

Leszek SOBIK
Kompania Węglowa SA, KWK „Chwałowice”

WYKORZYSTANIE ZASŁONY POWIETRZNEJ W TAMIE Z WENTYLATOREM – WENTYLATOR ZASŁONOWY

Streszczenie. W artykule przedstawiono wstępne uwagi, obserwacje i wyniki pomiarów dotyczące wykorzystania zasłony powietrznej w tamie z wentylatorem. Przedstawiono możliwość stosowania zasłony powietrznej i wentylatora pracującego w tamie wentylacyjnej do poprawy intensywności przewietrzania w sieciach wentylacyjnych w kopalniach węgla kamiennego. Otrzymane pozytywne wyniki w większości przeprowadzonych prób świadczą o zasadności stosowania układu zasłony powietrznej w tamie z wentylatorem.

USING THE AIR-SCREEN IN THE STOPPING WITH VENTILATOR – SCREEN VENTILATOR

Summary. Preface, observations and the results of measurements concerning the use of the air-screen in the stopping with ventilator are presented in this article. There is described the possibility of using mentioned above air-screen and the ventilator working in the air stopping to improve ventilation intensity in the coal mines. Positive results, which were received in most carried out tests, show that the air-screen system should be used in the stopping with ventilator.

1. Wprowadzenie

Zasadniczym zadaniem stawianym przed wentylacją kopalni jest zapewnienie ciągłej wymiany powietrza w wyrobiskach górniczych. Jest to niezbędny warunek pracy górników i eksploatacji kopaliny. Odpowiednio zaprojektowana i racjonalna wentylacja stanowi istotny warunek pracy bezpiecznej oraz zgodnej z zasadami higieny i fizjologii.

Koncentracja wydobywania, schodzenie z eksploatacją na coraz to większe głębokości, udostępnianie kolejnych pokładów przekopami pochyłymi oraz nierzadko prowadzenie eksploatacji podziemowej tworzą skomplikowany układ sieci wentylacyjnych nieraz trudny

do prawidłowego przewietrzenia. Dążąc do poprawy przewietrzania tzw. trudnych rejonów, czyli rejonów, przez które nie przepływa wymagana ilość powietrza, stosuje się od lat szczególnie w kopalniach LGOM-u, dodatkowe wentylatory, tzw. wentylatory swobodne lub wentylatory umieszczone w tamach, tzw. wentylatory pomocnicze. Tematy te poruszane były między innymi w pracach [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Ze względu na zagrożenie, jakie w razie pożaru może stanowić wentylator pomocniczy zabudowany w tamie, użycie takiego wentylatora w sieci wentylacyjnej do regulacji przewietrzania obecnie może być dopuszczone na odpowiednich warunkach określonych przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego.

W niniejszym artykule podjęto próbę ukazania współpracy wentylatora umieszczonego w tamie z zasłoną powietrzną, które to urządzenie może zastąpić w swojej funkcji regulacyjnej system śluz i tam wentylacyjnych.

2. Opis stanowiska pomiarowego

Wstępne badania i obserwacje współpracy wentylatora umieszczonego w tamie z zasłoną powietrzną (kurtyną powietrzną) zastępującą typowe „drzwi” tamy wentylacyjnej przeprowadzono na specjalnie przygotowanym stanowisku pomiarowym w wyrobisku dołowym starając się odzwierciedlić określony układ sieci wentylacyjnej. Wspomniane stanowisko pomiarowe (rys.1) zlokalizowane zostało w bocznicy w prądzie przekątnym z możliwością regulacji parametrów przepływającego powietrza przez tę bocznicę.

