

Zabezpieczenie prądów powietrza sprowadzanych na upad w kopalniach węgla kamiennego

Protection of airways with descending air currents in hard coal mines



Prof. dr hab. inż. Nikodem Szlżak*)



Dr hab. inż. Dariusz Obracaj*)

Treść: W ostatnich latach powiększa się liczba kopalń prowadzących eksploatację poniżej poziomu udostępnienia. Wiąże się to z istnieniem wyrobisk, w których prądy powietrza sprowadzane są na upad. W artykule omówiono możliwości zaburzeń przepływu powietrza podczas powstania pożaru w takich wyrobiskach. Wskazano na czynniki, które powodują odwracanie się prądów powietrza ze szczególnym uwzględnieniem lokalizacji wyrobiska w strukturze sieci wentylacyjnej. Na podstawie przykładu ściany eksploatacyjnej poniżej poziomu udostępnienia wykazano trudności w odwróceniu prądu powietrza sprowadzanego na upad. Ustosunkowano się do zabezpieczeń prądów powietrza sprowadzanych na upad w obowiązujących przepisach górniczych. Zaakcentowano istotną rolę monitoringu parametrów powietrza i zabezpieczeń przeciwpożarowych w wyrobiskach ze schodzącymi prądami powietrza.

Abstract: The number of mines operating below the development level has increased in recent years. This is related to the existence of airways with descending air currents. Disturbances in airflow, while a fire breaks out in such airways, are discussed in the article. The factors that cause the reversion of airflows, with particular regard to the location of the airway in the structure of the ventilation network, were presented. On the basis of the example of the longwall panel below the development level, difficulties in reversing the descensional airflow are shown. The expression of authors' standpoint with respect to the protection against the reversion of descending airways according to mining law and regulations is presented. The important role of monitoring of air parameters and fire protection in airways with descending air currents has been emphasized.

Słowa kluczowe:

wentylacja kopalń, pożary podziemne; schodzące prądy powietrza

Key words:

mine ventilation, mine fires, descending air currents

1. Wstęp

Wyczerpywanie się zasobów węgla w kopalniach podziemnych wymaga udostępniania nowych zasobów na coraz większych głębokościach. Eksploatacja na coraz większych głębokościach powinna być związana z budową nowych szybów i poziomów wydobywczych. W kopalniach o znikających zasobach przeznaczanie dużych środków inwestycyjnych na wykonywanie szybów i wyrobisk kamiennych jest nieuzasadnione, tym samym prowadzenie robót eksploatacyjnych poniżej poziomu udostępnienia jest zasadne, przy zachowaniu odpowiednich rygorów. Powietrze sprowadzane w wyrobisku (bocznicy) od węzła o większej wysokości niwelacyjnej do węzła o mniejszej wysokości niwelacyjnej nazwane jest przewietrzeniem schodzącym prądem powietrza lub potocznie przewietrzaniem na upad (Bystroń i in. 1974, Pawiński i in. 1995).

Pomimo dalszego, sukcesywnego schodzenia z eksploatacją pokładów węgla na coraz większe głębokości (średnio osiem metrów na rok) przedsiębiorcy, z konieczności minimalizowania jednostkowego kosztu wydobycia, nie wykonują wyrobisk szybowych, przez co utrzymuje się pewien poziom robót prowadzonych poniżej poziomu udostępnienia (Raporty ... 2004-2012, Informacja ... 2017, Kleszcz 2008, Praca ... 2008, Roporzządzenie ... 2002). W większości polskich kopalń węgla kamiennego istnieją ściany eksploatacyjne prowadzone poniżej poziomu udostępnienia. W 2011 roku, w 23 kopalniach na ogólną ilość 31 zakładów górniczych wydobywających węgiel kamienny prowadzono eksploatację przy pomocy 48 ścian poniżej poziomu udostępnienia (Informacja ... 2017).

