie ewentualnych nagromadzeń metanu, zastosowano wydrążone przelotowo osie kół pośrednich przekładni napędu organów urabiających ramion kombajnu ścianowego. Rozwiązanie stanowiące uzupełnienie wewnętrznego zraszania z organów urabiających zastosowano w kombajnie typu KGS-150 (rys. 12), przeznaczonym do urabiania ścian niskich. Przeprowadzone próby dołowe wykazały poprawność działania takiego rozwiązania, jednak dodatkowo wprowadzana w ilości około $50 \text{ dm}^3/\text{min}$ do niskiego wyrobiska miała niekorzystny wpływ na warunki eksploatacyjne. Zdecydowało to o wyłączeniu systemu nawiewnego, a następnych prób tego rozwiązania, w korzystniejszych warunkach, już nie przeprowadzono.

W górnictwie krajowym najpowszechniejszym stosowanym sposobem wentylacyjnego rozrzedzania powietrza w strefach potencjalnego nagromadzenia metanu jest umieszczenie na maszynie odpowiednio ukierunkowanych dodatkowych strumieni powietrznych lub dysz wodnych strumienicowych, na przykład dysz typu AQUA lub HALEMBA [44].



Rys. 12. System nawiewno-zraszający opracowany dla kombajnu KGS-150 [27]

3. KONCEPCJA ZRASZANIA POWIETRZNO-WODNEGO DLA KOMBAJNÓW ŚCIANOWYCH

Dariusz Prostański

Przedstawione w rozdziale 2 rozwiązania, dotyczące ograniczenia zagrożeń metanowego i zapylenia, zawierają propozycje wykorzystania, oprócz wody, sprężonego powietrza. Zraszanie powietrzno-wodne według Cecela [6], może skuteczniej niż stosowane powszechnie wodne, ograniczać zapylenie, powstałe w wyniku urabiania węgla, a także schładzać urabiane partie pokładu, oraz poprawiać warunki klimatyczne środowiska obniżając temperaturę otoczenia.

Ze względu na większe rozpylenie wody za pomocą sprężonego powietrza, system ten pozwala objąć zraszaniem większą przestrzeń, a także, przy odpowiednim usytuowaniu dysz, oddzielić przestrzeń zapyloną oraz strefy uwalniania się metanu od reszty środowiska. Z uwagi na bardzo dużą, sumaryczną powierzchnię rozpylonych kropeł wody, strumień zraszający posiada bardzo dobre własności gaszące. Zraszanie powietrzno-wodne jest skuteczniejszym, niż dotąd znane, sposobem ograniczania zagrożenia zapłonu metanu oraz zapylenia. Kilkakrotnie mniejsze zużycie wody w tym systemie znacząco wpływa na poprawę jakości węgla oraz komfortu pracy załogi.

3.1. Koncepcja systemu zraszania

Analiza dotychczasowych systemów zraszania wskazuje, że zwiększenie bezpieczeństwa pracy w przodkach ścianowych może zostać osiągnięte poprzez zastosowanie dodatkowego zewnętrznego zraszania realizowanego z użyciem mieszaniny powietrzno-wodnej. Z analizy wynika również, że zastosowanie sprężonego powietrza, jako dodatkowego medium, mieszanego z wodą, znacznie zwiększa skuteczność zraszania (analiza wypadków), ograniczając dodatkowo zużycie wody [17].

System ten znalazł powszechne zastosowanie w przodkach chodnikowych w górnictwie niemieckim. Mając na uwadze jego skuteczność w systemach chodnikowych, gdzie sprężone powietrze zwiększa wielokrotnie powierzchnię rozpylanej wody zraszającej, w CMG KOMAG podjęto próbę opracowania analogicznego systemu dla kombajnów ścianowych.

Zaproponowano system zraszania mieszaniną powietrzno-wodną w kombajnach ścianowych bez konieczności zmian konstrukcyjnych organów urabiających. Rozsądną wydała się idea zastosowania zasady działania systemu Deilmann-Haniel lub WOST N.I.I. [18, 29]. Idea rozwiązania polegała na umieszczeniu dysz dwuczynnikowych, na ramieniu

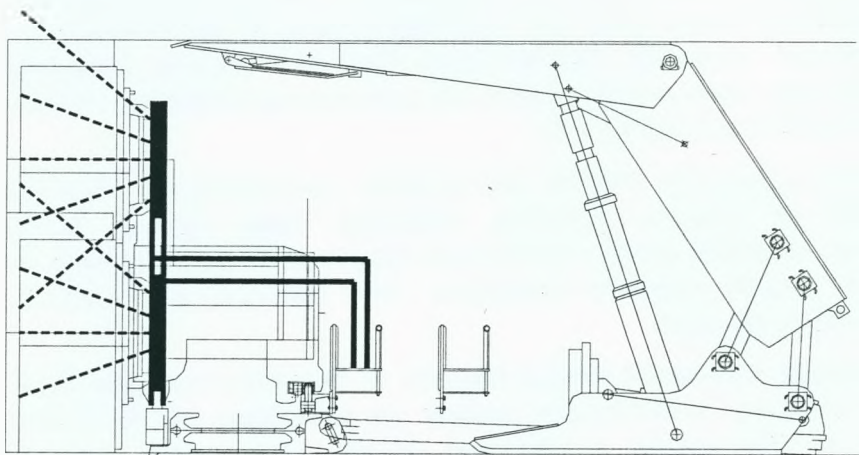
kombajnu ścianowego, doprowadzeniu do nich oddzielnie sprężonego powietrza i wody oraz na zastosowaniu jednoczynnikowych dysz w organie urabiającym, zasilanych wytworzoną wcześniej mieszaniną powietrzno-wodną.

Zaproponowano zatem zastosowanie podwójnego systemu zraszania: zewnętrznego i wewnętrznego, w celu zapewnienia podniesienia bezpieczeństwa eksploatacji z ograniczeniem zapłonu metanu i wybuchu pyłu węglowego. Koncepcja takiego systemu zraszania spełnia wymagania obowiązujących przepisów, wymuszających wspomaganie zraszania wewnętrznego zraszaniem dodatkowym [52].

Rozmieszczenie dysz zraszających na ramieniu kombajnu miało zapewnić utworzenie szczelnej kurtyny powietrzno-wodnej, izolującej strefę urabiania zagrożoną zapłonem metanu, od jej otoczenia. W zraszaniu powietrzno-wodnym, dzięki większemu rozdrobnieniu kropeł wody, zwiększa się powierzchnię czynną wody, przez co zrasza się większą powierzchnią urabianych skał. Zwiększa się przez to skuteczność schładzania nagrzaných bruzd w skałach twardych. Mieszanina powietrzno-wodna, poprzez wyrzut pod ciśnieniem, ma właściwości rozrzedzania stężenia metanu i wynoszenia go do prądu świeżego powietrza.

Potwierdzeniem zalet mieszaniny powietrzno-wodnej są jej bardzo dobre własności gaszące [18], również w innych dziedzinach (np. zastosowanie sprężonego powietrza w instalacjach gaśniczych straży pożarnej).

Schemat instalacji zraszającej kombajnu ścianowego przedstawiono na rysunku 13. Składa się z dwóch grup urządzeń.



Rys.13. Zewnętrzna instalacja zraszająca powietrzno-wodna

W pierwszej grupie znajdują się urządzenia związane z przygotowaniem i przesyłem mediów. W skład tych urządzeń (rys. 14) wchodzi:

- sprężarka powietrza, poz. 1,
- pompa wodna (alternatywnie), poz. 2,
- baterie filtrów wody i powietrza, poz. 3,
- przewody elastyczne, poz. 4,
- układak przewodów dostosowany do prowadzenia wszystkich magistrali wzdłuż przenośnika ścianowego, poz.5.

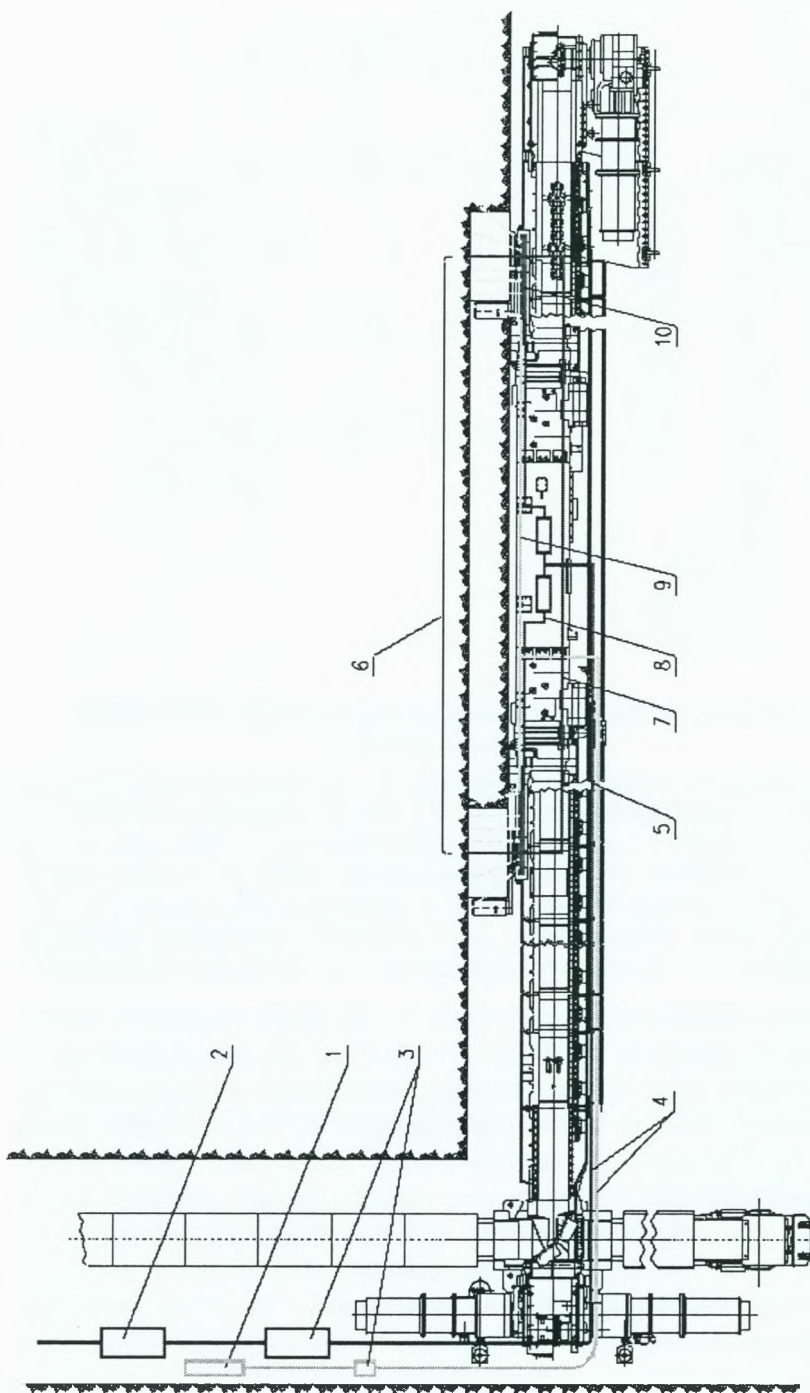
Druga grupa urządzeń obejmuje wyposażenie kombajnu ścianowego w instalację powietrzno-wodną (poz. 6.). Składa się ona m.in. z:

- zaworów odcinających wodę i powietrze,
- uchwytu kablowego zapewniającego prawidłowe wprowadzenie magistrali zasilających na kombajn ścianowy,
- zaworów redukcyjnych,
- zaworów bezpieczeństwa,
- filtrów w obwodach zraszania i chłodzenia,
- chłodnic (silniki elektryczne, chłodnice oleju, chłodnice ramion),
- czujników ciśnienia i natężenia przepływu (alternatywnie),
- zespołów dysz powietrzno-wodnych zraszania zewnętrznego oraz instalacji powietrzno-wodnej zraszania wewnętrznego.

Instalację zraszającą zasilano z chodnika podścianowego przez dwa przewody: wodny i powietrzny, prowadzone w zastawkach przenośnika ścianowego i w układaku kablowym. Do kombajnu wprowadzano je przez specjalny uchwyt kablowy. Na maszynie, za zaworami odcinającymi przewody wodne (poz. 10), i powietrzne (poz. 9), podzielono je na dwa obwody: zraszania zewnętrznego (poz. 7) i obwody zraszania wewnętrznego, realizowane za pomocą wytworzonej wcześniej, mieszanki powietrzno-wodnej (poz. 8).

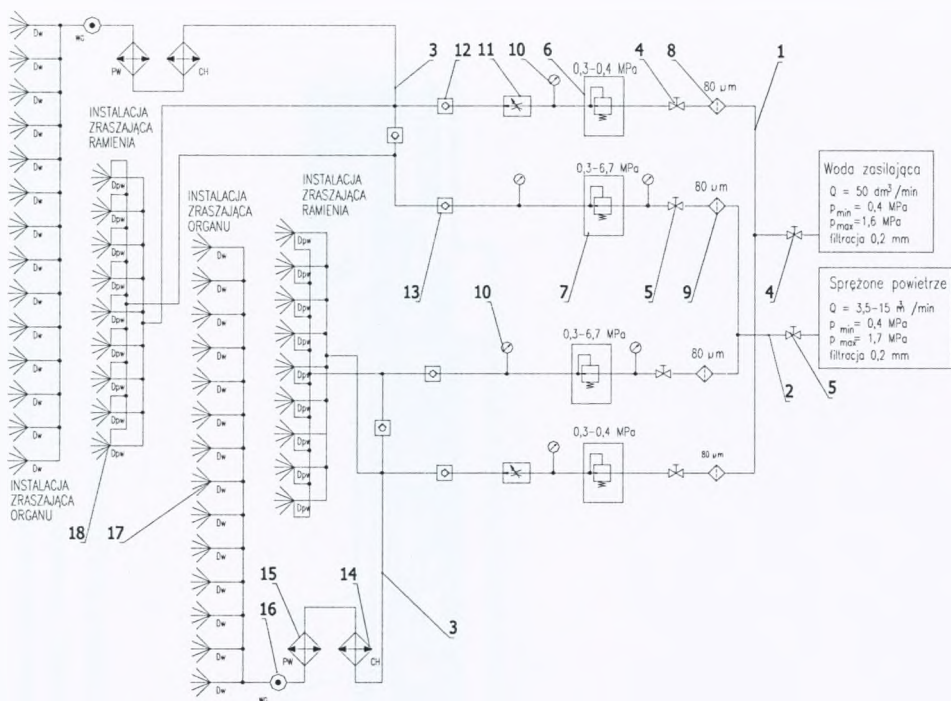
Obwód zraszania złożony jest z dwóch symetrycznych strumieni roboczych zasilających instalację zraszania lewej i prawej strony kombajnu. W każdej gałęzi zabudowano zawory odcinające, zawory redukcyjne, czujniki natężenia przepływu i filtry dokładne przeciwdziałające zatykaniu się dysz.

Instalacja zraszająca według rysunku 15 złożona z magistrali wodnej i powietrznej, przewidziana została do zabudowy na kombajnie ścianowym KSW-460NE z ramionami R200N. Obie części instalacji wyposażono w układ kontroli i sterowania oraz dysze jednoczynnikowe na organie i dwuczynnikowe na ramieniu kombajnu.



Rys. 14. Zewnętrzna instalacja zraszająca powietrzno-wodna

1 – sprężarka powietrza, 2 – pompa wodna, 3 – bateria filtrów wody i powietrza, 4 – przewody elastyczne, 5 – układak przewodów, 6 – instalacja wodna, 7 – obwód zraszania, 8 – obwód chłodzenia, 9 – instalacja powietrzna zraszania na ramionach kombajnu, 10 – instalacja wodna zraszania na ramionach kombajnu



Rys.15. Schemat instalacji powietrzno wodnej kombajnu KSW-460NE z ramionami R-200 N

1 – przewód wodny, 2 – przewód powietrzny, 3 – przewód mieszaniny powietrzno-wodnej, 4 – zawór odcinający wody, 5 – zawór odcinający powietrza, 6 – reduktor ciśnienia wody, 7 – reduktor ciśnienia powietrza, 8 – filtr wody, 9 – filtr powietrza, 10 – manometr, 11 – regulator przepływu wody, 12 – zawór zwrotny wody, 13 – zawór zwrotny powietrza, 14 – chłodnica oleju przekładni, 15 – płaszcz wodny silnika elektrycznego, 16 – przejście mieszaniny zraszającej przez wał główny, 17 – dysza jednoczynnikowa, 18 – dysza dwuczynnikowa

Podawane poprzez przewody (poz. 1 i 2) woda i sprężone powietrze po otwarciu zaworów odcinających (poz. 4 i 5), przepływają przez zawory redukcyjne (poz. 6 i 7), gdzie są redukowane wartości ciśnienia wody do wartości 0,3-0,4 MPa oraz powietrza do 0,3÷0,4 MPa. Woda i powietrze są filtrowane z zanieczyszczeń przez filtry (poz. 8 i 9). Ciśnienie powietrza jest kontrolowane przed i po jego redukcji manometrami (poz. 10), natomiast wartość ciśnienia wody jest kontrolowana manometrem (poz. 10), tylko po jego redukcji. Alternatywnie przewidywano zabudowę regulatora przepływu wody (poz. 11), celem wyeliminowania ewentualnych zaburzeń przepływu. Przed zespołami dysz przewidziano zabudowę zaworów zwrotnych wody (poz. 12) i powietrza (poz. 13) w celu uniknięcia przedostawania się powietrza do gałęzi wodnej

i wody do gałęzi powietrza. Woda i powietrze dostarczone niezależnymi przewodami do dysz, na każdym ramieniu kombajnu będą wymieszane w dyszach dwuczynnikowych (poz. 18) i tam, w postaci mieszaniny powietrzno-wodnej zostają wyrzucane w strefę urabiania, tworząc szczelną kurtynę, obejmującą organ urabiający z ładowarką. Do organu urabiającego woda i powietrze zostaną dostarczone, w postaci mieszaniny powietrzno-wodnej, przewodem (poz. 3) przez wał główny (poz. 16) i kanałami organu urabiającego do dysz jednoczynnikowych (poz. 17), z których skierowane są na noże urabiające organu urabiającego.

3.2. Parametry techniczne instalacji zraszającej

Parametry techniczne instalacji zraszającej dobrane zostały pod kątem możliwości dostarczenia mediów do przodku ścianowego oraz uzyskania skuteczności jej działania.

Ustalono, że korzystnym, kryterialnym parametrem technicznym (poza kryterium bezpieczeństwa) będzie zmniejszenie zapotrzebowania na wodę. Założono, że zmniejszenie ilości zużywanej wody będzie realizowane poprzez:

- obniżenie wartości ciśnienia wody w instalacji zraszającej,
- zastosowanie sprężonego powietrza, w celu obniżenia wydatku wody i jej rozdrobnienia do postaci aerozolu.

Zastosowanie sprężonego powietrza, nie tylko rozdrobni wodę i zwiększy powierzchnię kropel strumienia zraszającego, ale również nada strumieniowi właściwą energię wyrzutu wspomagając rozpraszanie ewentualnie nagromadzonego metanu, a tym samym zwiększy właściwości gaszenia.

Woda i sprężone powietrze będą wyrzucane wspólnie z dysz, w postaci aerozolu powietrzno-wodnego. Założono, że powstawanie mieszaniny następować będzie w:

- dyszach zraszania zewnętrznego,
- mieszalniku umieszczonym w maszynie.

Założono, że zasilanie w wodę i sprężone powietrze następować będzie z chodnika podścianowego, z wykorzystaniem rurociągu wodnego p.poż, (za pośrednictwem pompy) i sprężarki przodkowej (poprzez rurociąg sprężonego powietrza).

Wartości ciśnienia mediów będą redukowane do ustalonych za pomocą zaworów redukcyjnych. Założone parametry techniczne instalacji zraszającej powietrzno-wodnej przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Założone parametry techniczne instalacji zraszającej powietrzno-wodnej

Parametr	Wielkość
Rodzaj zraszania	powietrzno-wodne
Sumaryczna liczba dysz na kombajnie	~110 szt.
Liczba dysz jednoczynnikowych na organach urabiających	~90 szt.
Liczba dysz dwuczynnikowych na ramionach kombajnu	~18 szt.
Ciśnienie zasilania wody	0,5÷0,55 MPa
Wydatek wody na kombajnie	50÷75 dm ³ /min
Ciśnienie zasilania powietrza	0,5÷0,55 MPa
Wydatek powietrza na kombajnie	maks. 5 m ³ /min

W zależności od typu zastosowanych dysz oraz wartości ciśnienia zasilania mediów, będzie można wpływać na kształt strugi zraszającej oraz proporcje objętościowe wody i powietrza. Na podstawie analizy dotychczasowych prac badawczych [18, 29] przyjęto, że stosunek objętości wody do objętości powietrza powinien mieścić się w granicach 1:50÷1:370. Mając na uwadze fakt, że prąd świeżego powietrza będzie miał wpływ na zaburzenie kształtu i kierunku strugi oraz zapotrzebowanie na powietrze przyjęto, że stosunek objętości wody do objętości normalnej (niesprężonej) powietrza nie przekroczy 1:100.

Przyjęty stosunek objętości wody do objętości normalnej powietrza zawarto w granicach 1:65÷1:100. Pozwolił on zapewnić techniczne możliwości dostarczenia odpowiedniej ilości sprężonego powietrza.

Zastosowane dysze dwuczynnikowe zabudowane w liczbie 9 szt. na ramieniu kombajnu, będą spełniały funkcję zraszania zewnętrznego.