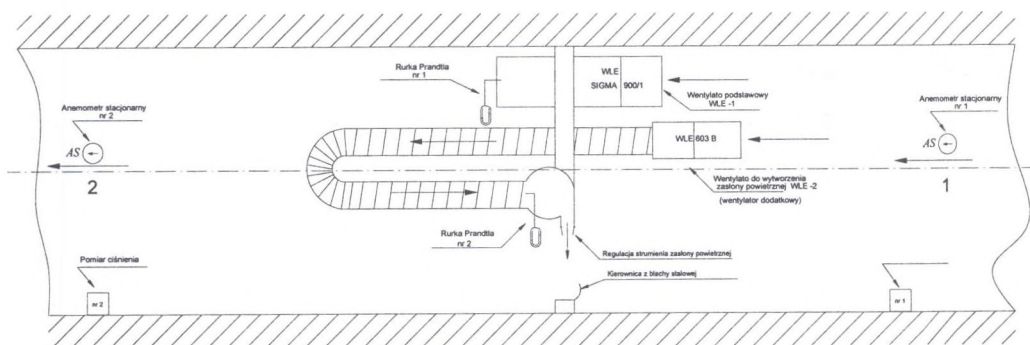
Zastosowany układ wentylatora zasłonowego składał się z wentylatora podstawowego (WLE-1) i wentylatora dodatkowego (WLE-2) użytego do wytworzenia zasłony powietrznej. Głównym elementem wykonanego stanowiska pomiarowego jest tama murowa, w której zabudowano wentylator podstawowy (WLE-1). Do celów badawczych użyto jako wentylatora podstawowego wentylator lutniowy typu WL-SIGMA 900/1. Jest to typowy osiowy wentylator lutniowy, jednostopniowy, który może pracować w układzie wentylacji ssącej lub tłoczącej i może być stosowany w wyrobiskach ze stopniem „a”, „b” lub „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz klasie A i B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

W ww. tamie murowej zabudowana została specjalnie przystosowana lutnia metalowa z regulowaną za pomocą kierownic szczeliną wylotową, służącą do ukierunkowania zasłony powietrznej w pozostawionym niezabudowanym przejściu. Do wytworzenia zasłony powietrznej zastosowano dodatkowy wentylator (WLE-2) lutniowy osiowy, dwustopniowy

o układzie przeciwbieżnym typu WLE – 603B. Wentylator ten połączono lutnią elastyczną z odpowiednio przystosowaną lutnią metalową. Powstały układ pozwolił na wytworzenie zasłony powietrznej (kurtyny powietrznej) w niezabudowanej części tamy murewej (prostokąt o wymiarach 1,95 x 1,2m). W celu lepszego ukierunkowania strumienia zasłony powietrznej przy filarku ociosowym tamy murewej zabudowano kierownicę z blachy stalowej.

W strumieniu powietrza wypływającego z wentylatora podstawowego i w strumieniu powietrza wypływającego z wentylatora dodatkowego zabudowano rurki spiętrzeniowe (rurki Prandtla) połączone z manometrami wodnymi. Odczytana wartość ciśnienia dynamicznego pozwoliła na obliczenie poszczególnych prędkości przepływającej strugi powietrza.

Wydajność (zmiany wydajności) wentylatora podstawowego i wentylatora dodatkowego obliczano na podstawie pomiaru prędkości powietrza w punkcie 1 i w punkcie 2, o ustalonych przekrojach za pomocą zabudowanych stacjonarnych anemometrów mikroprocesorowych typu AS-3 (rys.1).



Rys. 1. Stanowisko do badań wykorzystania zasłony powietrznej w tamie z wentylatorem
Fig. 1. The work – stand concerning using the air – screen in the stopping with ventilator

3. Metodyka pomiarów, wyznaczenie parametrów wyjściowych

W celu określenia współpracy wykorzystania zasłony powietrznej w tamie z wentylatorem na przygotowanym stanowisku pomiarowym wykonano szereg pomiarów według ustalonego cyklu pomiarowego. Dla uzyskania możliwie szerokiego zakresu badań zmieniano kolejno poszczególne parametry wpływające na wytworzoną zasłonę powietrzną (kurtynę powietrzną).