W obecnie obowiązujących przepisach nie ma definicji prądu schodzącego powietrza, jednak podano warunki sprowadzania powietrza wyrobiskiem na upad - § 12 (Roporzządzenie ... 2002):

*) AGH w Krakowie

- 1) Powietrze doprowadza się możliwie najkrótszą drogą do każdego poziomu wydobywczego, skąd prądami wznoszącymi odprowadza się w kierunku szybu wydechowego.
- 2) Sprowadzanie powietrza wyrobiskiem na upad dopuszcza się wyłącznie w przypadkach, gdy:
 - średni upad wyrobiska lub boczniczy wentylacyjnej nie przekracza 5° ,
 - średni upad wyrobiska lub boczniczy wentylacyjnej wynosi od 5° do 10° , a prędkość przepływu powietrza jest większa niż $0,5$ m/s,
 - powietrze jest odprowadzane z pól zagrożonych wyrzutami dwutlenku węgla lub siarkowodoru.

Wyrobiska z prądem powietrza sprowadzanym na upad muszą być odpowiednio wyposażone w sprzęt przeciwpożarowy, a kierownik ruchu zakładu górniczego może odstąpić od powyższych wymagań w uzasadnionych warunkach górniczo-geologicznych. W planie ruchu kopalni muszą być określone rejonu przewietrzane prądem powietrza sprowadzanym na upad, wyrobiska przewietrzane na upad oraz zastosowane środki bezpieczeństwa (Rozporządzenie ... 2012).

Czy takie uwarunkowania prawne zabezpieczają prądy powietrza sprowadzanego na upad? Zabezpieczanie można analizować w różnych aspektach, ale najistotniejszym wydaje się zabezpieczenie przed odwróceniem prądu powietrza. Odwrócenie prądu powietrza w wyrobiskach z pożarem może doprowadzić do zadymiania pozostałych wyrobisk, co w konsekwencji może mieć wpływ na ewakuację załogi w trakcie pożaru.

2. Warunki odwrócenia schodzącego prądu powietrza

Wentylator głównego przewietrzania przekazuje powietrzu energię użyteczną na pokonanie oporów ruchu przy jego przepływie wyrobiskami podziemnymi. Na zaburzenia związane ze zmianą wydatku powietrza, a nawet kierunku przepływu w boczniczy sieci wentylacyjnej wpływają: usytuowanie bocznic w sieci wentylacyjnej, udział spiętrzenia wentylatora w tej boczniczy (zwany dyssypacją energii użytecznej w boczniczy), wartość depresji naturalnej (depresji cieplnej lub depresji pożaru) w prądzie głównym powietrza przepływającym przez tę bocznicę. Depresję naturalną występującą w boczniczy lub w całej kopalni często określa się pojęciem naturalnej kumulacji energii (Strumiński 1996, Bystron 2000).

Podstawowym warunkiem prawidłowego przewietrzania, w ujęciu klasycznym (Bystron i in. 1974, Pawiński i in. 1995), jest wytworzenie odpowiedniego spiętrzenia całkowitego wentylatora (Δp_c) głównego przewietrzania, które zapewni pokonanie strat naporu powietrza na niezależnych drogach sieci wentylacyjnej.

Sieć wentylacyjna składa się z bocznic przynależnych do różnych klas połączeń (Budryk 1956, Maciejasz, Kruk 1977). Bocznicę równoległą prostego systemu normalnego zalicza się do klasy I. Każda bocznicę klasy I rozdzielać się może na bocznicę klasy II, a te z kolei mogą rozgałęziać się na bocznicę wyższych klas itd. Udział spiętrzenia wentylatora w przepływie powietrza w boczniczy będzie zależał od jej przynależności klasowej i generalnie będzie mniejszy w bocznicach wyższych klas (Pawiński i in. 1995).

Idealną strukturą sieci wentylacyjnej byłaby taka struktura, która charakteryzowałaby się rozdzieleniem głównego prądu powietrza w pobliżu podszybia szybu wdechowego na odpowiednią ilość niezależnych prądów powietrza i późniejszym połączeniu ich w pobliżu szybu wydechowego.

W rzeczywistym systemie wentylacyjnym można się spodziewać różnych warunków połączeń bocznic (normalnych i przekątnych złożonych) oraz różnych parametrów przepływu

powietrza. W takich sieciach może dojść do odwrócenia prądu powietrza w zależności od miejsca występowania i mocy pożaru w systemie wentylacyjnym. Wrażliwość na zmiany kierunków powietrza wykazywać będą zatem bocznicę z prądami schodzącymi powietrza, które znajdują się w wyższych klasach systemu wentylacyjnego.