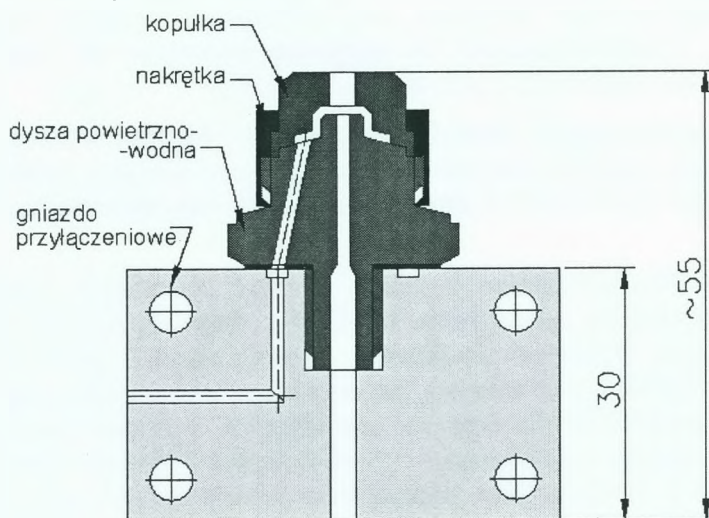
Z uwagi na konieczność zwiększenia niezawodności systemu zraszania powietrzno-wodnego zaproponowano wykorzystanie dwóch sprężarek w rejonie przodka i utrzymywanie dodatkowo jednej sprężarki w rezerwie.

Dla każdego ramienia kombajnu w instalacji przewidziano 9 dysz zraszania zewnętrznego, zużywających około 9 dm³/min wody. Zraszanie wewnętrzne przewiduje zużycie około 15÷25 dm³/min wody dla każdego organu. Sumaryczne zapotrzebowanie na wodę przewidziano w granicach 50÷70 dm³/min.

3.2.1. Parametry dysz zraszających

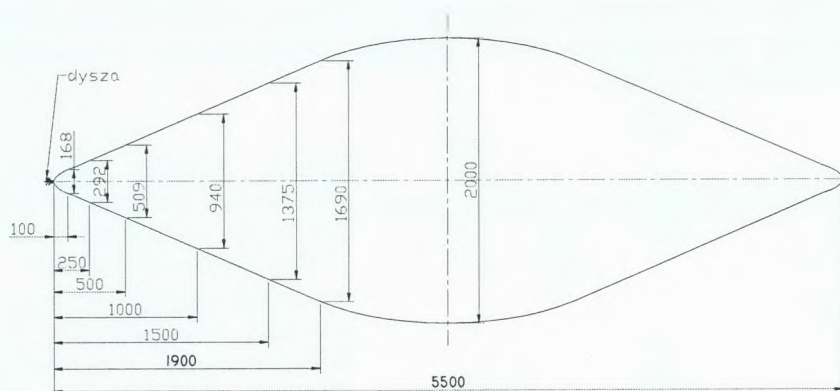
Zaproponowane do systemu zraszania dysze dwuczynnikowe BETE [5] lub Spraying Systems [46] mają postać konstrukcyjną, jak na rys.16. W dyszach przewidziano zasilanie w powietrze i wodę, które mieszane w dyszy są wyrzucane w postaci mgły. W zależności od

założonego zasięgu i rozpiętości strumienia (kształtu strugi) będzie można zamontować na dyszy różne typy kopulek, które pozwolą na zmianę charakterystyki strumienia.



Rys.16. Dysza (dwuczynnikowa) powietrzno-wodna z gniazdem przyłączeniowym

Przewidywaną geometrię strumienia zraszającego parametrów zraszania dyszy dwuczynnikowej SU26 (Spraying Systems) lub XA AD200 (BETE) wstępnie wytypowanych do zastosowania w proponowanej instalacji zraszania zewnętrznego przedstawiono na rysunku 17.



Rys.17. Strumień dyszy dwuczynnikowej powietrzno-wodnej typu SU26

Prezentowana dysza jest dyszą szerokostrumieniową. Typ dysz SU wytwarzał największą, spośród wytypowanych, objętość strumienia, osiągając kąt stożka strugi około 70° . Zasięg strumienia dla wymienionego typu dysz był mniejszy niż w dyszach o kącie $15+20^\circ$. Dysza

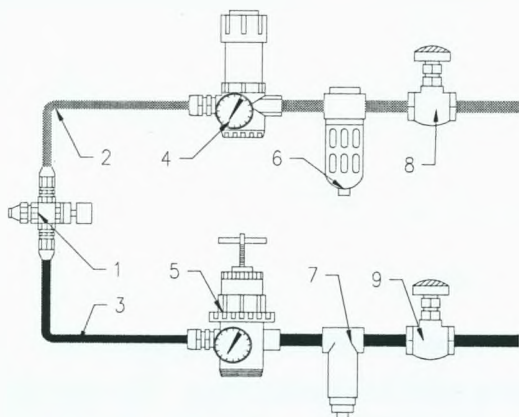
SU26 (XA AD200) została wytypowana z uwagi na możliwości dostarczenia odpowiedniej ilości sprężonego powietrza do kombajnu ściarnego. Dysza ta wymaga dostarczenia około $65\div 101 \text{ dm}^3/\text{min}$ powietrza w zależności od jego ciśnienia, przy założonym wydatku wody około $1 \text{ dm}^3/\text{min}$. Zapotrzebowanie na sprężone powietrze dla całego kombajnu wynosić będzie do $5 \text{ m}^3/\text{min}$.

Przy zastosowaniu dysz SU26 założono, że geometria strumienia zraszającego zapewni zraszanie szczelnym pierścieniem (wokół organu urabiającego i ładowarki) o zasięgu 1900 mm, niezaburzonego strumienia.

Dysze dwuczynnikiowe w liczbie 9 sztuk (pierwotnie założono 11 sztuk) umieszczone na ramieniu kombajnu, spełniały funkcję zraszania zewnętrznego. Założono dodatkowo funkcjonowanie powietrzno-wodnego wewnętrznego zraszania zanożowego, wykorzystującego dysze wodne zabudowane na organie urabiającym z zastosowaniem dysz o średnicy otworu wylotowego $\phi 1,5 \text{ mm}$. Dobór średnicy dysz na organie wynikał z konieczności zapewnienia ich drożności przy zraszaniu powietrzno-wodnym oraz w przypadku zastosowania zraszania wodnego, potrzeby zapewnienia właściwego ciśnienia w instalacji wodnej kombajnu.

3.2.2. Układ zasilania

W celu osiągnięcia założonych, stabilnych parametrów zasilania, przewidziano sterowanie wydatkiem ciśnienia obu mediów, poprzez zastosowanie odpowiednich regulatorów. Kontrolę parametrów instalacji zraszającej przewidziano m.in. poprzez zastosowanie manometrów glicerynowych (rys. 18).



Rys.18. Przykład sterowania strumieniem zraszającym przewidzianym w instalacji zraszania powietrzno-wodnego

1 – dysza dwuczynnikiowa, 2 – przewód pneumatyczny, 3 – przewód wodny, 4 – regulator ciśnienia powietrza, 5 – regulator ciśnienia wody, 6 – filtr powietrza, 7 – filtr wody, 8 – zawór odcinający powietrzny, 9 – zawór odcinający wodny

Przyjęto regulację parametrów powietrzno-wodnej instalacji zraszającej za pomocą regulatorów ciśnienia (zaworów redukcyjnych).

4. BADANIA SYSTEMU ZRASZANIA POWIETRZNO-WODNEGO

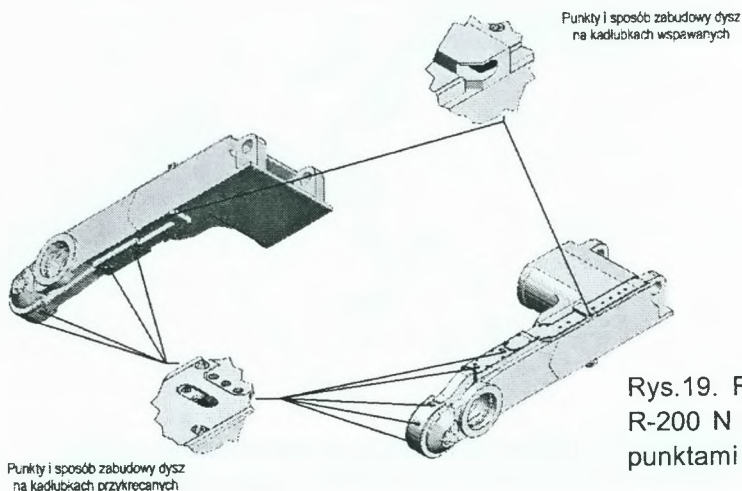
Dariusz Prostański, Piotr Rojek

4.1. Budowa instalacji zraszającej

Budowa instalacji zraszającej, w tym rozmieszczenia dysz jednoczynnikowych (dla zraszania wewnętrznego) na istniejącym organie urabiającym była identyczna jak w dotychczasowym systemie zraszania wodnego. Założono natomiast, że rozmieszczenie dysz dwuczynnikowych na ramieniu kombajnu będzie poprzedzone badaniami modelowymi i stanowiskowymi.

Z pomocą modeli komputerowych zaprojektowano wstępne rozmieszczenie dysz na ramieniu kombajnu, celem sprawdzenia stopnia pokrycia mieszaniną powietrzno-wodną przestrzeni otaczającej organ urabiający z ładowarką osłonową.

Umiejscowienie dysz dwuczynnikowych, powietrzno-wodnych na ramieniu kombajnu ścianowego miało zapewnić spełnienie przez instalację zraszającą funkcji właściwego zraszania. Po przyjęciu koncepcji zastosowania dysz szeroko-strumieniowych rozmieszczono je na ramieniu kombajnu, sprawdzając stopień pokrycia wytwarzanym aerozolem powietrzno-wodnym przestrzeni otaczającej organ urabiający z ładowarką osłonową. Po doprowadzeniu do prawidłowego rozmieszczenia dysz i odpowiedniego ukierunkowania strumieni dysz okazało się, że wystarczy zbudować 11 dysz dwuczynnikowych na ramieniu kombajnu (rys. 19), aby zapewnić całkowite pokrycie strefy urabiania mgłą powietrzno-wodną.



Rys.19. Ramię kombajnu R-200 N z wyznaczonymi punktami zabudowy dysz

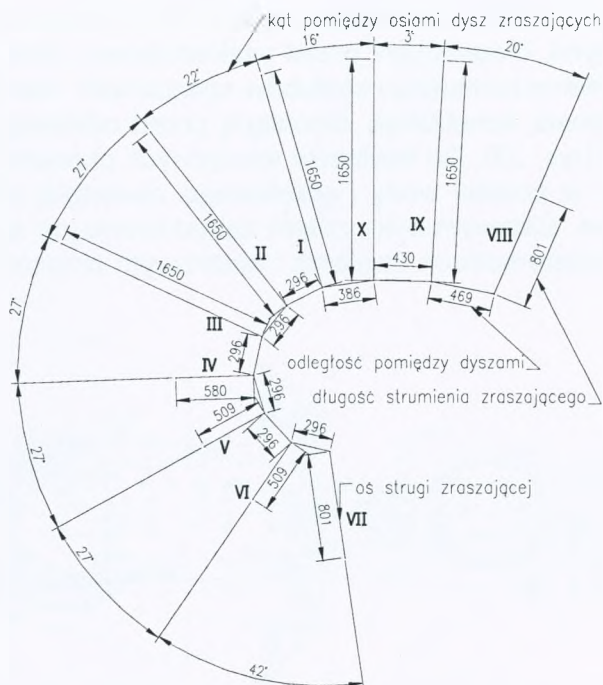
W celu sprawdzenia przewidywanego zakresu zraszania dysz zabudowanych na ramionach kombajnu, zamodelowano zewnętrzne zraszanie powietrzno-wodne w warunkach urabiania kombajnem: na ramieniu kombajnu z organem urabiającym (urabiającym przystopową część pokładu) oraz na ramieniu kombajnu z organem ładującym (ładującym i urabiającym przyspagową część pokładu). Symulację przeprowadzono dla pokładu o grubości 1,7+2,0 m (warunki KWK „Pniówek”).

W dalszej części pracy przedstawiono parametry geometryczne zewnętrznej instalacji zraszającej zabudowanej na ramionach kombajnu ścianowego. Określono długości osi strumieni zraszających (od dyszy do kontaktu z górotworem), kąty pomiędzy sąsiednimi osiami strumieni oraz odległości sąsiednich dysz. Dla organu ładującego założono dłuższe osie strumieni zraszających niż dla organu urabiającego, z uwagi na fakt, że zraszanie organu urabiającego powinno docierać do jeszcze nie urobionej calizny. Natomiast zraszanie organu ładującego powinno docierać do urobionej już calizny węglowej. Kąty pomiędzy osiami strumieni zraszających i odległości między dyszami były w obu ramionach jednakowe.

Na rysunkach 20 i 21 przedstawiono własności geometryczne zewnętrznej instalacji zraszającej, zabudowanej na ramionach kombajnu ścianowego. Oznaczono na nich długości osi strumieni zraszających (od dyszy do kontaktu z górotworem), kąty pomiędzy sąsiednimi osiami strumieni i odległości sąsiednich dysz.

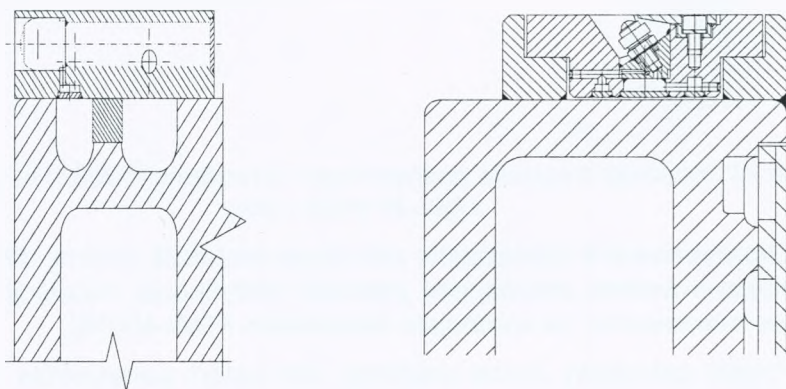


Rys.20. Strefa zraszania zewnętrznego mgłą powietrzno-wodną organu urabiającego ϕ 1600 mm atakującego z ładowarką z ramienia R-200 N



Rys.21. Strefa zraszania zewnętrznego mgłą powietrzno-wodną organu urabiającego ϕ 1600 mm ładującego z ładowarką z ramienia R-200 N

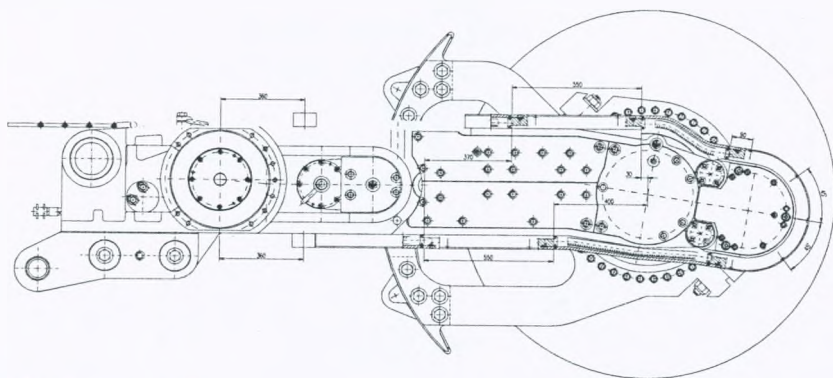
Sposób zasilania i mocowania dysz zraszających zraszania zewnętrznego na ramionach kombajnu decyduje o trwałości instalacji zraszającej. Założono zatem mocowanie dysz dwuczynnikowych zraszania zewnętrznego w specjalnych kadłubach (poprzez element mocujący, stanowiący ich przedłużenie), przykręcanych do korpusu ramienia kombajnu (rys. 22).



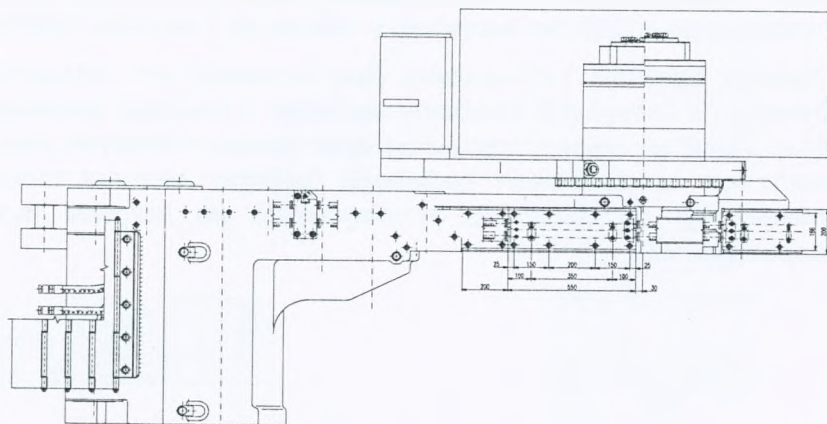
Rys.22. Sposób mocowania instalacji zraszania zewnętrznego na ramieniu R-200 N

Założono, że kadłuby specjalne połączone będą ze sobą przewodami elastycznymi, chronionymi przed uszkodzeniem przez osłony mocowane do ramienia kombajnu i kadłubów specjalnych. Całość stanowiła zwartą i wytrzymałą konstrukcję chroniącą przed oddziaływaniem urabianego węgla (rys. 23). Do kadłubów specjalnych przewidziano dostarczanie mediów w postaci wody i sprężonego powietrza poprzez przewody elastyczne. Celowym było, zatem zabudowanie na ramieniu dysz o jednakowych parametrach zasilania i stożkowym przekroju poprzecznym strugi.

a)



b)



Rys.23. Instalacja zraszania zewnętrznego na ramieniu R-200 N a) widok z tyłu, b) widok z góry

Zaproponowane rozwiązanie zabudowy instalacji wodnej chłodzącej i powietrzno-wodnej zraszającej stanowi modyfikację instalacji wodnej seryjnie montowanej na kombajnie ścianowym KSW-460NE.

Projekt zabudowy został oceniony, pod kątem parametrów i warunków KWK „Pniówek”, a w szczególności ściany W-9, w której przewidziano badania eksploatacyjne.

W celu weryfikacji przeanalizowano zasadę działania instalacji powietrzno-wodnej. Przeanalizowano możliwość wykorzystania różnych wariantów zraszania, oceniono poprawność wykonania projektu, zabudowy oraz doboru średnic przewodów instalacji, jak również i rozmieszczenie dysz zraszających na ramionach kombajnu.

Projekt zabudowy instalacji powietrzno-wodnej, w tym dysz na ramionach R-200N kombajnu KSW-460NE, został sprawdzony za pomocą symulacji komputerowych przedstawionych w pkt. 4.2.1. monografii.

Utworzono baterie dysz. Każda z dysz posiadała dwa miejsca zasilania: w wodę i w sprężone powietrze. Baterie dysz przytwierdzono do ramienia kombajnu. W dolnej powierzchni baterii dysz wykonano kanały zasilające, łączące poszczególne punkty zasilania dysz. Baterie dysz połączono przewodami giętkimi, które zabezpieczono pokrywami przykręcanymi do ramienia kombajnu. Taki sposób zabudowy dysz, oprócz ochrony przed przypadkowymi uszkodzeniami związanymi z eksploatacją umożliwił szybkie i łatwe prace konserwacyjne oraz serwisowe.

Założono zasilanie w wodę z agregatu pompowego zabudowanego w chodniku (np. ZW-50 „POWEN”) i filtrację wody za pomocą baterii filtrów samoczyszczących (np. Sibach) tj: filtra zgrubnego ($500\ \mu\text{m}$), filtra dokładnego ($100\ \mu\text{m}$) oraz filtra rewersyjnego. Przyjęto, że dostarczana, jednym przewodem, woda będzie rozdzielona dopiero na kombajnie (na układ chłodzenia i zraszania). Przewidziano również zastosowanie zraszania zewnętrznego powietrzno-wodnego jako dodatkowego, które uzupełniało zraszanie wodne zanożowe. Zastosowanie zraszania zewnętrznego i wewnętrznego powietrzno-wodnego oraz doprowadzenie wody do układu chłodzenia przewidziano na poziomie około $100\ \text{dm}^3/\text{min}$ wody. W przypadku użycia wody chłodzącej do zraszania, wymagane będzie około $70\ \text{dm}^3/\text{min}$ wody, w tym zraszanie zewnętrzne powietrzno-wodne około $20\ \text{dm}^3/\text{min}$ wody, a zraszanie wewnętrzne powietrzno-wodne do $50\ \text{dm}^3/\text{min}$ wody.

Projekt przewidywał zasilanie w sprężone powietrze ze sprężarki z filtrem powietrza $100\ \mu\text{m}$ oraz wyposażenie instalacji w zawory redukcyjne powietrza, z filtrami z automatycznym spustem (samoczyszczące). Założono dostarczanie powietrza do kombajnu jednym przewodem w ilości maksymalnej $11,4\ \text{m}^3/\text{min}$. Przyjęto, że zapotrzebowanie w powietrze dla instalacji zewnętrznej powietrzno-wodnej nie powinno przekroczyć $2,2\ \text{m}^3/\text{min}$, a dla zraszania powietrzno-wodnego wewnętrznego $3,3\ \text{m}^3/\text{min}$ (w przypadku jego zastosowania).