Przy wykonywaniu doświadczenia poszczególne parametry zmieniano w określonym zakresie:

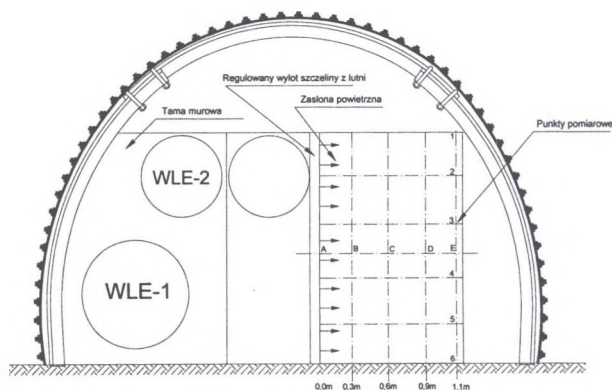
- regulację szerokości szczeliny wylotowej tworzącej zasłonę powietrzną w trzech zakresach: szczelina 100% (200 mm), szczelina 50% (100 mm), szczelina 10% (20 mm),
- przydławienie wentylatora podstawowego (WLE-1) o 1/3 i 2/3 powierzchni wlotowej,
- przydławienie wentylatora dodatkowego (WLE-2) o 1/3 i 2/3 powierzchni wlotowej.

W czasie eksperymentu przy założonych różnych układach regulacji wentylatora podstawowego (WLE-1), wentylatora dodatkowego (WLE-2) i szerokości szczeliny dokonywano rejestracji i pomiarów następujących parametrów:

- a) rejestracja (co 30 sek.) ciśnienia bezwzględnego za pomocą barometrów dołowych (dokładność pomiaru 10 Pa, rozdzielczość pomiaru ± 1 Pa) umieszczonych w prądzie powietrza dopływającym do wentylatora podstawowego i w prądzie wypływającym z wentylatora dodatkowego, tj. w punkcie nr 1 i punkcie nr 2 (rys. 1). Punkty pomiarowe wyznaczono w dostatecznej odległości (od 60-80m) od tamy murowej, gdzie przepływ był w miarę równomierny, tzn. z dala od przeszkód i rozgałęzień. W punktach 1 i 2 mierzono także temperaturę suchą i wilgotną za pomocą psychrometru Assmana wyznaczając następnie wilgotność względną powietrza;
- b) rejestracja prędkości przepływającego powietrza za pomocą zabudowanych stacjonarnych anemometrów mikroprocesorowych ultradźwiękowych typu AS-3 (zakres pomiarowy $0,1 \div 10$ m/s). Anemometry zabudowane zostały we wspomnianych wcześniej punktach 1 i 2 o ustalonych przekrojach w osi przekroju wyrobiska na wysokości ok. 2/3 licząc od spągu chodnika. Anemometry dokonywały ciągłego pomiaru prędkości przepływu powietrza, a współpracując z cyfrową centralą dołową typu CCD-1 przekazywały dane do powierzchniowej centrali telemetrycznej typu CMC-3MS wchodzącej w skład systemów monitorowania parametrów środowiska kopalnianego typu SMP-NT. Jednocześnie w celach kontrolnych przy anemometrach stacjonarnych dokonywano pomiarów ręcznych prędkości chwilowej za pomocą elektronicznego anemometru typu: μ AS4;
- c) pomiar ciśnienia dynamicznego. Za pomocą rurek spiętrzeniowych (rurki Prandtla) połączonych z manometrami wodnymi dokonywano pomiaru ciśnienia dynamicznego występującego w strumieniu powietrza wypływającego z wentylatora podstawowego (rurka Prandtla nr 1 i manometr wodny nr 1) i w strumieniu powietrza wypływającego z wentylatora dodatkowego (rurka Prandtla nr 2 i manometr wodny nr 2). Odczytana

wartość ciśnienia dynamicznego pozwoliła na obliczenie poszczególnych prędkości przepływającego powietrza;