Przykładowo, stosowanie licznych przecinek łączących wyrobiska z prądem powietrza doprowadzanego i odprowadzanego z rejonu powoduje, że rejon ściany klasyfikowany jest do bocznic wyższych klas. Udział spiętrzenia wentylatora w wentylacji tego wyrobiska jest coraz niższy i następuje obniżenie stabilności przepływu powietrza, tym bardziej, jeżeli wyrobisko przewietrzane jest na upad.

Podczas pożaru w wyrobiskach nachylonych generowana jest depresja cieplna (zwana również depresją pożaru), której kierunek oddziaływania na ruch powietrza może być zgodny lub przeciwny do kierunku oddziaływania wentylatora głównego przewietrzania (Budryk 1956, Maciejasz, Kruk 1977).

Moc pożaru generująca depresję pożaru musi być odpowiednio duża, aby doprowadzić do odwrócenia kierunku przepływu powietrza. Wymaga to czasu rozwoju pożaru i dostępności materiału palnego w wyrobisku. Nie zawsze istnieją warunki do powstania maksymalnej depresji pożaru.

Zgodnie z pracą W. Budryka (Budryk 1956) depresja cieplna pożaru w boczniczy ze schodzącym prądem powietrza może prowadzić do zaburzeń w przepływie powietrza w tej boczniczy. Na drodze gorących gazów i dymów generowane są lokalne depresje cieplne, które wraz z oddalaniem się od źródła ogniska pożaru zanikają w wyniku ochładzania się gazów pożarowych. Suma lokalnych depresji cieplnych jest równa depresji cieplnej pożaru. Kiedy wartość sumy tych depresji cieplnych jest większa od wpływu udziału spiętrzenia wentylatora głównego przewietrzania to nastąpić może całkowite odwrócenie prądu powietrza w tej boczniczy (Bystron 2000), w zależności od pozostałych parametrów systemu wentylacyjnego, w którym znajduje się ta bocznicę.

Zgodnie z pracami W. Budryka utrzymanie pierwotnego kierunku przepływu powietrza w boczniczy ze schodzącym prądem powietrza (rys. 1) nastąpi, jeśli spełniona będzie nierówność:

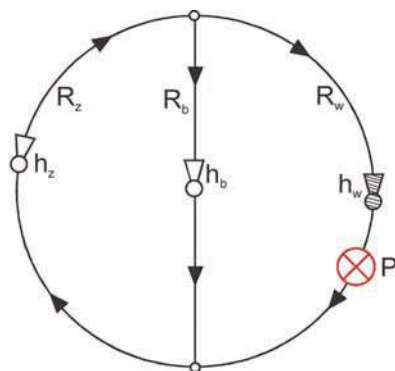
$$\frac{h_z}{h_w} > 1 + \frac{R_z}{R_b} \quad (1)$$

gdzie:

- R_z – opór części zewnętrznej systemu;
- R_b – opór boczniczy rozdzielającej część wewnętrzną i zewnętrzną systemu wentylacyjnego;
- h_b – suma kumulacji energii (naturalnych, mechanicznych) zwanych depresją boczniczy rozdzielającej część wewnętrzną i zewnętrzną systemu wentylacyjnego;
- h_z – suma kumulacji energii (naturalnych, mechanicznych) zwanych depresją części zewnętrznej systemu wentylacyjnego;
- h_w – suma kumulacji energii (naturalnych, mechanicznych) zwanych depresją części wewnętrznej systemu z dodatkową depresją cieplną pożaru.

Zależność (1) jest prawdziwa przy założeniu, że $h_z > h_w$ oraz $h_b = 0$.