Oceniając instalację powietrzną zwrócono uwagę, na prawidłowy dobór sprężarki z uwagi na przewidywany wydatek powietrza. Założono dwukrotnie większą wydajność sprężarki, w stosunku do zapotrze-

Opis działania instalacji wraz ze schematem instalacji powietrzno-wodnej kombajnu ściadowego KSW-460NE przedstawiono na rysunku 24.



Ważnym elementem instalacji jest możliwość jej działania w różnych konfiguracjach:

- powietrzno-wodnej zewnętrznej i wodnej wewnętrznej oraz wylew na drabinkę wody chłodzącej,
- powietrzno-wodnej wewnętrznej i zewnętrznej oraz wylew na drabinkę wody chłodzącej,
- wodnej zewnętrznej i wodnej wewnętrznej oraz wylew na drabinkę wody chłodzącej.

Wielowariantowość przepływu wody zraszającej, zarówno w zakresie wydatków, jak i dróg przepływu podyktowana była optymalnym sposobem prowadzenia instalacji wodnej.

W ramach projektu zabudowy instalacji zraszającej dokonano korekty, rezygnując z zabudowy dwóch dysz dwuczynnika na spodzie ramion, z uwagi na ich częsty kontakt z urobionym węglem. Rozmieszczenie dysz w górnej i walcowej części ramienia nie budziło zastrzeżeń, natomiast w przypadku dysz zraszających umieszczonych w dolnej części ramienia wzięto pod uwagę wariant ich zamocowania w górnej części i skierowania strumienia zraszającego w kierunku dolnych części organu.

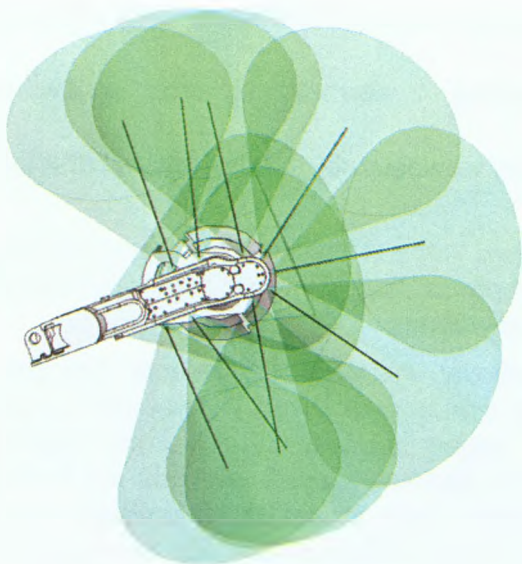
W celu minimalizacji oporów przepływu mediów ustalono, że powietrze i wodę należy dostarczać przewodem DN50 mm, w części stałej i DN32 mm, w części ruchomej. Z przyczyn technicznych nie przewidziano zastosowania większych średnic przewodów.

4.2. Badania modelowe

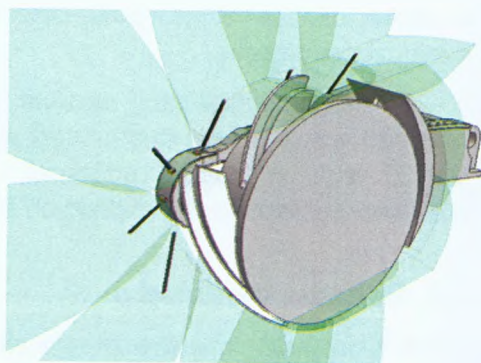
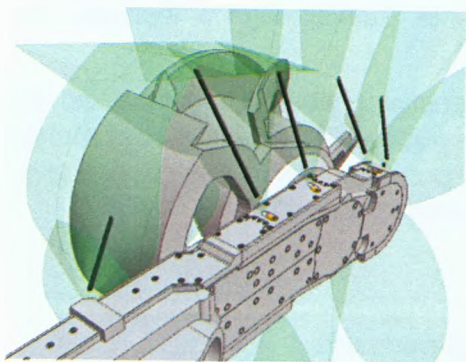
4.2.1. Komputerowa symulacja stref zraszania

W celu sprawdzenia zakresu strefy zraszania dla zbudowano model i dokonano symulacji ww. procesu dla warunków urabiania kombajnem ścianowym z różnymi typami ramion. Przykłady symulacji stref zraszania dla przyjętych modeli pokazano na rysunkach 25, 26 i 27. Symulację przeprowadzono dla pokładów o grubości 1,7+2,0 m (w KWK „Pniówek”) i średnicy organu 1,6 m.

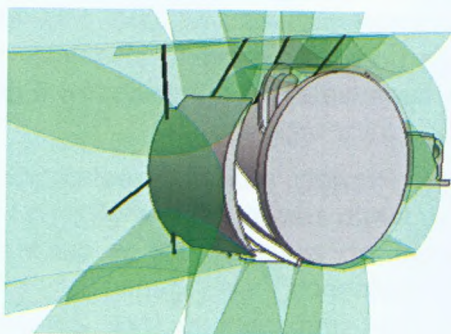
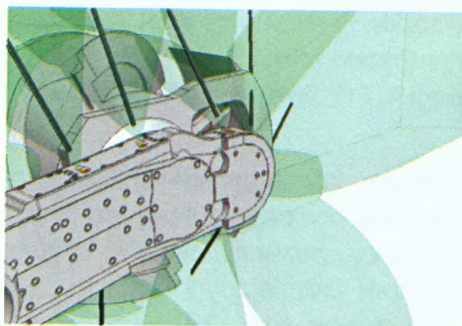
Przyjęty model przestrzenny strumieni zraszających powietrzno-wodnego zraszania zewnętrznego z ramienia kombajnu, z organem urabiającym zawręzionym w caliznie węglowej, pozwolił określić z dużą dokładnością, wymagane długości strumieni zraszających na ramieniu organu urabiającego (rys. 28) oraz ładującego (rys. 29). Przeprowadzona symulacja pozwoliła uzyskać informację o zmiennej długości strumieni zraszających, w zależności od położenia organu i ładowarki oraz ramienia względem ściany i kierunku urabiania.



Rys.25. Model zraszania zewnętrznego mgłą powietrzno-wodną organu urabiającego ϕ 1600 mm z ładowarką z ramienia R-200 N

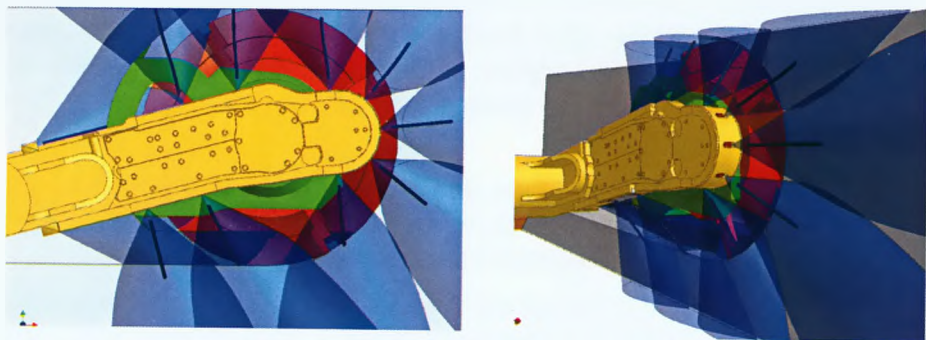


Rys.26. Model zraszania zewnętrznego mgłą powietrzno-wodną organu urabiającego ϕ 1600 mm z ładowarką z ramienia R-200N

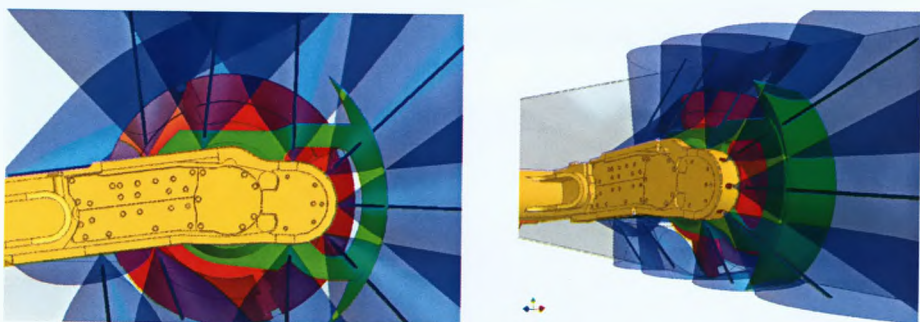


Rys.27. Model zraszania zewnętrznego mgłą powietrzno-wodną organu ładującego ϕ 1600 mm z ładowarką z ramienia R-200N

Dysponując dodatkowo informacją o kształcie strumienia zraszającego dyszy SU 26 (Spraying Systems) lub AD 200 (Bete) [5, 46] możliwe było zamodelowanie szczelnej kurtyny powietrzno-wodnej otaczającej organ urabiający i uniemożliwiającej ewentualny zapłon metanu na skutek powstających iskier od noży urabiających.



Rys.28. Model zraszania zewnętrznego mgłą powietrzno-wodną zawrębnego organu urabiającego ϕ 1600 mm urabiającego z ładowarką z ramienia R-200N



Rys.29. Model zraszania zewnętrznego mgłą powietrzno-wodną zawrębnego organu ładującego ϕ 1600 mm z ładowarką z ramienia R-200N

Badania symulacyjne pozwoliły ustalić również miejsca zamocowania dysz dwuczynninkowych oraz określić kąty ustawienia dysz względem osi organu urabiającego i płaszczyzn ramienia organu urabiającego.

Wizualizacja procesu zraszania zewnętrznego ułatwiła opracowanie projektu technicznego instalacji zraszającej oraz pozwoliła określić zakres badań stanowiskowych na modelu ramienia kombajnu i obiekcie rzeczywistym.

4.2.2. Badania modelu instalacji zraszającej

W kolejnym etapie pracy wykonano model ramienia R-200N, na którym zabudowano dysze zraszające stanowiące zasadniczą część instalacji zraszającej powietrzno-wodnej. Opracowany model, ze wzglę-

dów ekonomicznych i organizacyjnych, zbudowano w postaci modelu drewnianego wyposażonego w dysze dwuczynnikiowe SU26 przewidziane do zastosowania w ramionach kombajnu KSW-460NE. Takie podejście do badań modelowych umożliwiło łatwe korygowanie miejsca i sposobu zabudowy dysz zraszających na ramieniu kombajnu. Oprócz modelu ramienia zbudowano model organu urabiającego o średnicy ϕ 1600 mm, z ładowarką. Oba modele umożliwiły symulację warunków eksploatacyjnych ramienia i organu z ładowarką, a także umożliwiły korektę ustawienia ładowarki lub zmianę średnicy organu, jeszcze w fazie badań stanowiskowych.

W ramach niniejszego etapu zbudowano również stanowisko badawcze, w skład którego, oprócz modelu ramienia z organem i ładowarką, wchodziła również aparatura badawczo-pomiarowa.

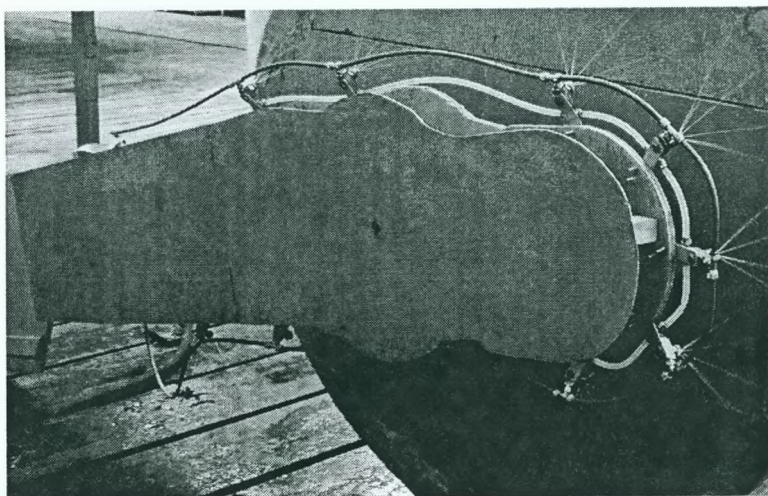
Istotnym elementem badań było sprawdzenie skuteczności zraszania i tworzenie szczelnej kurtyny wokół organu urabiającego, przy założonych parametrach zraszania.

Model ramienia w formie makiety drewnianej ustawiono w tunelu foliowym, o przekroju prostokąta, o wymiarach 2,8x4,0 m i długości 10,0 m (rys. 30).



Rys.30. Widok modelu organu urabiającego

Na modelu ramienia, zamontowano elementy instalacji zraszającej (tj. dysze i przewody doprowadzające wodę i powietrze – rysunek 31). Dysze zamocowano w gniazdach połączonych ze sobą przewodami giętkimi i przymocowano, za pomocą śrub, do płyty modelu ramienia.



Rys.31. Model drewniany ramienia R200N z organem urabiającym

Zasilanie w powietrze realizowane było za pomocą kompresora, z zaworem bezpieczeństwa, o wartości ciśnienia 0,6 MPa. Zasilanie w wodę realizowano poprzez pompę wirową.

Wodę dostarczono do układu badawczego poprzez zawór redukcyjny. W celu pozbycia się nadmiaru wody, jak również zabezpieczenia układów: zraszającego i chłodzenia, zabudowano przed zaworem redukcyjnym upust wody regulowany zaworem kulowym.

W skład stanowiska badawczego (rys. 32) wchodziły dodatkowo:

- regulator ciśnienia powietrza z filtrem i manometrem,
- zawór odcinający wody,
- zawór odcinający powietrze

oraz czujniki:

- przepływu wody,
- przepływu powietrza,
- ciśnienia powietrza i wody.

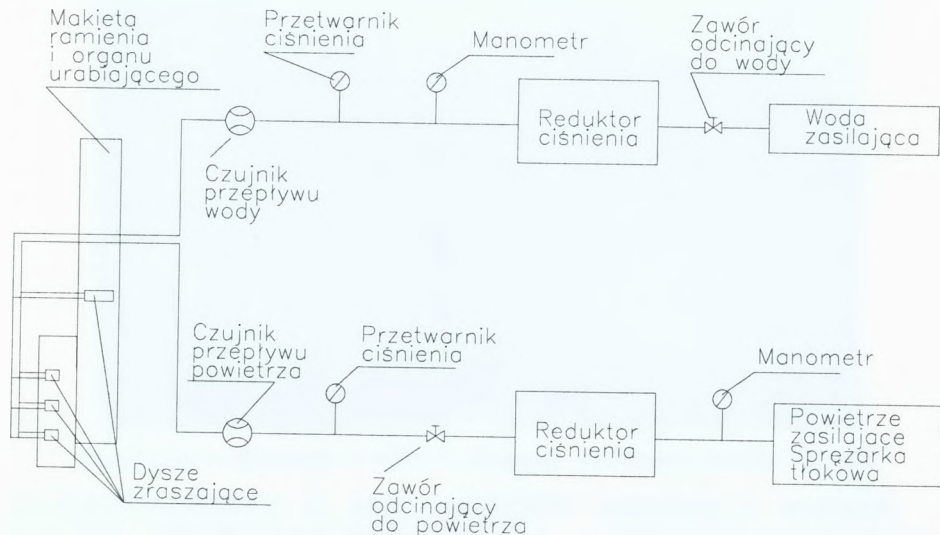
Rejestrację i archiwizację danych pomiarowych dokonywano na bieżąco za pomocą oprogramowania CATMAN przy użyciu rejestratora komputerowego.

Regulując wartości ciśnienia powietrza i wody kształtowano strugę zraszającą oraz ustalono proporcje objętościowe wody i powietrza. Przyjęto, że stosunek objętości wody do objętości normalnej (nie sprężonej) powietrza powinien mieścić się w granicach od 1:65 do 1:100.

Podczas badań mierzono następujące parametry:

- ciśnienie zredukowane wody,
- ciśnienie zredukowane powietrza,

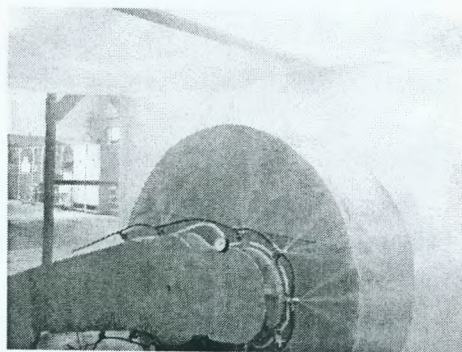
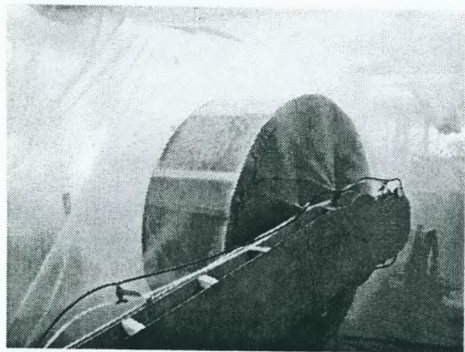
- przepływ powietrza,
- przepływ wody.



Rys.32. Schemat stanowiska badawczego

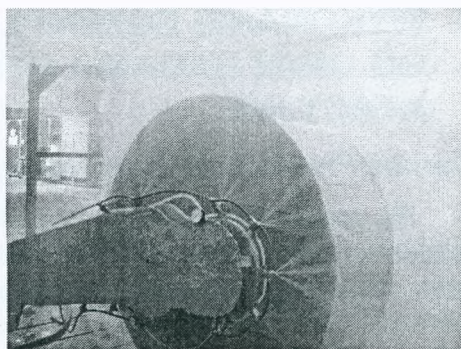
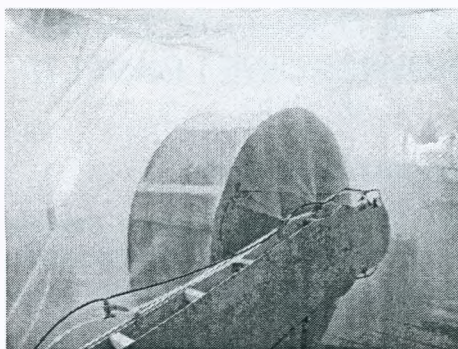
Ciśnienie wody i sprężonego powietrza zmieniano w zakresach: wody $0,29 \pm 0,41$ MPa oraz sprężonego powietrza $0,29 \pm 0,41$ MPa. Mierzono także spadki ciśnienia pomiędzy zaworami redukcyjnymi po redukcji ciśnienia mediów a poszczególnymi dyszami.

Przykłady wizualizacji działania instalacji zraszania powietrzno-wodnego dla ustalonych wartości ciśnienia wody i powietrza przedstawiono na rysunkach 33 do 35.

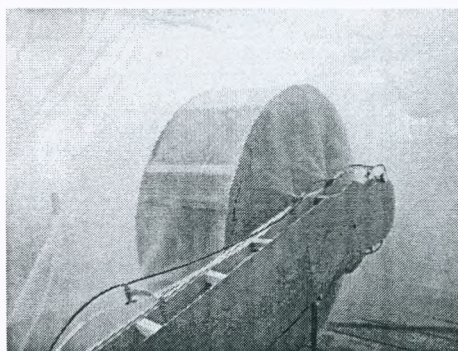


Rys.33. Strumień zraszania zewnętrznego powietrzno-wodnego. Ciśnienie wody $p_w = 0,4$ MPa, ciśnienie powietrza $p_p = 0,39$ MPa

Przeprowadzone badania powietrzno-wodnej instalacji zraszającej, zabudowanej na modelu, pozwoliły uzyskać informację na temat sposobu działania zraszania i zabudowy instalacji.



Rys.34. Strumień zraszania zewnętrznego powietrzno-wodnego. Ciśnienie wody $p_w = 0,4$ MPa, ciśnienie powietrza $p_p = 0,4$ MPa



Rys.35. Strumień zraszania zewnętrznego powietrzno-wodnego. Ciśnienie wody $p_w = 0,41$ MPa, ciśnienie powietrza $p_p = 0,41$ MPa

Przeprowadzone badania, dla wybranych kombinacji wartości ciśnienia wody i powietrza przy zasilaniu 11 dwuczynnikowych dysz zraszających, wykazały, że zapotrzebowanie w wodę wynosi od $6 \div 11$ dm³/min, a sprężonego powietrza od $650 \div 1500$ dm³/min.

Na podstawie badań stwierdzono, że poprawna, wytworzona mieszanina powietrzno-wodna występuje dla różnych proporcji ciśnienia wody i sprężonego powietrza, jednak dobór wartości ciśnienia zasilania należy dokonywać indywidualnie, dla określonych warunków, mając na uwadze zasięg strumieni oraz zapewnienie zapotrzebowania w wodę i sprężone powietrze. Podczas badań zaobserwowano, występowanie różnic ciśnienia, wody jak i sprężonego powietrza, pomiędzy ciśnieniem zredukowanym, w okolicy zaworu redukcyjnego, a ciśnieniem, w pobliżu dysz wynoszące około 0,1 MPa, niezależnie od zadanej wartości ciśnień na zaworach redukcyjnych. Badania pozwoliły na podjęcie decyzji o rezygnacji z zabudowy dwóch dysz zamontowanych w dolnej części ramienia. Podczas prób stwierdzono, że dolne dysze będą narażone na uszkodzenia i ich działanie będzie znacznie ograniczone.

5. WYKONANIE EGZEMPLARZA DOŚWIADCZALNEGO ORAZ BADANIA STANOWISKOWE I EKSPLOATACYJNE

Dariusz Prostański, Piotr Rojek, Janusz Sedlaczek

Po zakończeniu badań symulacyjnych i stanowiskowych modelu ramienia z powietrzno-wodną instalacją zraszającą, określono docelowe dane techniczne instalacji zraszającej (tabela 2) i opracowano dokumentację techniczną powietrzno-wodnej instalacji zraszającej (rys. 36).