- d) pomiar prędkości strugi powietrza wytworzonej zasłoną powietrzną (kurtyną powietrzną) w niezabudowanej części tamy murowej (prostokąt o wymiarach 1,95x 1,2m). Pomiar dokonywano za pomocą ręcznego anemometru elektronicznego typu μ AS4 o średnicy głowicy pomiarowej 100 mm. Pomiary prędkości powyżej 20 m/s dokonywano skrzydełkowym anemometrem ręcznym typu „Baltimore”. Pomiary wykonywano w wyznaczonych punktach wytworzonej zasłony powietrznej. Punkty pomiarowe przedstawiono na rys. 2. W celu otrzymania jak najbardziej wiarygodnych wyników pomiary ręczne w wyznaczonych punktach wykonywano kilkakrotnie, a wynik końcowy był średnią arytmetyczną w danym punkcie pomiarowym.



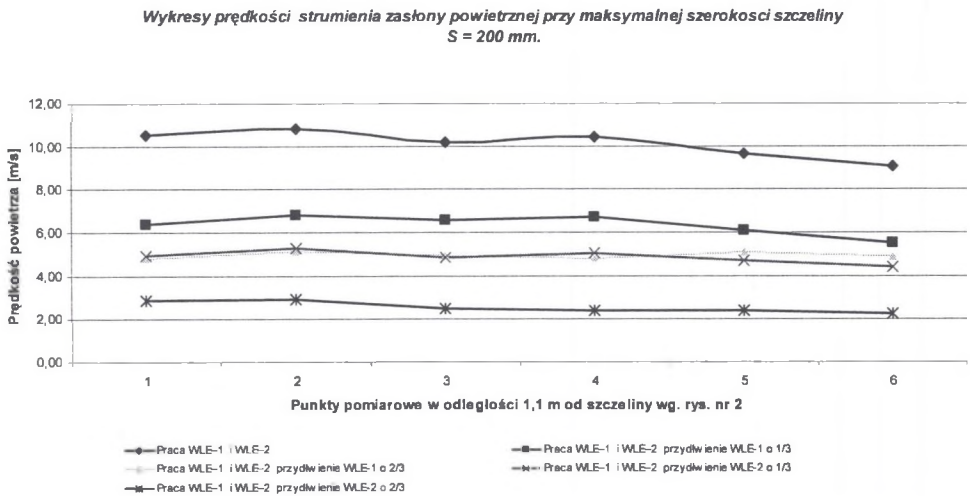
Rys. 2. Przekrój przez stanowisko do badań wykorzystania zasłony powietrznej w tamie z wentylatorem z pokazaniem punktów pomiarowych, w których wykonywano pomiary

Fig. 2. The vertical section of the work – stand concerning the use of air – screen in the stopping with ventilator, with the measuring points where measurements were carried out

4. Możliwość zastosowania zasłony powietrznej w tamie z wentylatorem

Chcąc zobrazować możliwości współpracy wentylatora z wytworzoną zasłoną powietrzną (zastępującą typowe drzwi w tamie wentylacyjnej) przez wentylator dodatkowo przeprowadzono analizę efektów otrzymanych pomiarów przy zmianie parametrów wpływających na wytworzoną zasłonę powietrzną (kurtynę powietrzną). Pomiary wykonano dla różnych szerokości szczeliny wylotowej tworzącej zasłonę powietrzną oraz różnych układów połączeń wentylatorów WLE-1 i WLE-2. Przykładowe wyniki uzyskane z pomiarów i obliczeń przedstawiono na rys. od 3 do 5.

Oprócz tych pomiarów i obliczeń przeprowadzono obserwacje zachowania się zasłony powietrznej w zależności od szerokości szczeliny i układu połączeń wentylatorów WLE-1 i WLE-2.