Uwzględniając przedstawione w pracach (Budryk 1956, Maciejasz, Kruk 1977) rozważania dotyczące określenia wielkości depresji pożaru, należy stwierdzić, że jej wzrasta wraz ze wzrostem ilości przepływających gazów i osiąga wartość maksymalną według zależności:



Rys. 1. Schemat kanoniczny systemu wentylacyjnego - brak odwrócenia prądu schodzącego powietrza w bocznicie z pożarem

Fig. 1. Canonical diagram of the ventilation system - no flow reverse during the fire in the airway with descending air current

$$h_{p-\max} = \frac{\Delta T_{w0}}{T_{w0} + \Delta T_{w0}} \Delta z_w \gamma_w \quad (2)$$

gdzie:

ΔT_{w0} – przyrost temperatury w miejscu pożaru, K;

T_{w0} – temperatura powietrza przed powstaniem pożaru, K;

Δz_w – różnica wysokości przekrojów wlotowych i wylotowych bocznic części wewnętrznej systemu, m;

γ_w – ciężar właściwy powietrza w bocznicie części wewnętrznej systemu przed powstaniem pożaru, N/m³.

Z zależności (1) można wyznaczyć maksymalną depresję pożaru, przy której odwróci się prąd powietrza. Z kolei, zakładając maksymalny (realny w warunkach rzeczywistych) przyrost temperatury w ognisku pożaru w danej bocznicie o nachyleniu Δz_w w warunkach parametrów powietrza przed pożarem w , można wyznaczyć depresję pożaru z zależności (2). Depresja ta odpowiadać będzie sumie lokalnych depresji cieplnych w części wewnętrznej systemu wentylacyjnego.

Dla określenia wpływu pożaru w prądzie powietrza przewietrzającym ścianę eksploatacyjną przedstawiono w dalszej części przykład obliczeniowy.

3. Wpływ kąta nachylenia wyrobiska na odwrócenie prądu powietrza – studium przypadku

Wartość depresji pożaru w prądzie schodzącym zależy między innymi od kąta nachylenia wyrobiska. Wpływ nachylenia wyrobiska na odwrócenie prądu powietrza przeprowadzono na przykładzie rejonu wentylacyjnego ściany w jednej z kopalń węgla kamiennego. Na rys. 2 przedstawiono fragment schematu przewietrzania ściany podziemowej z zaznaczonymi kotami wysokościowymi i wartościami obliczonych potencjałów izentropowych w węzłach sieci wentylacyjnej. Ściana znajduje się na głębokości około 170 m poniżej poziomu udostępnienia. W tabeli 1 podano pozostałe parametry bocznic rozpatrywanego systemu wentylacyjnego.

Rozpatrywaną bocznicą wewnętrzną systemu jest bocznicza 4-5-6-8. Bocznicą tą przepływa 1210 m³/min powietrza. Upad bocznic 4-5 wynosi -9,3°. Około 2% spiętrzenia wentylatora przypada na pokonanie oporów ruchu powietrza w tej bocznicie. W tabeli 2 przedstawiono parametry systemu wentylacyjnego dzielonego na część wewnętrzną i część zewnętrzną.

W wyniku powstania pożaru w tej bocznicie rośnie depresja cieplna w części wewnętrznej systemu. Depresja cieplna w części zewnętrznej również może ulegać zwiększeniu, ale nie tak znacząco jak w części wewnętrznej. Ilość dopływającego powietrza do części wewnętrznej systemu maleje wraz z rozwojem pożaru. Spiętrzenie wentylatora rośnie, a opór zastępczy systemu wzrasta. Zmieniają się również opory bocznic, w których przepływają dymy w kierunku szybu wydechowego. Przy określonej depresji cieplnej systemu wewnętrznej, stan wartości oporów części wewnętrznej i zewnętrznej oraz spiętrzenie wentylatora powodują odwrócenie prądu powietrza. Odwrócenie kierunku przepływu powietrza i tym samym zadymienie bocznic rozdzielającej w analizowanym przypadku (węzły: 4-7-8) następuje przy depresji cieplnej pożaru wynoszącej -528 Pa.