Tabela 2

Dane techniczne zespołu instalacji zraszającej ramienia

Lp.	Nazwa	Charakterystyka
1	Typ dysz	Powietrzno-wodne
2	Producent	Spraying Systems
3	Medium zasilające	Woda + sprężone powietrze
4	Liczba dysz na ramieniu	9 sztuk
5	Ciśnienie zredukowane wody	0,3÷1,0 MPa
6	Ciśnienie zredukowane powietrza	0,3÷0,6 MPa
7	Wydatek wody do zraszania	około 1 dm ³ /min (na 1 dyszę)
8	Wydatek powietrza	60÷100 dm ³ /min (na 1 dyszę)

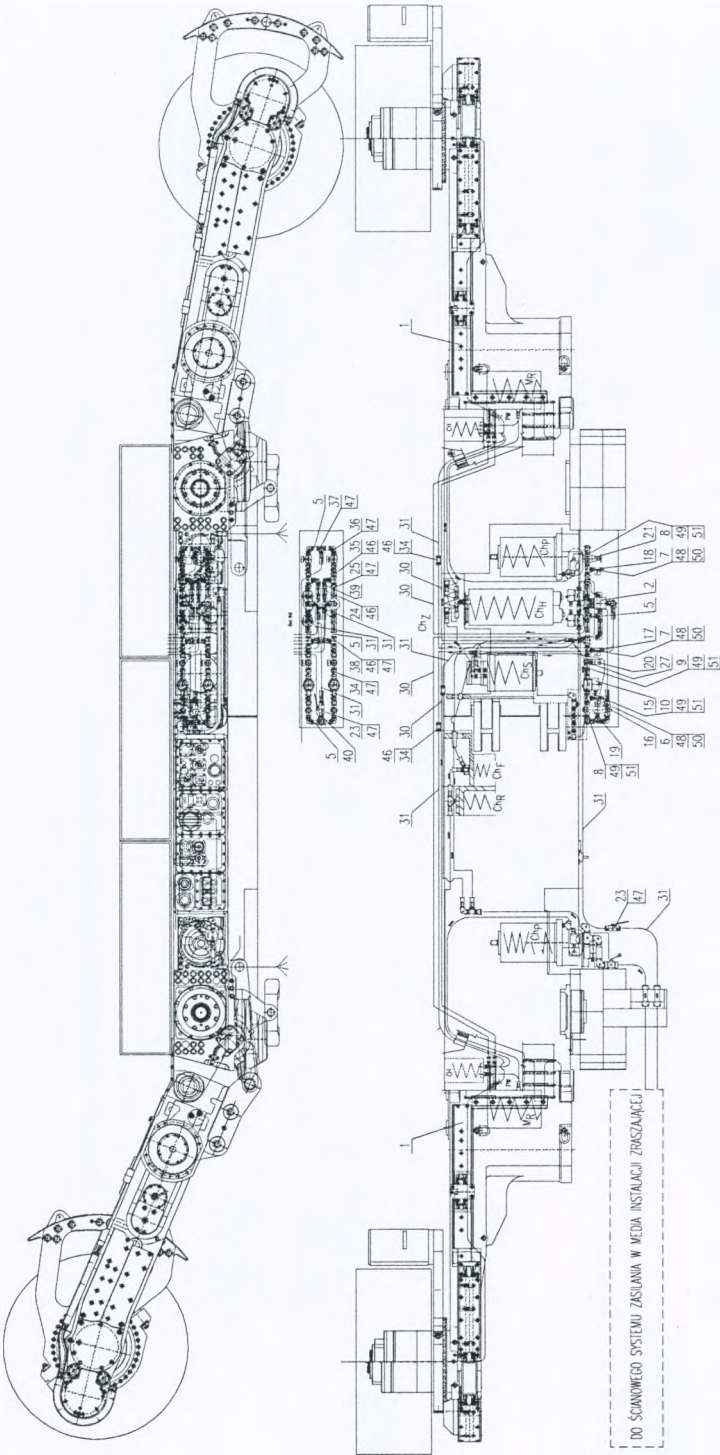
Na rysunku 36 pozycję 1 stanowi zespół „Instalacja zraszająca ramienia”, który zawiera instalację odbiorczą zraszania zewnętrznego powietrzno-wodnego w całości zabudowaną na ramionach: prawym i lewym. W jej skład wchodzi po 9 dysz mocowanych na każdym z ramion zasilanych niezależnie powietrzem i wodą, odpowiednio połączonych i osłoniętych.

Pozycja 2 to „Mieszalnik powietrza i wody 20-20-20”, który jest elementem służącym do wytworzenia mieszaniny powietrza i wody celem doprowadzenia jej do organu urabiającego.

Pozostałe elementy (poz. 5÷10, 15÷18, 19÷21, 23÷25, 27, 30÷31, 34÷40 oraz 46÷51) stanowią część instalacji znajdującą się na kombajnie, odpowiedzialną za właściwe rozprowadzenie obydwu mediów.

Instalacja zraszająca kombajnu umożliwiła przeprowadzenie prób i badań w dwóch wariantach:

- I. Zraszanie powietrzno-wodne zewnętrzne i wewnętrzne oraz wpływ wody chłodzącej na drabinkę przenośnika (V_{O1} – zamknięty, V_{OW} – główny wodny otwarty, V_{OP} – główny powietrzny otwarty).
- II. Zraszanie wodne zewnętrzne i wewnętrzne oraz wpływ wody chłodzącej na drabinkę przenośnika (V_{O1} – otwarty, V_{OW} – główny wodny otwarty, V_{OP} – główny powietrzny zamknięty).

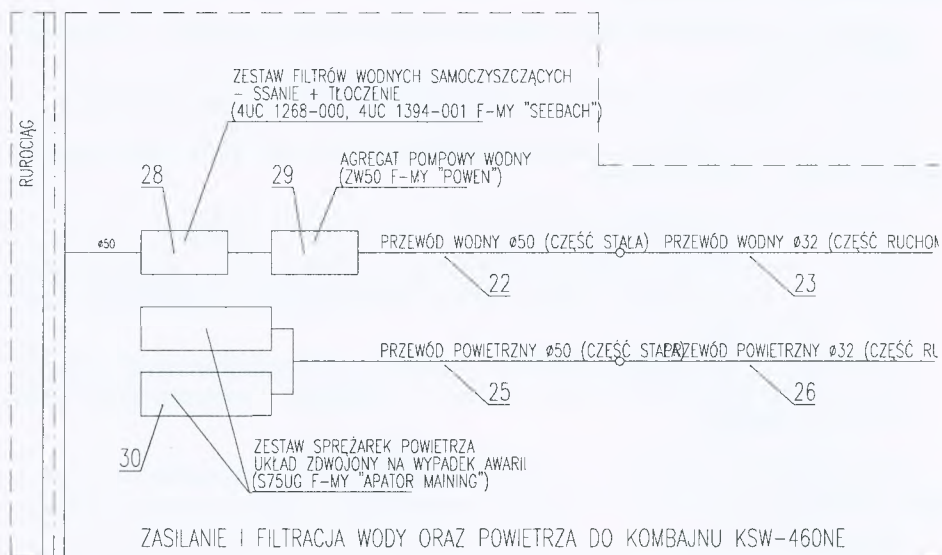


Rys.36. Instalacja zraszająca kombajnu

Schemat instalacji przedstawiono na rysunku 37.

Układ zasilania w media instalacji zraszającej kombajnu KSW-460NE (rys. 38) stanowi integralną część dokumentacji technicznej „Instalacja zraszania kombajnu KSW-460NE”. Na rysunku 38 wyszczególniono poszczególne elementy układu zasilania w media instalacji zraszającej kombajnu z uwzględnieniem następujących pozycji:

22. Wąż wodny DN50 (część stała) 200 mb,
23. Wąż wodny DN32 (część ruchoma) 200 mb,
25. Wąż powietrzny DN32 (część ruchoma) 200 mb,
26. Wąż powietrzny DN50 (część stała) 200 mb,
28. Zestaw filtrów wodnych samoczyszczących (4UC 1268-000, 4UC 1394-001),
29. Agregat pompowy wodny ZW50/10,
30. Sprężarka powietrza PAS-75.



Rys.38. Układ zasilania w media

Parametry techniczne urządzeń zasilających powietrzno-wodnej instalacji zraszającej, ustalono na podstawie badań stanowiskowych (tabela 3).

Tabela 3

Dane techniczne urządzeń zasilających instalację powietrzno-wodną zraszania

Lp.	Nazwa	Charakterystyka
1	Sposób dostarczenia sprężonego powietrza	Sprężarka przodkowa
2	Typ sprężarki	PAS-75
3	Producent sprężarki	Woda + sprężone powietrze
4	Maksymalne ciśnienie zasilania	0,7 MPa
5	Maksymalny wydatek	11,4 m ³ /min
6	Sposób dostarczenia wody	Z rurociągu p.poż poprzez pompę ZW-50
7	Ciśnienie wody	> 1,0 MPa
8	Maksymalna ilość wody dostarczana do kombajnu	300 dm ³ /min

5.1. Egzemplarz doświadczalny

Egzemplarz doświadczalny instalacji zraszającej składał się z dwóch podstawowych elementów:

- zespołu przewodów i dysz zabudowanych na ramionach kombajnu ścianowego,
- układu sterowania i kontroli zabudowanego w kadłubie kombajnu.

Obie części instalacji zostały wykonane w ZZM S.A. wraz z adaptacją kombajnu KSW-460NE.

W instalacji zraszającej założono dwa warianty działania:

- zraszanie wodne, wysokociśnieniowe² wewnętrzne, przez organ, (ciśnienie min. 2 MPa) wspomagane zewnętrznym zraszaniem wodnym z ramienia,
- zraszanie mieszaniną powietrzno-wodną niskociśnieniową³ (ciśnienie poniżej 0,6 MPa), zewnętrzne, z ramienia i wewnętrzne przez organ urabiający.

Przewidziano również możliwość zastosowania zraszania wewnętrznego wodnego, z powietrzno-wodnym zraszaniem zewnętrznym z ramion.

Wykonana instalacja powietrzno-wodna była pierwszą zabudowaną na kombajnie ścianowym i przygotowaną do warunków eksploatacji w kopalniach węgla kamiennego zagrożonych zapłonem metanu i wybuchem pyłu węglowego. Innowacyjność tego rozwiązania polegała na tym, że do zraszania wykorzystywano mieszaninę wody i sprężonego powietrza, która powoduje wielokrotne zwiększenie powierzchni zrasza-

² Zraszanie wysokociśnieniowe jest określeniem umownym.

³ Zraszanie niskociśnieniowe jest określeniem umownym.

nia, a tym samym poprawia warunki tłumienia zapylenia i ewentualnego gaszenia metanu oraz niedopuszczania do jego zapłonu.

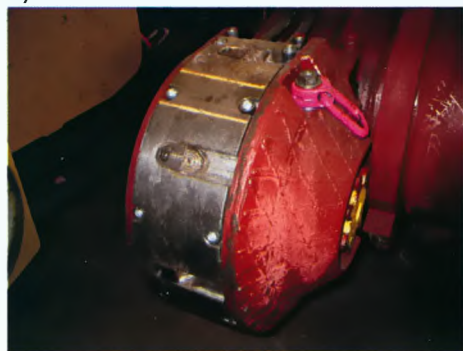
Wykonanie instalacji zraszającej wraz z dostosowaniem kombajnu ścianowego KSW-460NE polegało na:

- wykonaniu kombajnu KSW-460NE z układem sterowania powietrzno-wodną instalacją zraszającą,
- dostosowaniu ramion R-200N do zabudowy dwuczynnikowych dysz zraszających,
- instalacji zraszającej m.in.: sprężarek, dysz, pompy wodnej, przewodów wodnych, pneumatycznych, elektrycznych,
- kompletacji urządzeń współpracujących.

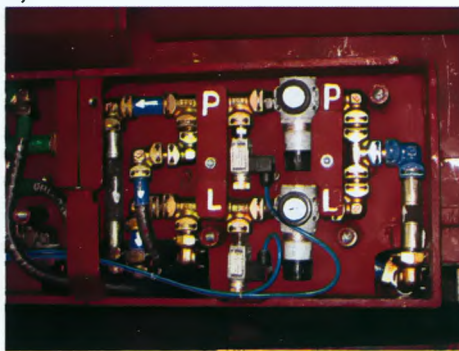
W ramach prac prowadzono ciągłą obserwację oraz korektę dokumentacji technicznej uwzględniającą uwagi wykonawcy i użytkownika kombajnu KSW-460NE, tj. Zabrzańskich Zakładów Mechanicznych S.A.

Na rysunkach 39 do 41 przedstawiono, wykonany, doświadczalny układ sterowania i kontroli powietrzno-wodnej instalacji zraszającej oraz ramię kombajnu KSW-460NE z zabudowaną instalacją zraszającą.

a)



b)



Rys.39. Widok elementów instalacji zraszającej: a) baterie dysz na ramieniu, b) układ sterowania i kontroli instalacji



Rys.40. Widok ramienia z instalacją zraszającą od strony organu



Rys.41. Widok na baterię dysz zraszających powietrzno-wodnych

5.2. Badania stanowiskowe doświadczalnej instalacji zraszającej

Po wykonaniu i zabudowie powietrzno-wodnej instalacji zraszającej na kombajnie KSW-460NE przystąpiono do badań stanowiskowych egzemplarza doświadczalnego (rys. 42).



Rys.42. Ramię kombajnu KSW 460 NE z instalacją zraszania powietrzno-wodnego

Badania przeprowadzono w laboratorium Kopalni Doświadczalnej „Barbara” Głównego Instytutu Górniczego, z uwagi na wieloletnie doświadczenie w prowadzeniu badań związanych ze zwalczaniem zagro-

żeń powstawania zapłonu metanu i wybuchu pyłu węglowego. W badaniach współuczestniczyli przedstawiciele producenta, tj. ZZM S.A. oraz użytkownika, tj. JSW S.A. – KWK „Pniówek” [21, 22]. Badania prowadziły zespoły badawcze z KD „Barbara” i CMG KOMAG, według opracowanego programu badań, na stanowisku wykonanym według projektu CMG KOMAG. Całość badań koordynowali specjaliści z CMG KOMAG.

Badania miały na celu sprawdzenie skuteczności działania powietrzno-wodnej instalacji zraszania, dla warunków stosowania w eksploatacji ścianowej w KWK „Pniówek” oraz jej skuteczności w niedopuszczeniu do zapłonu metanu.

Badania powietrzno-wodnej instalacji zraszającej miały potwierdzić co najmniej taką samą zdolność zapobiegania zapłonom gazu jak i gaszenia płomienia palnej mieszaniny gazowej, jak klasyczne zraszanie wodne.

Obiektem badań było ramię R-200N kombajnu, wraz z organem i silnikiem. Ramię było wyposażone w instalację zraszania zewnętrznego z dyszami dwuczynnikiowymi, a organ urabiający w instalację zraszania wewnętrznego.

Badania skuteczności działania instalacji zraszania powietrzno-wodnego zostały zrealizowane w następujących etapach:

- ustalenie optymalnych parametrów zasilania dla warunków eksploatacji górniczej, takich jak:
 - ciśnienie wody,
 - ciśnienie powietrza,
 - przepływ wody,
 - przepływ powietrza,
 - jednolity obłok zraszający, charakteryzujący się bardzo dużym rozdrobnieniem kropeł i zasięgiem działania.
- próby gaszenia palnej mieszaniny gazowej za pomocą zraszania powietrzno-wodnego – pomiar czasu gaszenia,
- próby gaszenia palnej mieszaniny gazowej za pomocą zraszania wodnego – pomiar czasu gaszenia,
- próby zapobiegania powstania zapłonu gazowej mieszaniny palnej, przy zraszaniu powietrzno-wodnym,
- próby zapobiegania powstania zapłonu gazowej mieszaniny palnej przy zraszaniu wodnym.

W ramach badań przeprowadzono następujące próby:

- dobór ciśnienia i przepływów mediów instalacji zraszającej,
- osiągnięcie parametrów zraszania wodnego określonych przez przepisy,

- wizualną ocenę strefy zraszania,
- skuteczność gaszenia płomienia gazowego,
- skuteczność zapobiegania powstania płomienia gazowego.

Próby skuteczności gaszenia i zapobiegania zapłonowi metanu z użyciem zraszania powietrzno-wodnego porównano, w tych samych warunkach, ze zraszaniem wodnym wysokociśnieniowym.

Dla mieszaniny powietrzno-wodnej dobierano ciśnienie i przepływy wody oraz sprężonego powietrza. Założono, że ciśnienie wody powinno się mieścić w granicach $0,3 \pm 0,6$ MPa, a sprężonego powietrza pomiędzy $0,3 \pm 0,4$ MPa oraz przepływy wody pomiędzy 50 ± 100 dm³/min na kombajn, a powietrza 2 ± 7 m³/min.

Wysokość ciśnienia i przepływu uwarunkowane były:

- zapewnieniem odpowiedniej energii strumienia zraszającego umożliwiającej jego dotarcie w strefę urabiania,
- zapewnieniem minimalnej ilości wody, co najmniej 50 dm³/min dla całego kombajnu,
- zapewnieniem wydatku sprężonego powietrza nie większego niż 7 m³/min, z uwagi na ograniczone możliwości dostarczenia go do kombajnu w warunkach eksploatacji,
- otrzymaniem strumienia zraszającego posiadającego własności gaszące zapłon metanu i zwalczania zapylenia poprzez zwilżanie pyłu.

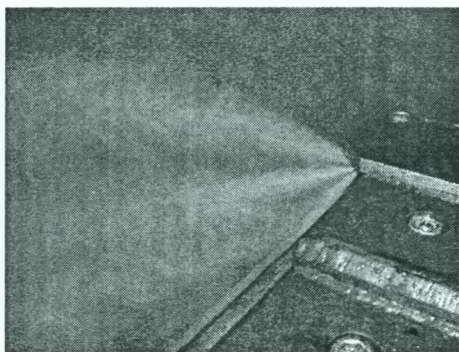
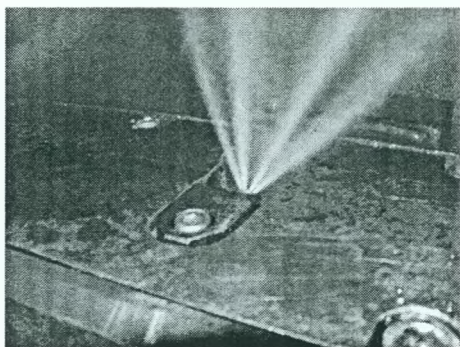
Parametry zraszania wodnego musiały spełnić wymagania przepisów, czyli:

- ilość wody nie mniejsza niż 60 dm³/min,
- minimalne ciśnienie wody wynoszące co najmniej 2 MPa.

Zastosowane dysze o średnicy 1 mm, w liczbie 45 sztuk wymagały zasilania w ilościach wody około 125 dm³/min (dla ciśnienia 2 MPa). Z uwagi na maksymalny wydatek pompy wynoszący 80 dm³/min, dysze o średnicy 1 mm zastąpiono dyszami o średnicy 0,8 mm.

Ustalone parametry strumienia powietrzno-wodnego spełniały kryteria wizualnej oceny: kształtu, zasięgu i jakości strumieni zraszających miały zapewnić:

- stabilny przepływ mediów w ilościach mieszczących się w założonych granicach i pod określonym ciśnieniem,
- zasięg strumieni zraszających zraszania wewnętrznego i zraszania zewnętrznego zapewniający skuteczne dotarcie do miejsc wzbijania pyłu węglowego i powstania zapłonu metanu,
- równomierność rozdrobnionego o nie dostrzegalnych nieuzbrojonym okiem wielkościach kropel (rys. 43),
- równomiernie rozdrobniony strumień zraszający zraszania wewnętrznego, przy obracającym się organie.

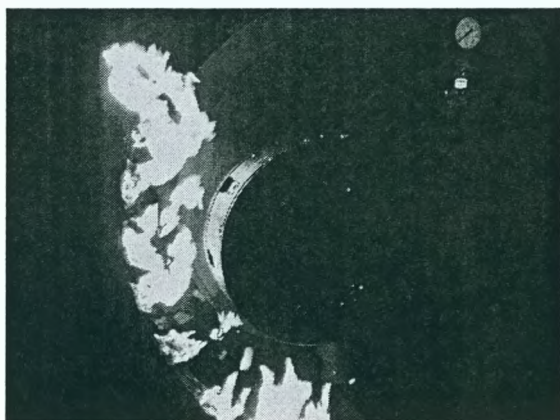


Rys.43. Strumień zraszania powietrzno-wodnego o prawidłowym wyglądzie i parametrach

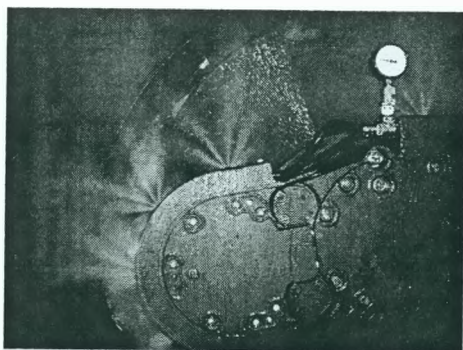
Skuteczność gaszenia płomienia gazowego jednoznacznie miała wykazać, że zaproponowane rozwiązanie zraszania powietrzno-wodnego posiada co najmniej taką samą zdolność do tłumienia zapłonu metanu. Założono dostarczenie palnej mieszaniny gazowej poprzez baterie dysz palnikowych (rys. 44), zamocowanych w pobliżu organu urabiającego. Skuteczność ta została sprawdzona poprzez badania porównawcze obu systemów zraszania wodnego i powietrzno-wodnego polegające na:

- sprawdzeniu zdolności gaszenia gazu palnego wydobywającego się z baterii dysz ułożonej, w odległości około 50 cm od organu urabiającego, na 2/3 długości jego obwodu,
- pomiarze czasu gaszenia, z użyciem zraszania powietrzno-wodnego (rys. 45),
- pomiarze czasu gaszenia, z użyciem zraszania wodnego (rys. 46),
- określeniu kolejności gaszenia przez poszczególne dysze, dla obu typów zraszania zraszania.