Rys. 3. Przykładowy wykres zmian prędkości strumienia zasłony powietrznej przy maksymalnej szczelinie dla różnych układów połączeń wentylatorów WLE-1 i WLE-2

Fig. 3. The hypothetical chart showing the air-screen flux speed changing with the maximum gap for various systems of ventilators WLE-1 and WLE-2

Mierzona prędkość powietrza w strudze zasłony powietrznej nieznacznie malała wraz ze wzrostem odległości, dlatego postanowiono przeanalizować głównie pomiary wykonane najdalej, tj. 1,1m od wylotu ze szczeliny. Zmiany prędkości strugi powietrza zasłony powietrznej w mierzonej strefie przyociosowej zmieniały się głównie w zależności od szerokości szczeliny wylotowej tworzącej zasłonę powietrzną oraz układu połączeń wentylatorów WLE-1 i WLE-2 i wynosiły:

Dla pracy WLE-1 i WLE-2

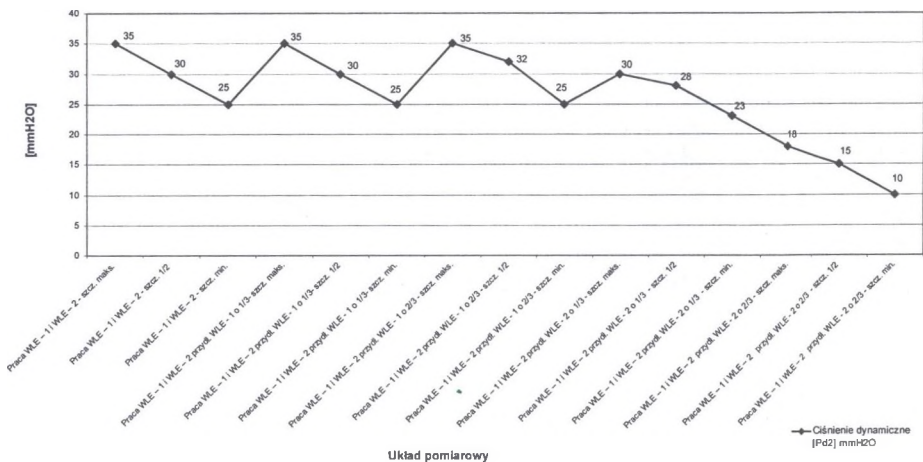
- 10,1 m/s (średnia prędkość dla punktów pomiarowych 1-6) szczelina maksymalna przy średnim wydatku 3,9 m³/s,
- 11,5 m/s (średnia prędkość dla punktów pomiarowych 1-6) szczelina 50% przy średnim wydatku 2,3 m³/s,
- 11,6 m/s (średnia prędkość dla punktów pomiarowych 1-6) szczelina 10% przy średnim wydatku 0,5 m³/s,

Dla pracy WLE-1 i WLE-2 i przydławieniu WLE-1 o 2/3

- 4,9 m/s (średnia prędkość dla punktów pomiarowych 1-6) szczelina maksymalna przy średnim wydatku $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$,
- 6,4 m/s (średnia prędkość dla punktów pomiarowych 1-6) szczelina 50% przy średnim wydatku $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$,
- 7,6 m/s (średnia prędkość dla punktów pomiarowych 1-6) szczelina 10% przy średnim wydatku $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$,

Dla pracy WLE-1 i WLE-2 i przydławieniu WLE-2 o 2/3

- 2,6 m/s (średnia prędkość dla punktów pomiarowych 1-6) szczelina maksymalna przy średnim wydatku $0,98 \text{ m}^3/\text{s}$,
- 3,7 m/s (średnia prędkość dla punktów pomiarowych 1-6) szczelina 50% przy średnim wydatku $0,74 \text{ m}^3/\text{s}$,
- 3,9 m/s (średnia prędkość dla punktów pomiarowych 1-6) szczelina 10% przy średnim wydatku $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$.