Wartość depresji jest funkcją między innymi przyrostu temperatury w ognisku pożaru. Na rys. 3 przedstawiono wyniki obliczeń maksymalnych depresji cieplnych, jakie można uzyskać w danych warunkach rozpatrywanego systemu wentylacyjnego w zależności od przyrostu temperatury w ognisku pożaru. Są to wartości maksymalne przy założeniu, że wydatek powietrza dopływającego do ogniska pożaru nie ulega zmianie. W obliczeniach uwzględniono ochładzanie się odprowadzanych gazów, które generują lokalne depresje cieplne w poszczególnych wyrobiskach. Dla rozpatrywanego przypadku nie ma możliwości uzyskania takiej temperatury rzeczywistego pożaru, aby wystąpiła depresja -528 Pa (linia ciągła) i doszło do odwrócenia prądu powietrza.

Zwiększając kąt upadu rozpatrywanej bocznic, uzyskuje się większe wartości depresji cieplnej w rozpatrywanej bocznicie. Jeśli kąt upadu bocznic w części wewnętrznej byłby większy od -13°, a wszystkie pozostałe parametry systemu nie uległyby zmianie, to zachodziłaby możliwość odwrócenia prądu powietrza (depresja cieplna -565 Pa, co odpowiada przyrostowi temperatury w ognisku pożaru ponad 1200°C). W praktyce nie dopuszcza się do takiego rozwoju pożaru w wyrobisku podziemnym, w związku z tym prawdopodobieństwo przebiegu takiego pożaru można uznać za małe.

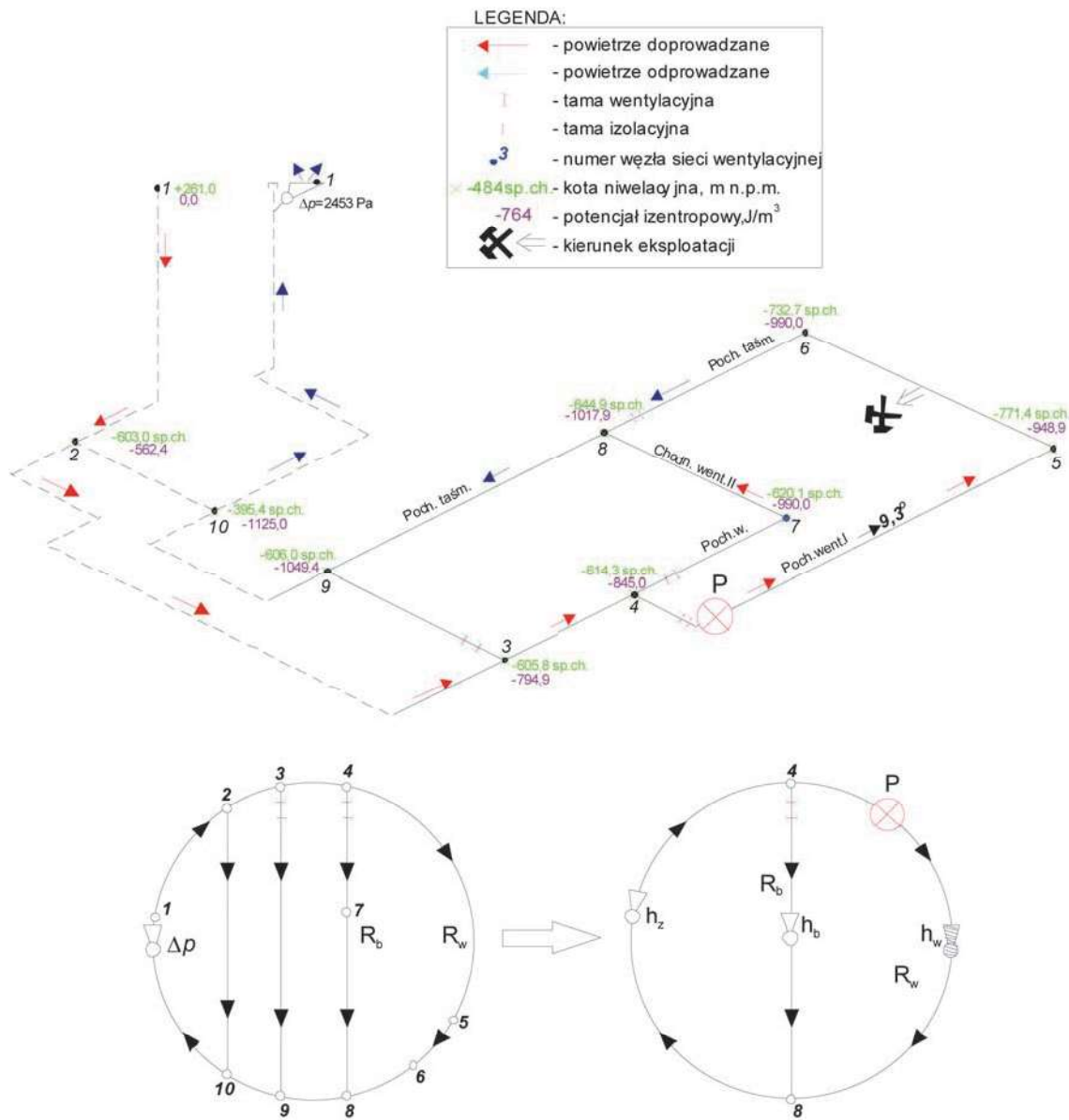
Na podstawie analizowanego przykładu można stwierdzić, że przepisy górnicze właściwie ograniczają sprowadzanie powietrza na upad do nachylenia -10°. Pamiętać należy jednak, że stwierdzenie to jest prawdziwie tylko dla rozpatrywanego przypadku. W innych przypadkach decydujące znaczenie ma topologia sieci wentylacyjnej i lokalizacja takiej bocznic w sieci wentylacyjnej.