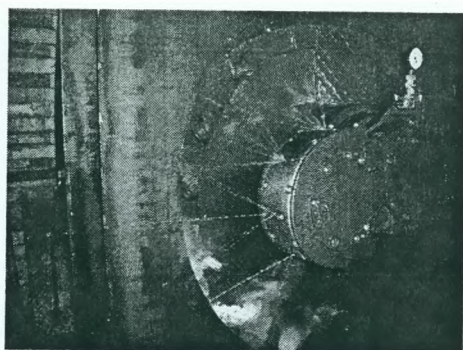
Pomiar czasu rozpoczynano od chwili załączenia instalacji zraszającej.



Rys.44. Bateria dysz palnikowych – próby przed montażem na stanowisku



Rys.45. Próby gaszenia palnej mieszaniny gazowej za pomocą zraszania powietrzno-wodnego



Rys.46. Próby gaszenia palnej mieszaniny gazowej za pomocą zraszania wodnego

Badania skuteczności gaszenia płomienia gazowego z wykorzystaniem mieszaniny powietrzno-wodnej wykazały, że zaproponowane rozwiązanie posiada co najmniej taką samą zdolność do gaszenia zapalonego gazu, ze źródłem poza organem urabiającym, co zraszanie wodne. W obu przypadkach doszło do pełnego zgaszenia płomienia.

Przeprowadzono również badanie skuteczności gaszenia płomienia gazowego znajdującego się w pobliżu powierzchni walcowej organu urabiającego, na połowie jego głębokości. Jest to miejsce, gdzie najprawdopodobniej może gromadzić się metan w warunkach rzeczywistej eksploatacji. Próby gaszenia z użyciem zraszania powietrzno-wodnego wykazały każdorazowo większą skuteczność, niż przeprowadzone w identycznych warunkach próby gaszenia z użyciem zraszania wodnego.

Skuteczność zapobiegania powstania zapłonu gazu miała wykazać przydatność instalacji w warunkach sprzyjających powstaniu zapłonu metanu, a więc obecności skłonnych do iskrzenia przyspągowych lub przystropowych piaskowców oraz palnego stężenia metanu w obrębie strefy urabiania. Osiągnięcie efektu badawczego realizowane było przez:

- próby zapłonu gazu palnego z wydobywającego się z łukowej baterii dysz, położonej w okolicy połowy szerokości organu na jego obwodzie; zapłon gazu był realizowany za pomocą dwóch główek zapalczych lub spłonek o energii zapłonu 10 kJ każda, zainicjowanych zapalarką elektryczną, wywołującą iskrę w palnej mieszaninie gazowej,
- badanie skuteczności niedopuszczenia do zapłonu palnej mieszaniny gazowej poprzez zraszanie powietrzno-wodne,
- badanie skuteczności niedopuszczenia do zapłonu mieszaniny gazowej palnej poprzez zraszanie wodne,
- badanie czasu zadławienia płomienia w przypadku jego powstania,
- określenie miejsca i zasięgu zapłonu.

Badanie skuteczności zapobiegania powstania zapłonu mieszaniny palnej było realizowane dla ustalonych i ustabilizowanych parametrów działania instalacji, dla poszczególnych sposobów zraszania.

Instalacja zraszania powietrzno-wodnego w badaniu zapobiegania powstania płomienia gazowego wykazała całkowitą jej skuteczność w warunkach sprzyjających powstaniu zapłonu metanu, a więc obecności skłonnych do iskrzenia przyspągowych lub przystropowych piaszkowców oraz palnej mieszaniny gazowej w obrębie strefy urabiania.

Analizując przebieg i uzyskane wyniki przeprowadzonych badań [2] oraz opierając się na własnych obserwacjach poczynionych w czasie prób, sformułowano następujące wnioski:

- rezultaty uzyskane podczas badań skuteczności działania instalacji zraszającej powietrzno-wodnej, z wykorzystaniem sprężonego powietrza, według rozwiązania zastosowanego w warunkach zbudowanego stanowiska badawczego należy uznać za pozytywne, zarówno w aspekcie skuteczności gaszenia płomieni zapalonego gazu, jak i zapobieganiu powstaniu zapłonu gazu, w wyniku zainicjowanych iskier,
- przeprowadzone badania wykazały, że bardzo ważnym czynnikiem dla uzyskania niezbędnej skuteczności działania badanej instalacji powietrzno-wodnej jest zachowanie ścisłych korelacji między parametrami sprężonego powietrza i wody; pozytywne wyniki uzyskano przy następujących parametrach:
 - ilość wody w granicach $30 \div 34 \text{ dm}^3/\text{min}$, o ciśnieniu $0,39 \div 0,42 \text{ MPa}$,
 - ilość sprężonego powietrza w granicach $1,3 \div 1,7 \text{ m}^3/\text{min}$, o ciśnieniu $0,39 \div 0,42 \text{ MPa}$,
- przy podanych powyżej parametrach mediów czas gaszenia zapalonych płomieni z umieszczonego palnika w odległości 10 cm od modeli czoła nieurobionej calizny wynosił 5 do 35 s (4 próby), zaś przy usytuowaniu palnika w środku zabioru organu zgaszenie płomieni nastąpiło natychmiast,
- dla tych samych parametrów mediów, w obu podanych powyżej położeniach palnika, nie udało się zainicjować zapłonu gazu podczas przeprowadzonych sześciu prób,
- przeprowadzone testy porównawcze, przy zastosowaniu w organie samej wody pokazały, że przy wydatku $\sim 60 \text{ dm}^3/\text{min}$ pod ciśnieniem $\sim 2 \text{ MPa}$ oraz ustawieniu palnika w środku, płomienie zostały zgaszone natychmiast, natomiast gdy palnik znajdował się w pozycji 10 cm od czoła nie urobionej calizny, płomieni nie udało się zgasić; podczas testu z inicjacją zapłonu dla środkowego położenia palnika: zapłon nastąpił, a powstałe płomienie zostały natychmiast zgaszone,

- przeprowadzone testy wykazały, że najtrudniejsze jest zgaszenie płomieni, gdy palnik znajduje w pobliżu obrzeża organu (10 cm od czoła nie urobionej calizny); w przypadku zraszania samą wodą, dla takiego położenia palnika, płomieni nie udało się zgasić,
- powietrzno-wodna instalacja zraszająca wykazała większą skuteczność gaszenia płomieni i niedopuszczenia do zapłonu gazów palnych, niż standardowa wodna instalacja zraszająca,
- rozwiązanie konstrukcyjne instalacji zraszającej powietrzno-wodnej, z wykorzystaniem sprężonego powietrza, zastosowane w warunkach eksploatacyjnych na kombajnie ścianowym, powinno zapewnić wymagany poziom bezpieczeństwa pracy wobec zapłonu metanu.

5.3. Przygotowanie kombajnu z instalacją zraszającą do badań eksploatacyjnych

Po zakończeniu badań stanowiskowych dokonano modyfikacji instalacji, wynikającej z obserwacji i przebiegu badań stanowiskowych oraz wyników tych badań. Mimo niepodważalnych zalet i większej skuteczności w gaszeniu i zapobieganiu zapłonowi metanu powietrzno-wodnej instalacji zraszającej, badania ujawniły, że istnieją elementy, które należało zmienić lub skorygować tak, aby zwiększyć funkcjonalność i niezawodność oraz skuteczność instalacji.

Modyfikacje uwzględniały następujące czynniki:

- dysze wodne organu urabiającego o średnicy otworów wylotowych $\phi 0,8$ mm, które ulegały zatykaniu, przy zasilaniu mieszaniną powietrzno-wodną zastąpiono dyszami o średnicy 1,2 mm otworów wylotowych, aby zapewnić swobodny wyrzut mieszaniny,
- przy montażu, demontażu i konserwacji dysz należy unikać smarów stałych, gdyż w połączeniu ze sprężonym powietrzem, przyjmują formę grudek zatykających dysze,
- wartości ciśnienia zasilania wody i sprężonego powietrza powinny być w granicach $0,39\div 0,42$ MPa, a nawet wyższe, co umożliwi uzyskanie skuteczności gaszenia i niedopuszczania do zapłonu; proponowany pierwotnie zakres ciśnienia mediów instalacji mieścić się w granicach $0,3\div 0,4$ MPa,
- zapewnienie skutecznego zraszania proponowanej instalacji jest zagwarantowane poprzez utrzymywanie stabilnych parametrów zasilania, w szczególności sprężonego powietrza; w związku z tym zastosowano dwie sprężarki pracujące równocześnie lub zamiennie w przypadku awarii którejś z nich,
- konstrukcja zaproponowanych dysz dwuczynnika zabudowanych na ramieniu, wymaga docelowo zamiany na inne, o wzmocnionej konstrukcji, odpowiadające warunkom eksploatacji podziemnej.

5.4. Badania eksploatacyjne

Na potrzeby badań opracowano metodykę badań eksploatacyjnych prowadzonych w warunkach KWK „Pniówek”, w której zawarto program prowadzenia pomiarów parametrów powietrzno-wodnej instalacji zraszającej i oceny jej skuteczności w ograniczaniu zapylenia [2, 3, 34, 39, 40].

Warunki eksploatacyjne

W KWK „Pniówek” występowały zagrożenia metanowe oraz zagrożenia wybuchu pyłu węglowego. W tych warunkach, zgodnie z przepisami KWK „Pniówek” stosowała dodatkowe, wspomagające zraszanie zewnętrzne, zabudowane w postaci pojedynczych dysz, skierowanych na organy urabiające.

Ściana W-9 w KWK „Pniówek”, która została przewidziana jako miejsce badań eksploatacyjnych znajdowała się w pokładzie 357/1. Średnia miąższość pokładu wynosiła około 1,7÷1,8 m i taką przewidziano wysokość ściany. Nachylenie podłużne i poprzeczne ściany wynosiło nie więcej niż 8°. W ścianie W-9 nie występowały większe zaburzenia (wycienienia pokładu, uskoki, przerosty). Wybieg ściany W-9 miał długość około 428 m, długość ściany 158 m, wysokość 1,7÷1,8 m.

W urabianym pokładzie zalegał węgiel o wytrzymałości 10÷15 MPa, w przekroju ściany nie stwierdzono przerostów.

Ściana wyposażona była w:

- kombajn ścianowy typu KSW-460NE z ramionami R-200N, wyposażonymi w organy urabiające o średnicy 1,6 m i zabiorze 0,8 m, wyposażony w dwuramionowe ładowarki osłonowe, dostosowany do bezciągnowego systemu posuwu typu Dynatrac,
- obudowa ścianowa typu FAZOS 12/36 Poz,
- przenośnik ścianowy zgrzeblowy typu 3HB 260 Dynatrac.

W ścianie przewidziano urabianie dwukierunkowe, kierunek odstawy urobku był zgodny z kierunkiem przewietrzania.

Parametry przewietrzania ściany były następujące:

- prędkość powietrza 5 m/s,
- ilość powietrza 900 m³/min.

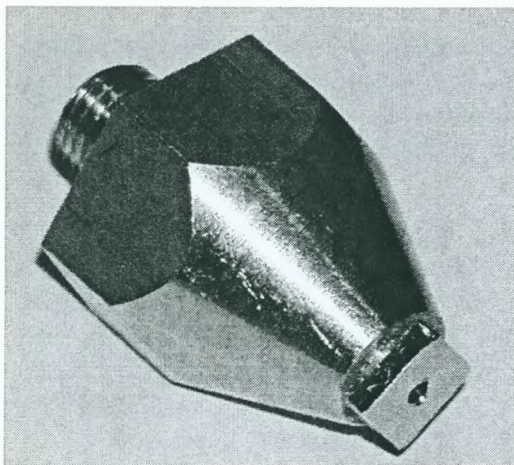
Kombajn KSW-460NE został wyposażony w doświadczalną instalację zewnętrznego zraszania powietrzno-wodnego.

Ścianę, ze względu na podwyższoną temperaturę otoczenia, wyposażono w urządzenia klimatyzacyjne.

Doświadczalna instalacja zraszająca powietrzno-wodna zabudowana w kombajnie ścianowym typu KSW-460NE przeznaczona została

do ograniczania zapylenia oraz do zapobiegania ewentualnym zagrożeniom metanowym, powstającym w wyrobisku ścianowym w wyniku pracy tej maszyny.

W powietrzno-wodnej instalacji zraszającej zastosowano na jednym z ramion dysze dwuczynnikiowe StK-2D (rys. 47) zaprojektowane i przebadane w CMG KOMAG.



Rys.47. Dysza dwuczynnikiowa typu StK-2D – egzemplarz doświadczalny

Budowa badanej instalacji

Istota rozwiązania badanej instalacji polegała na zastosowaniu w kombajnie dwu układów zraszania powietrzno-wodnego:

- zewnętrznego, zabudowanego na ramionach, wytwarzającego izolującą od otoczenia kurtynę wodną wokół każdego z organów urabiających kombajnu,
- wewnętrznego, zraszającego powietrzno-wodnymi strumieniami, wyrzucanymi z dysz osadzonych w obsadach rozmieszczonych na organach tak, że realizowana była metoda zraszania przed każdym nożem urabiającym (zraszanie pod nóż).

Zraszanie zewnętrzne składało się ostatecznie z dziewięciu dysz dwuczynnikiowych typu StK-2D, umieszczonych na lewym ramieniu i dziewięciu dysz dwuczynnikiowych SU26, umieszczonych na prawym ramieniu, do których oddzielnie doprowadzano wodę i sprężone powietrze. Mieszanie czynników następowało w dyszach.

Na organach urabiających umieszczono po 42 dysze typu G-243 w wykonaniu B. Zasilane one były mieszaniną powietrzno-wodną utworzoną wstępnie w mieszalniku, jeszcze przed wprowadzeniem jej do ramienia, a następnie wprowadzane do obracającego się organu urabiającego.

Założone parametry czynników instalacji (wody i powietrza)

Dla zapewnienia skutecznego działania powietrzno-wodnej instalacji zraszającej założono następujące parametry:

- dla układu zraszania wewnętrznego:
 - ciśnienie wody przed mieszalnikami $0,4 \div 0,5$ MPa,
 - maksymalne zużycie wody $60 \text{ dm}^3/\text{min}/\text{organ}$,
 - ciśnienie powietrza przed mieszalnikami $0,4 \div 0,5$ MPa,
 - zużycie powietrza $\sim 1,5 \text{ m}^3/\text{min}/\text{organ}$,
- dla układu zraszania zewnętrznego:
 - ciśnienie wody przed dyszami $0,4 \div 0,5$ MPa,
 - zużycie wody $10 \div 15 \text{ dm}^3/\text{min}/\text{ramię}$,
 - ciśnienie powietrza przed dyszami $0,4 \div 0,5$ MPa,
 - zużycie powietrza $0,6 \div 1,0 \text{ m}^3/\text{min}/\text{ramię}$.

Celem badań doświadczalnej powietrzno-wodnej instalacji zraszającej było:

- sprawdzenie prawidłowości przyjętych parametrów przepływowych wody i powietrza (ewentualnie ich korekta) w instalacji zabudowanej na kombajnie typu KSW-460NE, w warunkach eksploatacyjnych,
- określenie skuteczności działania powietrzno-wodnej instalacji w ograniczaniu zapylenia, poprzez pomiar występującego stężenia zapylenia w wyrobisku,
- porównanie skuteczności w zwalczaniu zapylenia instalacji powietrzno-wodnej w stosunku do instalacji standardowej kombajnu typu KSW-460NE.

Zakres i metodyka badań

Badania eksploatacyjne doświadczalnej instalacji zraszania, powietrzno-wodnego przeprowadzono w ścianie nr W-9 KWK „Pniówek”. Na badania składały się:

- pomiary parametrów przepływowych powietrza i wody jako czynników wytwarzających zraszającą mieszaninę powietrzno-wodną,
- pomiary wielkości stężenia zapylenia występującego w obszarze wyrobiska ścianowego w czasie pracy kombajnu.

W celu zmierzenia parametrów przepływowych zabudowano w instalacji manometry, które umożliwiały odczyt ciśnienia wody na dopływie, do lewej i prawej strony układów zraszania, oraz odczyt wielkości ciśnienia powietrza dopływającego, do lewej i prawej strony tych układów. Dodatkowo umiejscowiono punkty pomiarowe w następujących miejscach instalacji (rys. 48):

a – pomiar ciśnienia wody na wypływie z pompy ZW-50, za reduktorem ciśnienia,

- b – pomiar natężenia przepływu wody na wypływie z pompy ZW-50,
- c – pomiar natężenia przepływu wody w kombajnie, na dopływie do układów zraszania kombajnu,
- d – pomiar ciśnienia wody na dopływie do kombajnu,
- e – pomiar ciśnienia powietrza na wylocie ze sprężarki,
- f – pomiar natężenia przepływu powietrza na wylocie ze sprężarki,
- k – pomiar natężenia przepływu powietrza na dopływie do kombajnu.

W celu zmierzenia wielkości w podanych powyżej punktach instalacji, zabudowano czujniki pomiarowe o zakresie umożliwiającym prawidłowy pomiar tych parametrów. W punktach pomiarowych d, e, f, k prowadzono rejestrację badanych wielkości.

Pomiary poprzedzono regulacją instalacji zraszającej tak, aby mogła ona osiągać założone parametry wyjściowe. Czynności te przeprowadzano każdorazowo na początku zmiany, przed rozpoczęciem pomiarów wielkości stężenia zapylenia.

Pomiary wielkości stężenia zapylenia zostały wykonane zgodnie z normą PN-G-04035 [33], w której określono zasady pomiaru stężenia zapylenia w powietrzu na stanowiskach pracy w podziemnych zakładach górniczych oraz oznaczania zawartości wolnej krzemionki w pyłe frakcji wdychanej.

Pomiary zapylenia realizowano dwoma przyrządami pomiarowymi:

- optycznymi pyłomierzami typu TM firmy HUND [23], (poza wymogiem normy),
- osobistymi pyłomierzami grawimetrycznymi typu CIP 10, zgodnie z Polską Normą [33].

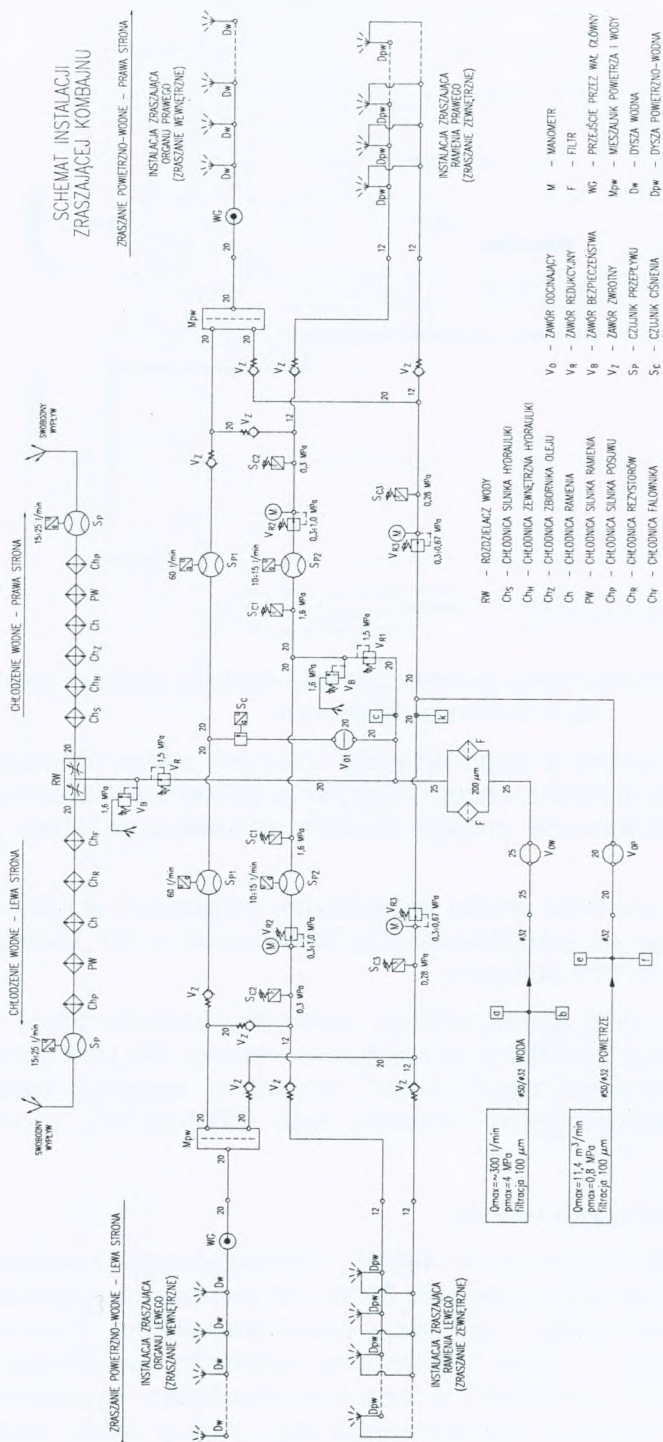
Pyłomierze optyczne typu TM firmy HUND umiejscowiono w następujących miejscach (rys. 49):

- H1 – na początku ściany,
- H3 – na końcu ściany.