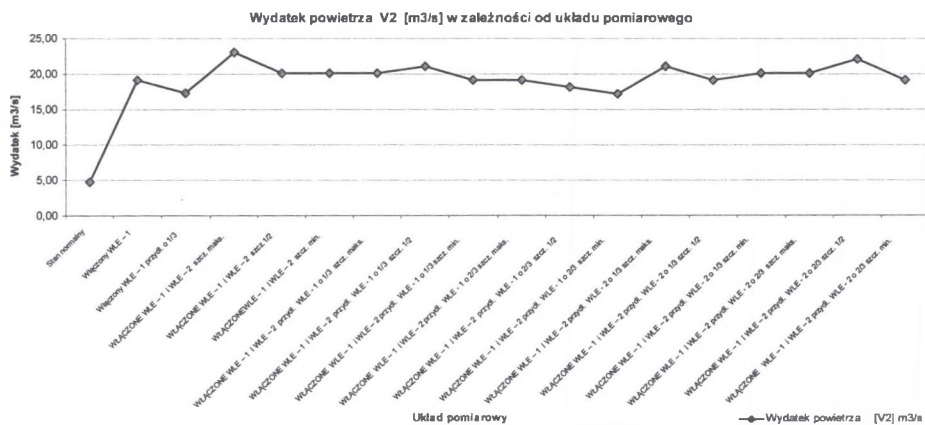
Rys. 4. Wykres zmian ciśnienia dynamicznego wentylatora dodatkowego WLE-2 w zależności od układu pomiarowego

Fig. 4. The chart showing dynamic pressure changing of the supportive ventilator WLE-2 depending on the meter circuit

Ze zmianą szerokości zastosowanej szczeliny obserwowano zmianę ciśnienia dynamicznego na manometrze wodnym, a w wyniku tego następowała zmiana obliczonego wydatku. Zgodnie z rys. 4 ciśnienie dynamiczne dla WLE-2 zmieniało się od 35 mmH₂O przy szczelinie maksymalnej przez 30 mmH₂O przy szczelinie 50%, do 25 mmH₂O przy szczelinie 10%. Największe spadki ciśnienia dynamicznego a w następstwie obliczonej prędkości

i wydatku zanotowano przy pracy WLE-1 i WLE-2 i przydławieniu WLE-2 o 2/3, tj. od 18 mmH₂O przy szczelinie maksymalnej przez 15 mmH₂O przy szczelinie 50%, do 10 mmH₂O przy szczelinie 10%.

W przypadku wentylatora podstawowego WLE-1 zabudowanego w tamie wartość ciśnienia dynamicznego zmieniała się zasadniczo tylko przy dławieniu ww. wentylatora. Wartość ciśnienia dynamicznego zmieniała się od 70 mmH₂O przy normalnej pracy przez 60 mmH₂O przy przydławieniu WLE-1 o 1/3 do wartości 45 mmH₂O przy przydławieniu o 2/3.



Rys. 5. Zmiana wydatku powietrza obliczonego na podstawie pomiarów prędkości w punkcie pomiarowym nr 2 w zależności od układu pomiarowego

Fig. 5. The discharge of air changing, calculated on the basis of speed measurements in the measuring point number 2, depending on the meter circuit

Na podstawie ilości powietrza mierzonej w punkcie nr 2 (rys. 1) w zależności od układu połączeń wentylatorów WLE-1 i WLE-2 zmieniał się wydatek w granicach od 4,8 m³/s w układzie normalnym (przy wyłączonych wentylatorach) i wzrastał z 19,2 m³/s przy załączonym WLE-1 do 23,1 m³/s przy załączonym WLE-1 i WLE-2 wytwarzającym kurtynę powietrzną (rys. 5).

Pomiary prędkości dokonywane w punkcie nr 1 (przed wentylatorami) i uzyskany wydatek różnił się nieznacznie od obliczonego wydatku w punkcie nr 2, co można pominąć w powyższej analizie.