Aktualne spiętrzenia całkowite w stacjach wentylatorów głównego przewietrzania zwykle przekraczają 3000 Pa, co powoduje, że udział spiętrzenia wentylatora w przewietrzaniu wyrobisk na upad jest najczęściej duży. Jednakże mogą się zdarzać wyrobiska, które odpowiadają bocznicom wyższych klas z małym udziałem spiętrzenia wentylatora. Tak się może zdarzyć, jeżeli rejon wentylacyjny z wyrobiskiem przewietrzonym na upad zlokalizowany jest blisko szybu wdechowego. Wtedy pożar o dużej mocy w takim wyrobisku może doprowadzić do odwrócenia prądu powietrza.

Wpływ zaburzeń i odwróceń prądów powietrza można oceniać na podstawie programów komputerowych do obliczeń rozpluwów powietrza w sieciach wentylacyjnych kopalń podziemnych w stanach nieustalonych rozpluwu powietrza (Dziurzyński i Pałka 2001, Dziurzyński i in. 2006).

4. Zabezpieczenia rejonów przewietrzanych schodzącymi prądami powietrza

Przy przewietrzaniu rejonów eksploatacyjnych prądami schodzącymi istotnego znaczenia nabierają systemy wczesne-



Rys. 2. Schemat przewietrzania rejonu ściany 40 przewietrzanej prądem schodzącym powietrza
 Fig. 2. Ventilation layout of longwall panel 40 with descending air current

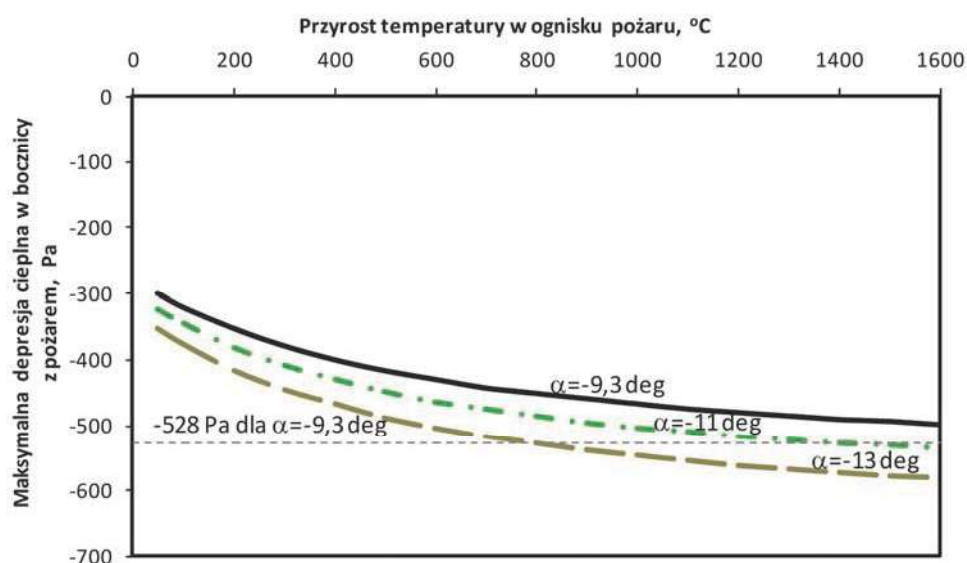
Tabela 1. Parametry bocznic systemu wentylacyjnego w rejonie ściany 40 przewietrzanej prądem schodzącym powietrza