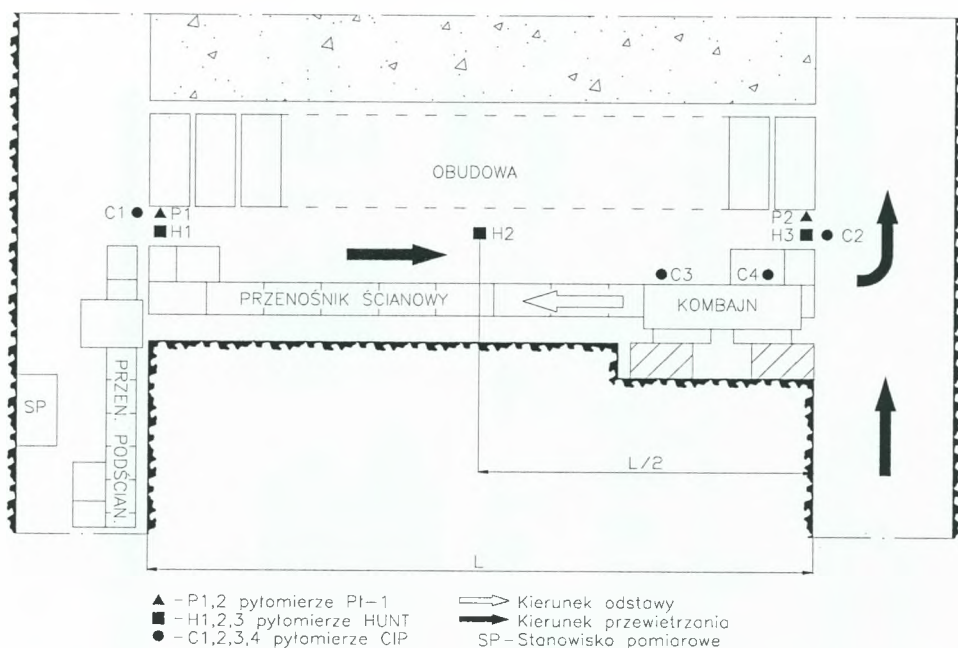
Pyłomierze optyczne typu TM firmy HUND określały poziom frakcji respirabilnej pyłu.

Pyłomierze osobiste typu CIP 10 umieszczono na wlocie do ściany C1 i wylocie C2 ze ściany, w pobliżu pyłomierzy HUND.

Łączny czas pobierania próbek pyłu wynosił co najmniej 70% czasu trwania procesu technologicznego. Do oznaczania stężeń pyłu w powietrzu pobierano jego próbki podczas wszystkich czynności procesu technologicznego. Pomiary zapylenia przyrządami CIP 10 przeprowadzono z rozróżnieniem na frakcję całkowitą i respirabilną.



Rys.48. Rozmieszczenie punktów pomiarowych parametrów wody i powietrza dla instalacji powietrzno-wodnej



Rys.49. Schemat rozmieszczenia punktów pomiaru wielkości stężenia zapylenia w wyrobisku ścianowym

Pomiary prowadzono w ciągu czterech kolejnych zmian roboczych, a za wynik końcowy pomiaru stężenia zapylenia powietrza i oznaczenia zawartości wolnej krzemionki przyjęto średnią arytmetyczną z tych pomiarów.

Oznaczenie zawartości wolnej krystalicznej krzemionki w pyłe wykonano w upoważnionym (akredytowanym) laboratorium w KD „Barbara”, zgodnie z obowiązującymi normami.

Zgodnie z metodyką badań pomiary wykonano podczas pracy doświadczalnej instalacji zraszania powietrzno-wodnego, jak i dla porównania, przy zastosowaniu standardowej, fabrycznej instalacji zraszającej, będącej na wyposażeniu kombajnu typu KSW-460NE, zgodnej z DTR producenta.

Przebieg prób ruchowych i badań

Uruchomienie kombajnu KSW-460NE, wyposażonego w instalację powietrzno-wodną nastąpiło w sierpniu 2006 r. W pierwszych tygodniach kombajn pracował wyłącznie z instalacją powietrzno-wodną. Ponieważ kombajn KSW-460NE z wyżej wymienioną instalacją był pierwszym zastosowanym w KWK „Pniówek”, w fazie rozruchu ściany występowały liczne przestoje związane z nieznaną obsługą przez załogę. Dodatkowym czynnikiem ograniczającym efektywną pracę maszyny,

były liczne regulacje instalacji powietrzno-wodnej, mające na celu ustawienie właściwych parametrów eksploatacyjnych mediów zraszających.

Podczas pracy kombajnu zmieniano organy urabiające z podsiębiernych na nadsiębierne, co w efekcie pozwoliło zwiększyć efektywność urabiania oraz wyeliminować ładowarki kombajnowe. Współpraca kopalni z producentem doprowadziła do sukcesywnej poprawy sprawności ruchowej oraz podwyższania poziomu obsługi kombajnu przez załogę.

Po osiągnięciu oczekiwanego postępu urabiania wynoszącym około 3,5 zabioru na zmianę, rozpoczęto badania eksploatacyjne. Badania miały na celu ocenę powietrzno-wodnej instalacji zraszającej w aspekcie ograniczania zapylenia i jej porównanie z efektywnością klasycznej instalacji wodnej.

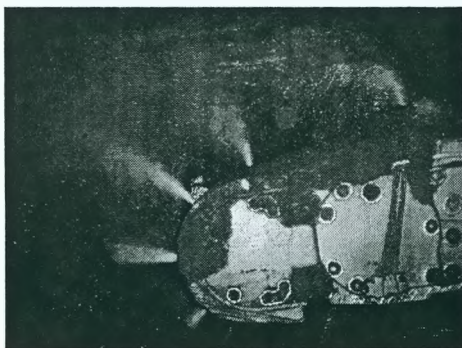
Dodatkowym celem badań, było sprawdzenie funkcjonalności instalacji oraz wpływu jej działania na komfort pracy załogi.

Podczas badań przeprowadzono dziewięć sesji pomiarowych. Badania realizowano na zmianie C, zaś na zmianie D dokonywano kontroli i ewentualnej korekty parametrów instalacji zraszającej na kombajnie.

Podczas badań obserwowano i testowano cztery różne układy zraszania:

- zraszanie powietrzno-wodne z wykorzystaniem sprężarki (rys. 50),
- zraszanie powietrzno-wodne z wykorzystaniem rurociągu sprężonego powietrza (bez udziału sprężarek),
- zraszanie wodne zanożowe wysokociśnieniowe z dodatkowym zraszaniem wodnym niskociśnieniowym z ramion (rys. 51),
- zraszanie wodne zanożowe wysokociśnieniowe z dodatkowym zraszaniem powietrzno-wodnym z ramion.

Wszystkie wymienione konfiguracje zraszania były zgodne z instrukcją stosowania kombajnu KSW-460NE.



Rys.50. Zraszanie powietrzno-wodne z ramienia i z organu kombajnu



Rys.51. Zraszanie wodne zanożowe z dodatkowym zraszaniem wodnym z ramion kombajnu

Wyniki pomiarów

We wszystkich badanych konfiguracjach układów zraszających zaobserwowano bardzo niewielki przyrost zapylenia respirabilnego pomiędzy wlotem, a wylotem ściany wynoszący około $0,5-1,0 \text{ mg/m}^3$. Przy zraszaniu powietrzno-wodnym z zastosowaniem sprężarki, zużycie wody zraszającej wraz z wodą chłodzącą wynosiło $70\div 90 \text{ dm}^3/\text{min}$ na cały kombajn. W przypadku zraszania powietrzno-wodnego z wykorzystaniem sprężonego powietrza wyłącznie z rurociągu (przy wyłączonych sprężarkach), zużycie wody zraszającej wynosiło około $120 \text{ dm}^3/\text{min}$. W zraszaniu wodnym wysokociśnieniowym w obu przypadkach dochodziło do zużycia wody około $200\div 225 \text{ dm}^3/\text{min}$ na cały kombajn.

Uzyskane wyniki badań parametrów przepływowych zmierzone w punktach usytuowanych w chodniku zestawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Wyniki pomiarów parametrów przepływowych

Data pomiaru	Rodzaj zraszania	Parametry wody		Parametry powietrza	
		Ilość [dm^3/min]	Ciśnienie [MPa]	Ilość [m^3/min]	Ciśnienie [MPa]
dzień 1	Wodne	170÷180	4,0		
dzień 2	Awaria urządzeń w ścianie				
dzień 3	Powietrzno-wodne	80÷90	4,0÷4,5	2,0÷3,0	0,55÷0,7
dzień 4	Wodne	200	3,8		
dzień 5	Powietrzno-wodne	95	4,0	1,5	0,5÷0,7
dzień 6	Wodne ^{*)}	135	4,0		
dzień 7	Powietrzno-wodne ^{**)}	120÷130	4,0	0,6÷0,8	0,3
dzień 8	Powietrzno-wodne ^{**)}	120	4,0	0,8	0,3
dzień 9	Powietrzno-wodne	70÷80	4,0	3,0÷4,0	0,52÷0,7
^{*)} ciśnienie wody na kombajnie zredukowano do ~2,0 MPa					
^{**)} instalacja zasilana z rurociągu sprężonego powietrza bez zastosowania sprężarki					

Dla instalacji zraszającej powietrzno-wodnej z zastosowaniem sprężarki, zmierzono następujące zakresy wielkości parametrów:

- ilość wody $70\div 85 \text{ dm}^3/\text{min}$,
- ciśnienie wody $4,0\div 4,5 \text{ MPa}$,
- ilość powietrza $1,5\div 4,0 \text{ m}^3/\text{min}$,
- ciśnienie powietrza $0,50\div 0,70 \text{ MPa}$.

Dla instalacji zraszającej powietrzno-wodnej z wykorzystaniem sprężonego powietrza bezpośrednio z rurociągu, bez stosowania sprężarki, zmierzono następujące zakresy wielkości parametrów:

- ilość wody $120\div 130 \text{ dm}^3/\text{min}$,
- ciśnienie wody $4,0 \text{ MPa}$,
- ilość powietrza $0,6\div 0,8 \text{ m}^3/\text{min}$,
- ciśnienie powietrza $0,30\div 0,32 \text{ MPa}$.

Dla instalacji zraszającej tylko wodnej zmierzono następujące zakresy parametrów:

- ilość wody 170÷200 dm³/min,
- ciśnienie wody 3,8÷4,0 MPa.

Dla instalacji powietrzno-wodnej parametry te wynosiły:

- ciśnienie wody 0,5 MPa,
- ciśnienie powietrza 0,55 MPa,
- ilość zużywanej wody 50÷80 dm³/min,
- ilość zużywanego powietrza odpowiednio 4,0÷1,5 m³/min.

Dla instalacji tylko wodnej parametry te wynosiły:

- ciśnienie wody 3,0 MPa,
- ilość wody około 225 dm³/min.

Pomiary zapylenia przeprowadzono na wlocie do ściany oraz na wylocie ze ściany. Czas pomiarów zapylenia wahał się od 100 min do 190 min. Średnio czas pomiarów wynosił blisko 140 min na wlocie i 150 min na wylocie ze ściany. Uzyskane wyniki z tych pomiarów zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5

Wyniki pomiarów zapylenia

Dzień pomiaru	Miejsce pomiaru	Zapylenie [mg/m ³]		Przyrost zapylenia [mg/m ³]	
		respirabilne	całkowite	respirabilny	całkowity
dzień 1*)	włot	8,25	27,3		
	wylot	8,55	47,35	0,3	20,05
dzień 2	włot	3,24	7,11		
	wylot	3,65	9,88	0,41	2,77
dzień 3**)	włot	10,14	24,96		
	wylot	11,49	77,65	1,35	52,69
dzień 4*)	włot	7,7	24,69		
	wylot	8,09	38,47	0,39	13,51
dzień 5**)	włot	5,04	24,04		
	wylot	5,84	33,09	0,8	9,05
dzień 6***)	włot	6,22	23,95		
	wylot	11,94	78,56	5,72	54,61
dzień 7****)	włot	10,95	21,3		
	wylot	11,99	98,31	1,05	77,01
dzień 8****)	włot	9,93	27,35		
	wylot	12,44	91,44	2,51	64,09
dzień 9**)	włot	8,5	28,48		
	wylot	12,86	147,23	4,36	118,75
*) instalacja zraszająca wodna					
**) instalacja zraszająca powietrzno-wodna					
***) instalacja zraszająca wodna ze zredukowanym ciśnieniem na maszynie					
****) instalacja powietrzno-wodna zasilana z rurociągu sprężonego powietrza bez sprężarki					

Analizując wyniki pomiarów zapylenia można stwierdzić porównywalną skuteczność działania instalacji powietrzno-wodnej i standardowej instalacji wodnej o podanych powyżej parametrach przepływowych czynników.

Dla standardowej instalacji wodnej uzyskano następujące wyniki:

- na wlocie do ściany:
 - zapylenie frakcją respirabilną 7,70 mg/m³
 - zapylenie całkowite 24,69 mg/m³
- na wylocie ze ściany:
 - zapylenie frakcją respirabilną 8,09 mg/m³
 - zapylenie całkowite 38,47 mg/m³

Jak widać z przedstawionych powyżej danych, przyrost zapylenia w powietrzu między wlotem, a wylotem ze ściany, wynosił odpowiednio: 0,39 mg/m³ dla frakcji respirabilnej i 13,51 mg/m³ dla zapylenia całkowitego.

Dla instalacji powietrzno-wodnej uzyskano następujące wyniki:

- na wlocie do ściany:
 - zapylenie frakcją respirabilną 5,04 mg/m³
 - zapylenie całkowite 24,04 mg/m³
- na wylocie ze ściany:
 - zapylenie frakcją respirabilną 5,84 mg/m³
 - zapylenie całkowite 33,09 mg/m³

W tym przypadku przyrost zapylenia powietrza między wlotem, a wylotem ze ściany, wynosił odpowiednio: 0,8 mg/m³ dla frakcji respirabilnej i 9,05 mg/m³ dla zapylenia całkowitego.

Dla instalacji powietrzno-wodnej zasilanej powietrzem sprężonym z rurociągu bez udziału sprężarki przyrosty zapylenia były wyższe od pozostałych i wynosiły odpowiednio:

- w zakresie frakcji respirabilnej 1,05 mg/m³ i 2,51 mg/m³,
- w zakresie zapylenia całkowitego 77,01 mg/m³ i 64,09 mg/m³.

Przyrost zapylenia w ścianie przy stosowaniu wodnej instalacji zraszającej wynosił 0,39 mg/m³ w zakresie frakcji respirabilnej i 13,51 mg/m³ dla zapylenia całkowitego, natomiast dla instalacji powietrzno-wodnej wielkości te wynosiły odpowiednio 0,80 mg/m³, w zakresie frakcji respirabilnej i 9,05 mg/m³ dla zapylenia całkowitego.

Oznaczona zawartość wolnej krzemionki w pyłe wykonana w akredytowanym laboratorium KD „Barbara” dla ściany W-9 wyniosła 3,7%.

Przeprowadzone badania eksploatacyjne, opracowanej powietrzno-wodnej instalacji zraszającej z wykorzystaniem sprężonego powietrza, zastosowanej w kombajnie ścianowym typu KSW-460NE w ścianie W-9 KWK „Pniówek” wykazały, że ten system zraszania jest porównywalny pod względem skuteczności ograniczania zapylenia, w stosunku do dotychczas stosowanego systemu wodnego. Natomiast, istotną zaletą nowego zraszania było znaczące zmniejszenie ilości zużywanej wody zraszającej, co ma niezwykle istotne pozytywne znaczenie, zarówno w trakcie urabiania, transportu urobku, jak i w procesie wzbogacania węgla.

Można stwierdzić, że osiągnięta skuteczność w ograniczaniu zapylenia z użyciem doświadczalnej powietrzno-wodnej instalacji zraszającej jest porównywalna ze skutecznością typowej instalacji wodnej. Skuteczność jej powinna jednak zostać znacznie podniesiona po osiągnięciu postaci docelowej, przeznaczonej do zastosowań seryjnych.

Badania eksploatacyjne potwierdziły również prawidłowość rozwiązania konstrukcyjnego dwuczynnikowych dysz zraszających StK-2D opracowanych w CMG KOMAG. Zastosowanie tych dysz wykazało pełną ich przydatność w trudnych warunkach dołowych, a ich parametry oraz kształt strugi zraszającej okazały się korzystniejsze w porównaniu do zastosowanych również (na drugim ramieniu) dwuczynnikowych dysz produkcji zagranicznej.

Przeprowadzone badania kombajnu KSW-460NE z instalacją zraszającą powietrzno-wodną wykazały jej przydatność i następujące zalety w warunkach eksploatacji ścianowej:

- powietrzno-wodna instalacja zraszająca charakteryzowała się niskim zużyciem wody zraszającej, ok. 40-60 dm³/min na cały kombajn (70-90 dm³/min łącznie z wodą chłodzącą),
- redukcja zapylenia z zastosowaniem instalacji zraszania powietrzno-wodnego była na podobnym poziomie jak z wykorzystaniem zraszania wodnego zanożowego (zapylenie wynosiło 0,5-1,5 mg/m³),
- wykorzystane sprężone powietrze wspomagało rozrzedzanie metanu nagromadzonego w strefie organu urabiającego,
- w celu zwiększenia pewności działania powietrzno-wodnej instalacji zraszającej i umożliwienia łatwego i szybkiego lokalizowania przyczyn wyłączenia kombajnu, zdecydowano o jej uproszczeniu.

6. PRACE WDROŻENIOWE

Dariusz Prostański, Edward Pieczora, Piotr Rojek, Dominik Bałaga

Zgodnie z wynikami i wnioskami po badaniach eksploatacyjnych skorygowano rozwiązanie instalacji zraszającej kombajnu poprzez uproszczenie wyposażenia instalacji zraszającej i dokonanie zmian w zakresie poprawiającym jej funkcjonalność i niezawodność.

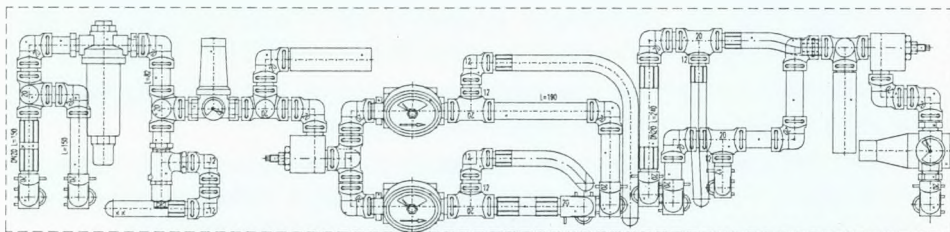
Zmiany podyktowane były:

- zawodnością czujników ciśnienia sprężonego powietrza i wody, powodującą częste wyłączanie kombajnu,
- zatykaniem się handlowych dysz powietrzno-wodnych zabudowanych na ramieniu kombajnu.

Korekta rozwiązania polegała na:

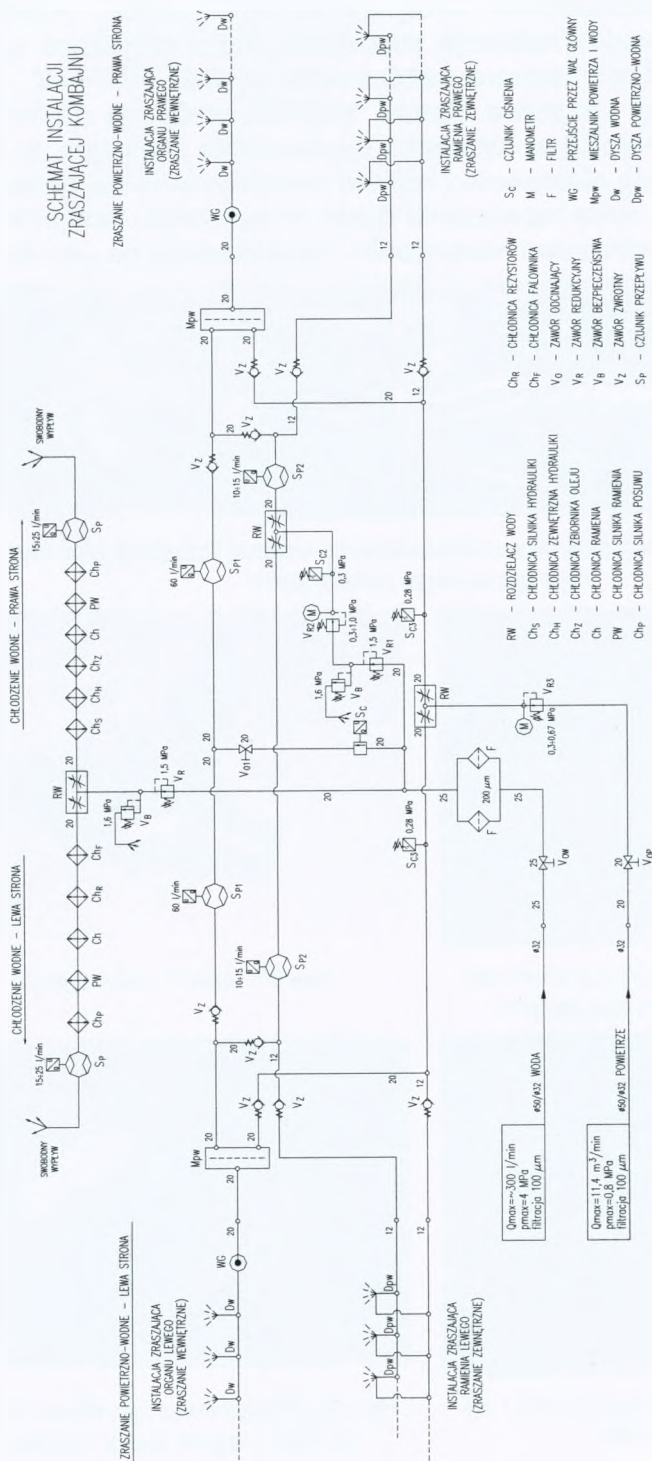
- wyeliminowaniu dwóch zaworów redukcyjnych, jednego powietrznego i jednego wodnego,
- ujednoliceniu zaworów redukcyjnych poprzez zastąpienie zaworu redukcyjnego powietrznego, takim samym zaworem redukcyjnym jak dla wody,
- ograniczeniu liczby czujników ciśnienia z sześciu do trzech, dwóch powietrznych i jednego wodnego,
- zastąpieniu awaryjnych czujników ciśnienia typu BC czujnikami typu CWP-1 (EMAG),
- zastąpieniu dysz SU26 (Spraying Systems), dyszami StK-2D autoroskiego rozwiązania CMG KOMAG, produkowanych przez ZMP Stalmet.