Zanotowany znaczny wzrost wydatku przy załączonym WLE-1 i WLE-2 daje możliwość zastosowania powyższego układu do poprawy intensywności przewietrzania w złożonych sieciach wentylacyjnych kopalni. Ważny aspekt prowadzonych badań i pomiarów obejmował przede wszystkim obserwacje zachowania się zasłony powietrznej w zależności od szerokości szczeliny i układu połączeń wentylatorów WLE-1 i WLE-2. Wydmuchiwane z dużą prędkością powietrze ze szczeliny wylotowej tworzy zasłonę powietrzną (kurtynę powietrzną)

pełniąc funkcję „drzwi” w tamie wentylacyjnej, nie przepuszczając w ten sposób przepływającego powietrza.

Poprawne funkcjonowanie i uzyskanie dużej sprawności wytworzonej zasłony powietrznej jest możliwe pod warunkiem, że strumień powietrza pokrywa i osiąga dostateczną prędkość wzdłuż całego otworu (niezabudowanej części tamy). Jeżeli prędkość wyjściowa w zasłonie powietrznej jest za niska, następuje przenikanie powietrza przez zasłonę powietrzną szczególnie w strefie przyociosowej. Natomiast jeżeli zastosowany wentylator do wytworzenia zasłony powietrznej jest za mocny i w wyniku tego prędkość wyjściowa w zasłonie powietrznej za wysoka, następują duże zawirowania i turbulencje na styku zasłona powietrzna ocios wyrobiska powodując recyrkulację i duże straty energetyczne. Na podstawie prowadzonych wstępnych prób ruchowych i obserwacji dostrzeżono, iż zasłona powietrzna spełniała swoje zadanie w większości wykonywanych prób, tj. nie występowało zjawisko przepychania strumienia powietrza wytworzonego przez kurtynę. Powietrze dopływające „odbijało się” od zasłony i zasysane było przez WLE-1 i WLE-2. Zauważono, iż najlepsze i optymalne efekty dawała zasłona powietrzna odchylona za pomocą kierownicy o $5-10^\circ$ w kierunku napływu powietrza. Dużą rolę spełniała kierownica z blachy stalowej zabudowana przy filarku ociosowej tamy murowej. Zastosowanie niewielkiej kierownicy z blachy pozwoliło na ukierunkowanie wytworzonej zasłony powietrznej i skierowanie jej prawie w całości w żądanym kierunku, tj. w kierunku wylotu z wyrobiska. W ten sposób nie następowała niekorzystna recyrkulacja w strefie wytworzonej zasłony powietrznej, co obserwowano przy próbach bez zastosowania kierownicy przy filarku tamy murowej. Występowało wtedy odbijanie się zasłony powietrznej od filarka tamy murowej i rozdzielenie jej, w wyniku czego następowała częściowa recyrkulacja powietrza.

Ewidentnie zasłona powietrzna nie spełniała swojego zadania w momencie przydławienia wentylatora dodatkowego WLE-2 o $1/3$ powierzchni wlotowej przy szczeliny 10% (20mm) oraz w momencie przydławienia wentylatora dodatkowego WLE-2 o $2/3$ powierzchni wlotowej niezależnie od szerokości szczeliny, co związane było bezpośrednio z wytworzeniem zasłony powietrznej. W przypadkach tych następował wyraźny przepływ powietrza przez wytworzoną zasłonę powietrzną (kurtynę powietrzną).

5. Uwagi końcowe i wnioski

Prowadzone badania, obserwacje i wykonane próby ruchowe pozwoliły wstępnie określić możliwość wykorzystania zasłony powietrznej w tamie z wentylatorem oraz skuteczność działania powyższego układu. Głównymi parametrami efektywnego działania tego układu jest wytworzenie zasłony powietrznej o określonych parametrach (odpowiednia prędkość, wydajność strugi).