Table 1. Parameters of branches of the ventilation system of the longwall panel 40 with descending air current

Węzeł		Opór bocznicy kg/m ⁷	Gęstość średnia w bocznicy kg/m ³	Wydatek powietrza m ³ /min	Długość bocznicy m	Depresja naturalna Pa
wlot. J ₁	wylot. J ₂					
1	2	0,0440	1,29	6770	4500	2,06
2	3	0,1761	1,29	2160	900	4,11
3	4	0,0496	1,28	1720	583	9,4
4	5	0,2372	1,27	1210	744	6,61
4	7	1,895	1,25	530	62	-2,95
5	6	0,1024	1,27	1210	194	0,5
6	8	0,0492	1,26	1220	702	7,64
7	8	0,3485	1,25	530	220	0,71
8	9	0,0372	1,25	1770	534	-0,9
3	9	4,1414	1,25	470	330	0,4
9	10	0,0447	1,24	2260	1895	12,1
2	10	0,0927	1,28	4590	3700	19,07
10	1	0,0958	1,24	7000	1650	31,16

Tabela 2. Parametry bocznic części wewnętrznej i zewnętrznej systemu wentylacyjnego przed pożarem
Table 2. Parameters of branches of the internal and external parts of the ventilation system before the fire occurred

Cześć systemu	Parametr	Symbol	Jednostka	Wartość
Część wewnętrzna	Opór zastępczy	R_w	$N \cdot s^2/m^8$	0,388
	Depresja naturalna	h_n	Pa	17,05
	Gęstość średnia powietrza	ρ_{w-sr}	kg/m^3	1,265
	Różnica wysokości	Δz_w	m	-30,06
	Temperatura średnia powietrza	T_{w0}	$^{\circ}C$	26,5
Część rozdzielająca	Opór zastępczy	R_b	$N \cdot s^2/m^8$	2,244
	Depresja naturalna	h_b	Pa	-2,87
Część zewnętrzna	Opór zastępczy	R_z	$N \cdot s^2/m^8$	0,826
	Depresja naturalna	h_n	Pa	78,39
	Śpiżnienie wentylatora	Δp_c	Pa	2453



Rys. 3. Wpływ przyrostu temperatury w ognisku pożaru na wartości maksymalnej depresji cieplnej bocznicy w analizowanym systemie wentylacyjnym

Fig. 3. Influence of temperature increase in the fire focus on the maximum value of natural ventilation pressure in the analyzed ventilation system

go wykrywania pożarów oraz zabezpieczeń przeciwpożarowych. Zabezpieczenia te mają na celu uniemożliwić rozwój pożaru i tym samym ograniczyć wielkość depresji pożaru. Generowana depresja nie musi prowadzić do odwrócenia prądu powietrza w wyrobisku przewietrzonym na upad, ale powoduje zmniejszenie strumienia przepływającego powietrza.

Zgodnie z obowiązującymi przepisami, wyrobiska z prądem schodzącym powinny być wyposażone w sprzęt przeciwpożarowy oraz w rurociąg przeciwpożarowy (Rozporządzenie ... 2002). W rejonach eksploatacyjnych prowadzone jest również wczesne wykrywanie pożarów i stosowane są systemy CO-metrii automatycznej (Mironowicz, Wasilewski 1999, Szlązak i in. 2005).