Schemat skorygowanej instalacji przedstawia rysunek 52 i 53.



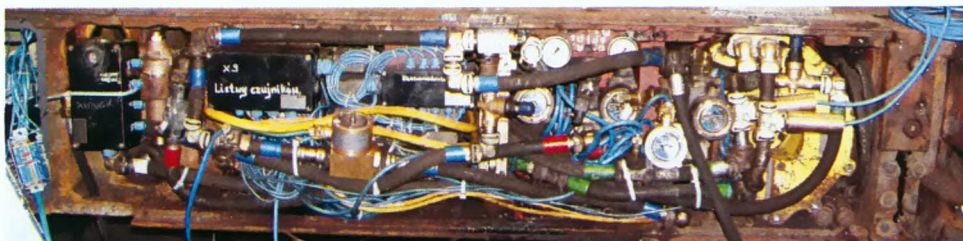
Rys.52. Skorygowany układ sterowana instalacją zraszania powietrzno-wodnego

Zastosowane propozycje zmian uprościły układ sterowania i tym samym ograniczyły liczbę elementów mogących ulec uszkodzeniom.



Rys.53. Schemat skorygowanej instalacji zraszania powietrzno-wodnego zabudowanej na kombajnie KSW-460 NE

W efekcie wprowadzenia wyżej wymienionych zmian, przebudowano powietrzno-wodną instalację zraszającą. Prace dotyczące układu sterowania (rys. 54) prowadzono bezpośrednio w KWK „Pniówek”, natomiast konserwację i naprawę baterii zabudowanych na ramionach R-200N (rys. 55) kombajnu wykonano u producenta kombajnu, tj. ZSM S.A. Nowe elementy sterowania i kontroli przedstawiono na rysunkach 56 i 57, natomiast nowe rozwiązanie dyszy w wykonaniu seryjnym, zastosowane w skorygowanym rozwiązaniu, przedstawiono na rysunku 58.



Rys.54. Układ sterowania i kontroli powietrzno-wodnej instalacji zraszającej skorygowanego rozwiązania



Rys.55. Ramię R-200 z zabudowanymi bateriami zraszającymi



Rys.56. Zawór redukcyjny



Rys.57. Czujnik ciśnienia wody i powietrza CWP-1



Rys.58. Dysza dwuczynnika typu StK-2D – egzemplarz seryjny

Wprowadzone zmiany powietrzno-wodnej instalacji zraszającej ograniczyły przestrzeń jej zabudowy, ułatwiając dostęp do elementów sterujących i kontrolnych.

Ograniczenie liczby czujników przyczyniło się do zmniejszenia liczby stanów awaryjnych instalacji zraszającej oraz przyspieszyło lokalizację usterek.

Zastosowany nowy typ dysz StK-2D charakteryzował się odpornością na zatykanie i uszkodzenia mechaniczne w porównaniu do stosowanych poprzednio dysz Spraying Systems.

6.1. Wdrożenie powietrzno-wodnej instalacji zraszającej

Po korekcie rozwiązania nastąpił etap wdrożenia powietrzno-wodnej instalacji zraszającej [1, 35, 36, 38], podczas którego dokonano oceny parametrów wdrażanej instalacji zraszającej w aspekcie skuteczności ograniczenia zapylenia w ścianie, powstałego w wyniku eksploatacji kombajnu ścianowego KSW-460NE.

Ściana W-10 w KWK „Pniówek”, która była przewidziana jako miejsce wdrożenia znajdowała się w pokładzie 357/1.

Średnia miąższość pokładu wynosiła około $1,7 \div 1,8$ m i taka była wysokość ściany. Nachylenie podłużne i poprzeczne ściany nie przekraczało 8° . W ścianie W-10 nie występowały zaburzenia (wycienienia pokładu, uskoki, przerosty). Wybieg ściany W-10 wynosił około 750 m, długość ściany 200 m, wysokość $1,7 \div 1,8$ m.

Parametry i wyposażenie ściany

Ściana nr W-10 posiadała następujące parametry:

- długość 200 m
- wysokość $1,6 \div 1,8$ m
- nachylenie podłużne $\pm 5^\circ$
- nachylenie poprzeczne $\pm 5^\circ$
- wybieg ściany 750 m

Wyposażenie ściany W-10 było takie same jak w ścianie W-9.

Parametry przewietrzania ściany były następujące:

- prędkość powietrza 2,5 m/s
- ilość powietrza $1000 \text{ m}^3/\text{min}$

6.2. Badania skuteczności działania systemu zraszania wodno-powietrznego

Analogicznie, jak podczas badań eksploatacyjnych, obydwa układy zraszania, zarówno lewego ramienia i organu, jak i prawego ramienia i organu zasilano wodą doprowadzoną z rurociągu p.poż. (poprzez zestaw filtracyjny o dokładności filtracji z cząstek stałych 100 μm), za pomocą pompy podnoszącej ciśnienie typu ZW-50. Z pompy wodę doprowadzono do kombajnu magistralą złożoną z przewodów DN 50, a następnie w zastawkach przewodami DN 32. Powietrze doprowadzono do poszczególnych układów zraszania bezpośrednio z magistrali o średnicy DN 50, a następnie w zastawkach przewodami DN 32, z użyciem sprężarki typu PAS-75 umieszczonej w chodniku przyścianowym. W ścianie, obydwie magistrale, złożone z przewodów DN 32, ułożone były w układaku przewodów przemieszczającym się w zastawkach przenośnika ścianowego.

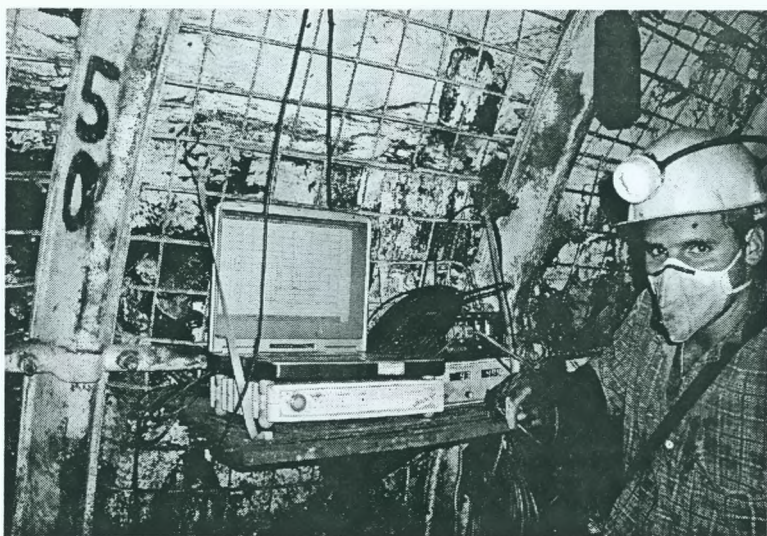
Dla zapewnienia skutecznego działania powietrzno-wodnej instalacji zraszającej ustalono następujące parametry przepływowe wody i powietrza:

- dla układu zraszania wewnętrznego:
 - ciśnienie wody przed mieszalnikami 0,15 MPa,
 - zużycie wody na organ 25÷30 dm^3/min ,
 - ciśnienie powietrza przed mieszalnikami 0,5÷0,55 MPa,
 - zużycie powietrza na organ 1 m^3/min ,
- dla układu zraszania zewnętrznego:
 - ciśnienie wody przed dyszami 0,5 MPa,
 - zużycie wody na ramię 10 dm^3/min ,
 - ciśnienie powietrza przed dyszami 0,55 MPa,
 - zużycie powietrza 1,0 $\text{m}^3/\text{min}/\text{ramię}$.

Celem badań wdrażanej powietrzno-wodnej instalacji zraszającej podobnie jak podczas badań w ścianie W-9 było określenie skuteczności działania powietrzno-wodnej instalacji w zwalczaniu zapylenia oraz porównanie jej skuteczności w stosunku do instalacji standardowej kombajnu typu KSW-460NE.

Pomiary wykonano w ciągu czterech zmian roboczych we wrześniu 2007 r. Obejmowały one wyznaczenie wartości parametrów wody i powietrza. Punkty pomiarowe umiejscowiono tak jak w przypadku badań w ścianie W-9.

Dla przeprowadzenia pomiarów parametrów instalacji, zabudowano przyrządy pomiarowe i podłączono aparaturę rejestrującą (rys. 59).



Rys.59. Aparatura rejestrująco-pomiarowa w czasie badań powietrzno-wodnej instalacji zraszającej, usytuowana w chodniku przyścianowym

Każdorazowo po serii pomiarów kontrolowano i regulowano instalację zraszającą tak, aby mogła ona osiągać założone parametry przepływowe.

Podczas badań, podobnie jak poprzednio, badano cztery różne układy zraszania (opisane w rozdziale 5).

W wyniku badań stwierdzono, że w przypadku instalacji powietrzno-wodnej zużycie wody wynosiło $\sim 100 \text{ dm}^3/\text{min}$, przy zużyciu sprężonego powietrza około $\sim 3 \text{ m}^3/\text{min}$. Wartości ciśnienia obu mediów w ramionach wynosiły około $0,5 \pm 0,55 \text{ MPa}$. W organie ciśnienie wody wynosiło $1,5 \text{ MPa}$. Przy spadku ciśnienia powietrza do około $0,3 \text{ MPa}$, zużycie powietrza malało do $1 \text{ m}^3/\text{min}$, a zużycie wody wzrastało do około $140 \text{ dm}^3/\text{min}$ (rys. 60).

Zużycie wody podczas zraszania wodnego zanożowego, z dodatkowym zraszaniem powietrzno-wodnym z ramion kombajnu wynosiło około $200 \text{ dm}^3/\text{min}$ (rys. 61).

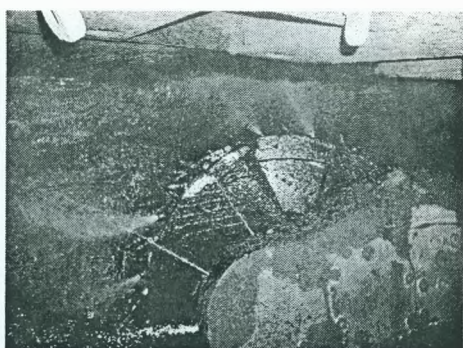
Ilość wody malała w przypadku dostarczania sprężonego powietrza do ramion kombajnu. Dla zraszania wyłącznie wodą zużycie wody wynosiło pow. $220 \text{ dm}^3/\text{min}$. Nie przeprowadzono pomiarów dla zraszania wodnego.

Pomiary zapylenia realizowano podobnie jak w ścianie W-9.

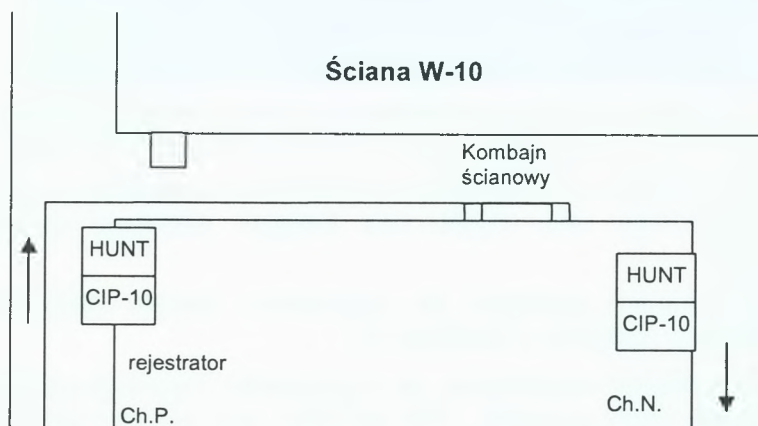
Pyłomierze optyczne typu TM firmy HUND oraz pyłomierze osobiste typu CIP 10 umiejscowione były na początku i na końcu ściany oraz na wysokości siódmej sekcji od strony chodnika podścianowego (rys. 62).



Rys.60. Zraszanie powietrzno-wodne z ramienia i z organu kombajnu



Rys.61. Zraszanie wodne zanożowe, z dodatkowym zraszaniem wodnym z ramion kombajnu



Rys.62. Usytuowanie miejsc do pomiaru wielkości stężenia zapylenia w ścianie nr W-10 urabianej kombajnem KSW-460NE

Pomiary przeprowadzono w ciągu 4 zmian roboczych.

Zgodnie z opracowaną wcześniej metodyką, dokonano pomiarów dla wszystkich zaobserwowanych kombinacji zraszania, przy zachowaniu wymogów DTR producenta kombajnu.

W tabeli 6 zestawiono wyniki badań i pomiarów na wlocie ściany, z użyciem pyłomierzy CIP-10 – zapylenie frakcją respirabilną (CIP-Xr) i całkowitą (CIP-Xc) oraz średnie zapylenie pyłomierzem optycznym HUND (Hhr).

W tabeli 7 zestawiono wyniki pomiarów na wylocie ze ściany z użyciem pyłomierzy CIP-10 – zapylenie frakcją respirabilną (CIP-Yr) i całkowitą (CIP-Yc) oraz średnie zapylenie pyłomierzem optycznym HUND (Ahr).

Tabela 6

Zapylenie na wlocie ściany mierzone pyłomierzem CIP-10 i pyłomierzem optycznym HUND

Data pomiaru	Czas trwania pomiaru [min]	Zapylenie na wlocie ściany [mg/m ³]		
		CIP- Xr	CIP-Xc	Hhr
dzień 1	205	2,25	11,94	1,54
dzień 2	185	1,70	7,71	1,35
dzień 3	185	2,27	8,59	2,23
dzień 4	185	2,31	9,42	2,08

Tabela 7

Zapylenie na wylocie ściany mierzone pyłomierzem CIP-10 i pyłomierzem optycznym HUND

Data pomiaru	Czas trwania pomiaru [min]	Zapylenie na wylocie ściany [mg/m ³]		
		CIP- Xr	CIP-Xc	Hhr
dzień 1	190	10,96	56,30	9,36
dzień 2	170	8,01	45,10	-
dzień 3	180	9,50	52,63	8,23
dzień 4	175	8,71	54,41	8,44

W tabeli 8 zestawiono wyniki pomiarów na siódmej sekcji od strony chodnika podścianowego z użyciem pyłomierzy CIP-10 – zapylenie frakcją respirabilną (CIP-Zr) i całkowitą (CIP-Zc).

Tabela 8

Zapylenie wysokości siódmej sekcji od wylotu ściany mierzone pyłomierzem CIP-10 i pyłomierzem optycznym HUND

Data pomiaru	Czas trwania pomiaru [min]	Zapylenie na wylocie ściany [mg/m ³]	
		CIP- Zr	CIP-Zc
dzień 1	195	9,61	49,66
dzień 2	175	7,28	41,59
dzień 3	185	9,57	55,53
dzień 4	180	7,75	53,68

Przeprowadzone pomiary wykazały, że na wlocie ściany (tabela 6) zapylenie całkowite wynosiło od 7,71÷11,94 mg/m³, zapylenie respirabilne wynosiło od 1,70÷2,31 mg/m³ według pyłomierzy CIP-10 oraz 1,35÷2,23 mg/m³ według pyłomierzy HUND. Zapylenie frakcją całkowitą na wylocie ściany (tabela 7) wynosiło 45,10÷56,30 mg/m³, zapylenie frakcją respirabilną wynosiło 8,01÷10,96 mg/m³ mierzonego za pomocą CIP-10 oraz 8,23÷9,36 mg/m³ według pyłomierza HUND. Zapylenie mierzone pyłomierzem CIP-10 na wysokości 7 sekcji obudowy było zbliżone do zapylenia na wylocie ściany.

Przyrost zapylenia na wylocie ściany w stosunku do zapylenia na wlocie (tabela 9) wynosił odpowiednio: $37,39 \div 44,99 \text{ mg/m}^3$ frakcji całkowitej i $6,31 \div 8,71 \text{ mg/m}^3$ frakcji respirabilnej mierzonej pyłomierzem CIP-10 oraz $6,00 \div 7,82 \text{ mg/m}^3$ frakcji respirabilnej mierzonej pyłomierzem HUND.

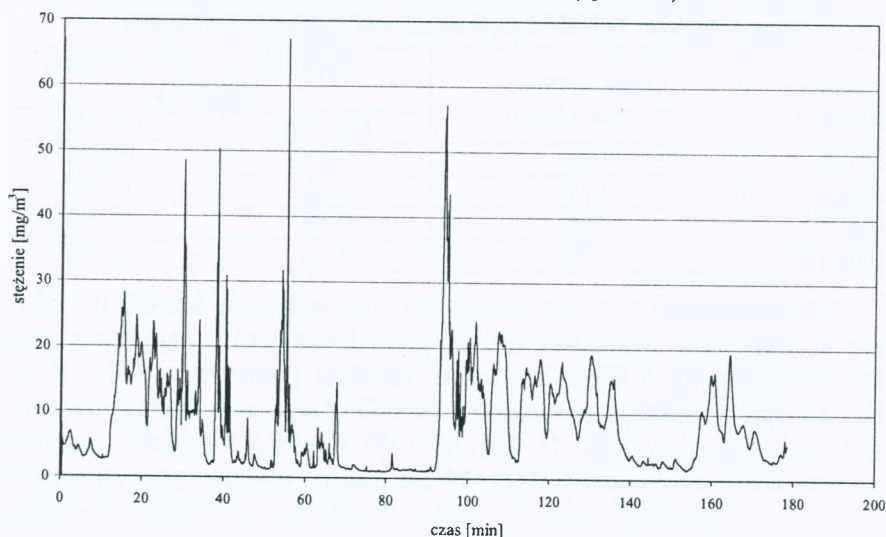
Tabela 9

Różnica zapylenia pomiędzy wylotem a wlotem ściany mierzone pyłomierzem CIP-10 i pyłomierzem optycznym HUND

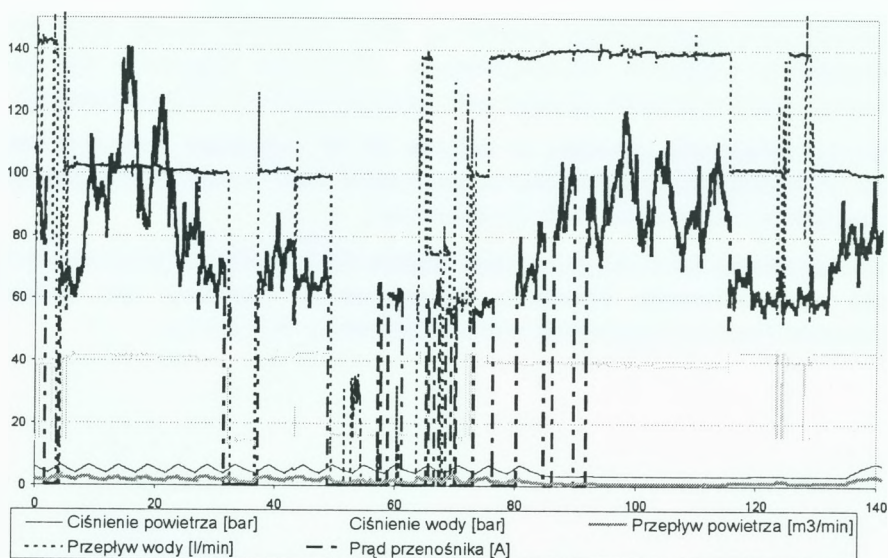
Data pomiaru	Średni czas trwania pomiaru [min]	Zapylenie na wylocie ściany [mg/m ³]		
		CIP (Y-X)r	CIP-(Y-X)c	(A-H)hr
dzień 1	197,5	8,71	44,36	7,82
dzień 2	177,5	6,31	37,39	-
dzień 3	182,5	7,23	44,04	6,00
dzień 4	180	6,40	44,99	6,36

Zapylenie podczas wszystkich zmian pomiarowych było zbliżone.

Zapylenie wzrastało okresowo w przypadku wyłączenia sprężarek, czyli obniżenia ciśnienia podawanego powietrza z 0,55 do 0,3 MPa i zmniejszenia przepływu z około $3 \text{ m}^3/\text{min}$ do $1 \text{ m}^3/\text{min}$. Przepływ wody na kombajnie wzrastał wtedy ze 100 do około 140 l/min. Przykład takiego wzrostu zapylenia spowodowany zmianą parametrów zasilania instalacji zraszającej przedstawiono na rysunku 63. Można zauważyć, że wyłączenie sprężarek spowodowało obniżenie ciśnienia i przepływu sprężonego powietrza pomiędzy 90 a 140 min pomiaru, co spowodowało wzrost zapylenia respirabilnego w tym czasie (rys. 64).