Otrzymane wyniki pomiarów układu wentylatora zasłonowego składającego się z wentylatora podstawowego i wentylatora dodatkowego zastosowanego do wytworzenia zasłony powietrznej potwierdziły efektywność powyższego układu do regulacji i poprawy intensywności przewietrzania, szczególnie w rejonach, gdzie nie ma innej alternatywnej możliwości przewietrzania rejonów wentylacyjnych.

Ważnym aspektem ze względu na zagrożenie pożarowe zastosowanego układu jest to, iż przy wyłączeniu energii w czasie pożaru następuje automatyczne wyłączenie wentylatora dodatkowego, wytwarzającego zasłonę powietrzną, co umożliwia całkowity przepływ gazów pożarowych. Nie zawsze było to możliwe przy stosowaniu zdalnej automatyzacji tam zabudowanych przy wentylatorze pomocniczym.

Dostępne obecnie duże możliwości ocujnikowania atmosfery kopalnianej oraz parametrów pracy zastosowanych wentylatorów w dużym stopniu eliminują znane od lat występujące zagrożenie pożarowe. Jednocześnie zastosowanie nowoczesnych środków chemicznych uszczelniających ociosy w rejonie zabudowy ww. układu wentylatora zasłonowego pozwala na ograniczenie do minimum powstania niebezpiecznych pożarów szczelinowych.

W celu szerszego wykorzystania wentylatora zasłonowego, tj. układu zasłony powietrznej w tamie z wentylatorem konieczna jest znajomość oddziaływania pozostałych czynników mających wpływ na działanie powyższego układu takich jak na przykład zmiana oporu aerodynamicznego wyrobiska lub układu wyrobisk, gdzie zastosowany został powyższy układ. Dlatego też pomiary i badania w tym zakresie będą kontynuowane.

LITERATURA

1. Frycz A., Drenda J., Kolarczyk M.: Wentylatory pomocnicze w kopalniach węgla, rozszerzenie zakresu stosowania. *Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa*. Nr 11 (327) 1997, s. 45-49 (Materiały Konferencji Naukowej „Problemy współpracy wentylatorów w kopalniach zorganizowanej przez Komitet Górnictwa PAN - Sekcja Aerologii Górniczej, Siemianowice Śl. - Kraków, XII 1997).
2. Biernacki K.: Określenie charakterystyki wentylatora swobodnego. *Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa*. Nr 11 1997.
3. Frączek R.: Regulacja rozptyłu powietrza w wyrobiskach udostępniających z zastosowaniem wentylatorów swobodnych. *Wiadomości Górnicze* nr 8-9, 1983.
4. Strumiński A., Rosiek F., Sikora M., Urbański J.: Zastosowanie wentylatorów swobodnych do regulacji rozptyłu powietrza w kopalniach LGOM. *Mechanizacja i Automatykacja Górnictwa* nr 11, 1987.
5. Frycz A., Biernacki K.: Zastosowanie wentylatorów swobodnych do regulacji wydatków powietrza. *Przegląd Górniczy* 11/1972.
6. Biernacki K., Kropsz K.: „Zastosowanie wentylatorów swobodnych do regulacji przepływu powietrza w kopalniach węgla”. *Przegląd Górniczy* 10/1981.
7. Kolarczyk M., Wasilewski St.: Monitorowanie i kontrola pracy wentylatora pomocniczego w kopalnianej sieci wentylacyjnej”. *Zeszyty Nauk. Pol. Śl., s. Górnictwo*, z. 246, Gliwice 2000, s. 269-282. (W materiałach Jubileuszowej Międzynarodowej Konferencji Naukowej na temat; „Górnictwo zrównoważonego rozwoju”, Konf. II “Nowoczesne struktury w górnictwie i efektywne pozyskiwanie surowców mineralnych”. Wyd. Górnictwa i Geologii Pol. Śląskiej).

Recenzent: Dr hab. inż. Jan Drenda, prof. nzw. w Pol. Śl.