Rys.63. Zmienność stężenia zapylenia frakcji respirabilnej na wylocie ściany



Rys.64. Przebiegi ciśnienia i przepływu powietrza i wody oraz prądu przenośnika

Podczas prowadzenia badań służby wentylacyjne kopalni prowadziły pomiar przepływu powietrza w ilości około $1000 \text{ m}^3/\text{min}$, przy prędkości około $2,5 \text{ m/s}$.

W wyniku badań i obserwacji wdrażanej powietrzno-wodnej instalacji zraszającej sformułowano następujące wnioski:

- przeprowadzone badania zrealizowane w formie wdrożenia powietrzno-wodnej instalacji zraszającej miały na celu określenie jej skuteczności w ograniczeniu zapylenia,
- powietrzno-wodna instalacja zraszająca zraszania zewnętrznego charakteryzowała się dużą niezawodnością działania,
- załoga obsługująca kombajn chętnie korzystała ze stosowania sprężonego powietrza niezależnie od rodzaju zraszania,
- zastosowane średnice dysz wodnych oraz sposób ich zabudowy na organie urabiającym wykazywały się większą drożnością przy stosowaniu ciśnień powyżej $2,0 \text{ MPa}$. Przy ciśnieniu niższym dysze ulegały częstym zatkaniam. Stosowanie dysz o średnicy 2 mm i większych rozwiązałoby prawdopodobnie problem z zatykaniem i pozwalałoby na zastosowanie ciśnienia niższego, równego ciśnieniu sprężonego powietrza; uniemożliwiłoby jednak stosowanie alternatywnej wodnej instalacji zraszającej z uwagi na duże zapotrzebowanie w wodę,

- stosowanie sprężonego powietrza przy ciśnieniu około 0,55 MPa zapewnia znacznie skuteczniejsze obniżenie zapylenia niż przy wartościach ciśnienia obniżonych lub braku sprężonego powietrza,
- przeprowadzone pomiary w ścianie W-10 wykazały znaczne obniżenie zapylenia w odniesieniu do badań eksploatacyjnych przeprowadzonych w ścianie W-9 (2÷5-krotnie),
- zastosowana powietrzno-wodna instalacja zraszająca przyczyniła się do podwyższenia komfortu pracy załogi, ochrony ich zdrowia i podwyższenia bezpieczeństwa eksploatacji w ścianie.

7. PODSUMOWANIE

Dariusz Prostański

Zastosowanie powietrzno-wodnej instalacji zraszającej spowodowało ograniczenie zapylenia powstającego w wyniku urabiania kombajnem ścianowym.

Instalacja zraszająca jest prosta w budowie. Możliwa jest jej adaptacja do innych kombajnów ścianowych.

Układ kontroli i regulacji powietrzno-wodnej instalacji zraszającej, sukcesywnie doskonalony osiągnął wersję docelową zalecaną do wdrożenia.

Powietrzno-wodna instalacja zraszająca, została przebadana w Kopalni Doświadczalnej „Barbara”, gdzie potwierdzono jej skuteczność gaszenia zapalonego gazu i niedopuszczania do zainicjowanego zapłonu gazu.

Po wdrożeniu powietrzno-wodnej instalacji zraszającej w ścianie W-10, została ona zastosowana w kolejnej ścianie KWK „Pniówek” w I kwartale 2008 r.

Efektem wdrożenia instalacji było podniesienie komfortu i bezpieczeństwa pracującej załogi.

Po pozytywnych doświadczeniach ruchowych ZZM S.A. rozpoczęły produkcję kombajnów KSW-460NE z powietrzno-wodną instalacją zraszającą, z których pierwszy egzemplarz został zlokalizowany w KWK „Budryk”.

CMG KOMAG opracował dokumentację techniczną powietrzno-wodnej instalacji zraszającej dla kombajnów KSW-800EU oraz KSW-1140EZ, których wdrożenie przewidziane jest w 2009 r.

W wyniku zdobytych doświadczeń REMAG S.A. wyprodukował powietrzno-wodną instalację zraszającą dla kombajnu chodnikowego R-200 [47, 48] na podstawie dokumentacji opracowanej w CMG KOMAG. Instalacja przeszła pozytywne badania w KD „Barbara” w zakresie skuteczności niedopuszczania do zapłonów gazu i gaszenia płomieni gazowych, a kombajn rozpoczął pracę w KWK „Murcki”.

CMG KOMAG na potrzeby producentów instalacji zaprojektował dysze dwuczynnikiowe StK-2D, StK-Z oraz StK-R, których produkcję podjął ZP STALMET.

LITERATURA

1. Bałaga D., Prostański D., Rojek P.: Wdrożenie instalacji zraszającej powietrzno-wodnej kombajnu KSW-460NE w KWK Pniówek w ścianie W-10. Monografia - Konferencja TUR 2007: Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał związanych, Kraków 2007.
2. Bałaga D., Prostański D., Rojek P.: Zastosowanie instalacji zraszającej aerozolem powietrzno-wodnym przeznaczonej dla kombajnów ścianowych w aspekcie walki z zagrożeniem metanowym i pyłowym. Monografia-Konferencja KOMEKO 2007: Zarządzanie środowiskiem w aspekcie zrównoważonego rozwoju terenów uprzemysłowionych, Gliwice 2007.
3. Baron E., Mentlik K., Lebecki K., Prostański D., Rojek P.: Pierwsze doświadczenia eksploatacyjne stosowania kombajnu KSW-460NE z powietrzno-wodną instalacją zraszającą w warunkach eksploatacji KWK Pniówek. Monografia - Konferencja KOMTECH 2006: Innowacyjne i bezpieczne systemy mechanizacyjne do eksploatacji surowców mineralnych, Gliwice 2006.
4. Bauer F., Maas M.: Enhancement Potentials in Roadway Driving by high efficient Equipment and Systems. RWTH AACHEN 2002.
5. Bete. Katalog wyrobów. 2003.
6. Cecała A. i inni: Reducing longwall face ignitions. World Mining Equipment 1985, vol. 9, nr 1.
7. Cecała AB, Jayaraman N: Modified shearer-clearer system for dust and methane control. Department of the Interior, Bureau of Mines. Pittsburgh 1994, IC 9404. NTIS No. PB95104873.
8. Clarke R.D.C.: The extraction drum as a ventilation device. Colliery Guardian 1987.
9. Claphan S.: Fighting dust with air. World Coal 2003.
10. Gastberg I., Tebbe W., Brandt J.: New developments for the reduction of ignition with selective-cut heading machines by using water-mist-spraying-systems. 29th International Conference of Safety in Mines Research Institutes, Szczyrk 2001.
11. Jeschner E.: Poprawa bezpieczeństwa pracy w niemieckim górnictwie węgla kamiennego przez zastosowanie powietrzno-wodnego systemu zraszania firmy Paurat. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna: Nowoczesne metody drażenia wyrobisk korytarzowych z uwzględnieniem aspektów bezpieczeństwa pracy. CMG KOMAG-SITG, Szczyrk 1996.
12. Junker M., Gastberg I., Tebbe W.: Entwicklung und Ersteinsatz des „Optimierten Kombinierten Sicherheits-Systems“ für TSM auf dem Bergwerk Niederberg. Glückauf 2001, nr 1/2 (137).

13. Kalukiewicz A., Klich A., Kotwica K.: Możliwości i efektywność zwalczania zapylenia przez wprowadzenie wysokociśnieniowego strumienia wody w strefę skrawania. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna: Zwalczanie zagrożeń pyłowych w górnictwie. CMG KOMAG-SITG, Wisła 1999.
14. Karaźniewicz K.; Sedlaczek J.: Nowe inżynierowe urządzenia zraszające dla górnictwa produkcji ZP STALMET. Maszyny Górnicze 2002, nr 94.
15. Klich A., Gospodarczyk P., Kotwica K.: Redukcja emisji pyłów przy stosowaniu wysokociśnieniowego zraszania wewnętrznego organów urabiających. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna: Zwalczanie zagrożeń pyłowych w przemyśle górnictwym na świecie. CMG KOMAG, Szczyrk 1996.
16. Kozieł A.: Zwalczanie zapylenia w systemach ścianowych – doświadczenia polsko-amerykańskiej współpracy w ramach II Funduszu im. Marii Skłodowskiej-Curie. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna CMG KOMAG pt.: Zwalczanie zagrożeń pyłowych w górnictwie, Wisła 1999.
17. Kozieł A., Pieczora E., Prostański D.: Prace badawcze Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG na rzecz zwalczania zapylenia kwartalnik naukowo-techniczny. Maszyny Górnicze 2005, nr 4.
18. Krackhecke M.; Finkenbusch R.: Wassernebelbedüsungen für Querschneidköpfe und wettertechnische Optimierungen in TSM-Votrieben. Glückauf 2002, nr 5 (138).
19. Kusak E., Sedlaczek J.: Nowy, zintegrowany z kombajnem zespół pompowy do zasilania zraszania. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna CMG KOMAG-SITG, Wisła 1999.
20. Lebecki K., Prostański D., Sedlaczek J., Zellner E.: Nowe kierunki i koncepcje w zakresie badań skuteczności działania systemów zraszania stosowanych w kombajnach górniczych, w aspekcie gaszenia i zapobiegania zapłonom gazu. Monografia - Konferencja KOMTECH 2006: Innowacyjne i bezpieczne systemy mechanizacyjne do eksploatacji surowców mineralnych. CMG KOMAG, Gliwice 2006.
21. Lebecki K., Prostański D., Sedlaczek J., Zellner E.: Nowa koncepcja powietrzno-wodnego zraszania do kombajnów ścianowych. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 2007, nr 2.
22. Lebecki K.; Prostański D.; Sedlaczek J.; Zellner E.: Wyniki pilotażowych badań nowej instalacji powietrzno-wodnego zraszania na kombajnach ścianowych, w aspekcie gaszenia i zapobiegania zapłonom gazu. Przegląd Górniczy 2006, nr 7-8.
23. Lebecki K., Rosmus P., Zellner E.: Pyłomierze optyczne – możliwości praktycznych zastosowań. Konferencja Naukowo-Techniczna GIG p.t. Zwalczanie zagrożeń pyłowych w górnictwie, Ustroń 1995.

24. Lebecki K., Zellner E., Bywalec T.: Ocena skuteczności instalacji zraszających w zwalczaniu zapylenia powietrza. Ogólnopolska Konferencja GIG i CIOP pt.: Środki ochrony indywidualnej w środowisku pracy, Szczyrk 2001.
25. Leeming J.J.: Zwalczanie zapylenia w wyrobiskach ścianowych – doświadczenia górnictwa USA i W. Brytanii. Konferencja CMG KOMAG: Zwalczanie zapylenia w wyrobiskach ścianowych, Szczyrk 1993.
26. Mazur M., Koczwarą J.: Informacja w zakresie wystąpienia niebezpiecznych zdarzeń w procesie urabiania. III Międzynarodowa Konferencja Techniki Urabiania 2003, Kraków-Krynica 2003.
27. Mazurkiewicz A., Dziura J.: Prace nad nowymi rozwiązaniami w zakresie zwalczania zapylenia w ścianach kombajnowych. Konferencja CMG KOMAG: Zwalczanie zapylenia w wyrobiskach ścianowych, Szczyrk 1993.
28. Mielniczuk L., Światała S., Zadęcki G., Kozień K.: Wysokociśnieniowy układ zraszania wewnętrznego w kombajnach ścianowych eksploatowanych w KWK Piast. Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna CMG KOMAG-SITG, Wisła 1999.
29. Ministerstwo Uogolnoj Promysliennosti SSSR: Oborudowanie i pribory dla kompleksnowo obiespyliwanija uogolnych szacht, razriezow i obogatitielnych fabrik”. Katalóg, Moskwa 1979.
30. Oborudowanje i pribory dla kompleksowo objecpyliwanija udolnych szacht, razriezow i obogatitielnych fabryk (katalóg), Moskwa 1979.
31. Opracowanie Bureau of Mines: Dust control handbook for longwall mining operation, maj 1985.
32. Pieczora E., Prostański D., Rojek P., Sedlaczek J.: Nowa koncepcja zraszania powietrzno-wodnego do zwalczania zapylenia i zagrożenia metanowego. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 2007, nr 3.
33. Polska Norma PN-G-04035; Ochrona czystości powietrza w podziemnych zakładach górniczych. Pomiar zapylenia powietrza oraz oznaczanie zawartości wolnej krystalicznej krzemionki w pyle. Warszawa, grudzień 2002.
34. Prostański D., Bałaga D., Rojek P.: Nowe możliwości zastosowania zraszania powietrzno-wodnego w podnoszeniu bezpieczeństwa eksploatacji kombajnami ścianowymi. Konferencja SITG-WUG Problemy Bezpieczeństwa i Ochrony Zdrowia w Polskim Górnictwie, Ustroń 2007.
35. Prostański D., Bałaga D., Rojek P.: Wdrożenie powietrzno-wodnej instalacji zraszającej zastosowanej w kombajnie KSW-460NE. Sympozjum: 60 lat razem z górnikami. ZZM-KOPEX, Zabrze 2007.

36. Prostański D., Bałaga D., Rojek P., Winiarz D., Mentlik K: Instalacja zraszająca w kombajnie KSW-460NE. Wiadomości Górnicze 2007, nr 7÷8.
37. Prostański D., Rojek P., Sedlaczek J.: Nowe rozwiązania dysz zraszających dla górnictwa kamiennego opracowane w CMG KOMAG. Monografia-Konferencja KOMTECH 2007: Innowacyjne i bezpieczne maszyny i urządzenia dla górnictwa węgla kamiennego. CMG KOMAG, Gliwice 2007.
38. Prostański D., Rojek P., Bałaga D., Wiśniarz D., Mentlik K.: Badania i ocena efektów wdrożenia powietrzno-wodnej instalacji zraszającej kombajnu KSW-460NE. Monografia-Konferencja KOMTECH 2007: Innowacyjne i bezpieczne maszyny i urządzenia dla górnictwa węgla kamiennego. CMG KOMAG, Gliwice 2007.
39. 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.
40. Prostański D., Rojek P., Sedlaczek J.: Wyniki i przebieg prób eksploatacyjnych zraszania powietrzno-wodnego, zastosowanego do zwalczania zapylenia i zagrożeń metanowych, w kombajnie ścianowym typu KSW-460NE pracującym w KWK Pniówek. Monografie - Konferencja KOMTECH 2006: Innowacyjne i bezpieczne systemy mechanizacyjne do eksploatacji surowców mineralnych. CMG KOMAG, Gliwice 2006.
41. Prostański D. i inni: System zraszania zewnętrznego powietrzno-wodnego dla warunków eksploatacji ścianowej w KWK Bogdanka. Koncepcja i projekt wstępny instalacji zraszania zewnętrznego powietrzno-wodnego dla warunków eksploatacji ścianowej w KWK Bogdanka. CMG KOMAG, Gliwice 2004 (praca nie publikowana).
42. Rüssmann F.: Zwalczanie zapylenia przy urabianiu kombajnami firmy Eickhoff. Konferencja CMG KOMAG pt.: Zwalczanie zapylenia w wyrobiskach ścianowych, Szczyrk 1993.
43. Sedlaczek J.: Problemy zwalczania zapylenia powstającego w czasie pracy kombajnów ścianowych. Maszyny Górnicze 1984, nr 5.
44. Sedlaczek J.: Rozwiązania stosowane w kombajnach ścianowych dla zmniejszenia zagrożenia wybuchu metanu. Maszyny Górnicze 1986, nr 13.
45. Sedlaczek J.: Analiza celowości zastosowania organów urabiających z rotacyjną kurtyną powietrzną pod kątem zwalczania zagrożenia metanowego, w oparciu o dostępne wyniki eksploatacyjne. Gliwice, październik 2003 (praca nie publikowana).

46. Spraying Systems. Katalog wyrobów. 2003.
47. Staniczek F., Trzęsimiech K., Puchała B., Pieczora E., Prostański D., Rojek P., Bałaga D.: Kurtyna powietrzno-wodna kombajnu chodnikowego R-200. Monografia - Konferencja KOMTECH 2007: Innowacyjne i bezpieczne maszyny i urządzenia dla górnictwa węgla kamiennego. CMG KOMAG, Gliwice 2007.
48. Staniczek F., Trzęsimiech K., Puchała B., Pieczora E., Prostański D., Rojek P., Bałaga D.: Kurtyna powietrzno-wodna kombajnu chodnikowego R-200. Maszyny Górnicze 2007, nr 4.
49. System zewnętrznego zraszania kombajnu ścianowego zapewniający bezpieczną eksploatację w warunkach zagrożenia metanowego. Projekt celowy nr 03601/CT12-6/2004. JSW S.A. - CMG KOMAG 2004÷2007.
50. Wolter N. i inni: Vergleich von Ejektorbedüsung und konventioneller Innenbedüsung an einer Schrämwalze. Gluckauf-Forschungshefte 1988, nr 3 (49).
51. Voholt M., Duszkiewicz J.: Nowe możliwości chodnikowych maszyn urabiających firmy HOWDEN PAURAT GmbH. Konferencja naukowo-techniczna CMG KOMAG pt.: Nowe możliwości maszyn urabiających. Szczyrk, marzec 1997.
52. Załącznik nr 5 do Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 2 września 2002 r. Dz.U. z 2005 r. Nr 228 poz.1947.

System powietrzno-wodnego zraszania zewnętrznego kombajnu ścianowego

Streszczenie

Monografia jest podsumowaniem realizacji projektu celowego nr 6 T12 2004C/06337 pt. *System zewnętrznego zraszania kombajnu ścianowego zapewniający bezpieczną eksploatację w warunkach zagrożenia metanowego*, oraz prac realizowanych w CMG KOMAG związanych ze zraszaniem powietrzno-wodnym. Opracowanie obejmuje opis prac, które CMG KOMAG podjęło samodzielnie względnie z partnerami przemysłowymi.

W pracy przedstawiono opis zagrożeń związanych z podziemną eksploatacją pokładów węgla kamiennego metodą mechanicznego urabiania oraz sposoby ich ograniczania, a szczególnie sposobów ograniczania ryzyka wybuchu metanu i pyłu węglowego. Dokonano przeglądu wybranych technologii w zakresie zwalczania zapylenia, uwzględniających między innymi: systemy zraszające, zraszanie wewnętrzne i zewnętrzne oraz systemy zraszające wspomagające rozrzedzanie metanu.

W monografii wykazano, że zwiększenie bezpieczeństwa pracy w przodkach ścianowych może zostać osiągnięte poprzez zastosowanie dodatkowego zewnętrznego zraszania realizowanego z użyciem mieszaniny powietrzno-wodnej.

Zaproponowano zastosowanie podwójnego systemu zraszania: zewnętrznego i wewnętrznego. Koncepcja takiego systemu zraszania spełnia wymagania obowiązujących przepisów wymuszających wspomaganie zraszania wewnętrznego zraszaniem dodatkowym.

Przeprowadzone badania systemu zraszania powietrzno-wodnego; w tym badania modelowe, obejmujące komputerową symulację stref zraszania, badania modelu instalacji potwierdziły poprawność koncepcji, co zaowocowało wykonaniem egzemplarza doświadczalnego i przeprowadzeniem badań stanowiskowych oraz eksploatacyjnych.

Zgodnie z wynikami i wnioskami po badaniach eksploatacyjnych skorygowano rozwiązanie instalacji zraszającej kombajnu. Po korekcie rozwiązania nastąpił etap wdrożenia powietrzno-wodnej instalacji zraszającej, podczas którego dokonano oceny parametrów wdrażanej instalacji zraszającej, w aspekcie skuteczności ograniczenia zapylenia w ścianie, powstałego w wyniku eksploatacji kombajnu ścianowego KSW-460NE.

Wyniki badań potwierdziły, że powietrzno-wodna instalacja zraszająca zraszania zewnętrznego charakteryzuje się dużą niezawodnością działania i przyczyniła się do podwyższenia komfortu pracy załogi, ochrony ich zdrowia i podwyższenia bezpieczeństwa eksploatacji w ścianie.

Air-and-water system for external spraying of longwall shearer

Abstract

Monograph is a summary of realization of the targeted project No. 6 T12 2004C/06337 entitled: *"System of external spraying of longwall shearer, which guarantees safe operation in the conditions of methane hazard"*, and other projects associated with air-and-water spraying realized in the KOMAG Centre. The monograph includes description of projects which the KOMAG Centre realized on its own or together with industrial partners.

Description of the hazards associated with underground exploitation of hard coal seams by the mechanical mining method as well as the methods for their elimination, especially as regards reduction of possibility of methane and coal dust explosion, was presented.

A review of selected technologies for dust control, which include among others spraying systems, internal and external spraying as well as the spraying systems causing methane dilution, was made.

In the monograph it was proved that an increase of safety in the longwall faces can be reached by using additional external spraying with air-and-water mixture.

Use of dual spraying system: external one and internal one was suggested. A concept of such spraying system meets the requirements of current regulations that force a support of internal spraying by an additional spraying system.

The tests of air-and-water spraying system, including the model tests with computer simulation of spraying areas and tests of the model of installation have confirmed the concept correctness what has resulted in manufacture of the prototype and in carrying out stand and operational tests.

According to the results and conclusions from the operational tests a design of the installation, which sprays the shearer, has been corrected. After corrections of the solution, air-and-water spraying installation was implemented and an assessment of parameters of the system as regards efficiency of reduction of dust in the longwall face, generated during operation of KSW-460NE longwall shearer, was made.

Test results have confirmed high reliability of the spraying installation and proved an increase of work comfort for workers, their health protection as well as increase of mining safety in the longwall face.

ISBN: 978-83-60708-27-9