Przewietrzanie wyrobisk ścianowych oraz całych rejonów wentylacyjnych zlokalizowanych poniżej poziomu udostępnienia winno cechować się odpowiednią stabilnością kierunków i wydatku przepływu powietrza, szczególnie w przypadku współwystępowania zagrożeń: metanowego, pożarowego i temperaturowego. W takich przypadkach należy dążyć do uzyskiwania prądów powietrza o wskaźnikach odpowiadających prądom mocnym oraz stabilnym. Dlatego też bardzo istotne jest przeprowadzenie oceny stanu zagrożeń

i ich wpływu na stan wentylacji już na etapie projektowania eksploatacji. Przez stabilność kierunków przepływu powietrza w bocznicach rozumie się zdolność do utrzymania istniejącego kierunku przepływu, przy wywołaniu stosunkowo małych zaburzeń w sieci wentylacyjnej w określonym czasie.

Aktualny poziom automatycznej aerometrii górniczej (Trenczek 2005) umożliwia monitorowanie takich zagrożeń, jak metanowe czy pożarem endogenicznym. W rejonach przewietrzanych prądami schodzącymi istotne są również systemy alarmowo-rozgłoszeniowe i lokalizacji załogi. Wynika więc z tego, że możliwości monitorowania i zabezpieczania rejonu przewietrzanego prądem powietrza sprowadzanego na upad mogą zapewnić (Trenczek 2005, 2007):

- pomiary zawartości w powietrzu kopalnianym wszystkich podstawowych gazów (O_2 , CO_2 , CO , CH_4),
- kontrola wykrywania dymu w wyrobisku,
- kontrola zawartości metanu i wyłączenie spod napięcia urządzeń elektrycznych w przypadku przekroczenia wartości progowych,
- pomiary prędkości przepływu powietrza oraz jego temperatury i wilgotności,
- kontrola stanu zamknięcia tam w śluzie wentylacyjnej,

pomiaru naporu ciśnienia na tych tamach i pomiaru potencjału aerodynamicznego w istotnych węzłach,

- kontrola zagrożeń sejsmicznych,
- systemy lokalizacji załogi w wyrobiskach dołowych,
- systemy alarmowania o zagrożeniu i zdalne rozgłoszenie informacji o sposobie wycofania załogi.

O zakresie monitorowania i zabezpieczenia rejonu przewietrzanego powietrzem sprowadzanym na upad decydować powinna kompleksowa analiza uwarunkowań występujących w takim rejonie i ich wpływu na poziom zagrożeń w stanach awaryjnych i krytycznych.

Ze względu możliwe zadymienie wyrobisk w przypadku powstania pożaru w schodzącym prądzie powietrza doprowadzanego istniał kiedyś (Maciejasz, Kruk 1977) obowiązek zabezpieczenia oddziałów podziemnych przez wykonanie odpowiedniego układu wyrobisk korytarzowych i tam bezpieczeństwa, które miały umożliwić w krótkim czasie skierowanie dymów najkrótszą drogą do szybu wydechowego i wyprowadzenie załogi z zagrożonego rejonu do prądu powietrza doprowadzanego. Związane to było z krótkim wtedy okresem działania środków ochrony dróg oddechowych oraz niedużych spiętrzeniach wentylatorów głównego przewietrzania. Po wprowadzeniu aparatów ucieczkowych oraz stosowaniu już wysokodepresyjnych wentylatorów takie rozwiązania nie są już potrzebne.

Przedstawione powyżej sposoby zabezpieczeń i monitorowania zagrożeń naturalnych i kontroli parametrów termodynamicznych powietrza dają podstawy do tego, by sprowadzanie powietrza na upad mogło być bezpieczne.

5. Wnioski

1. Pożary w prądach schodzących powietrza generują lokalne depresje cieplne, które powodować mogą zmniejszenie strumienia powietrza doprowadzanego do rejonów podziemnych.
2. O zaburzeniach kierunku przepływu w wyrobiskach (bocznicach sieci wentylacyjnej) z prądem schodzącym powietrza decyduje wielkość generowanej depresji cieplnej przez pożar oraz lokalizacja bocznicy w sieci wentylacyjnej. Bocznice lokalizowane w wyższych klasach systemu wentylacyjnego charakteryzują się niższym udziałem spiętrzenia wentylatora głównego przewietrzania. Odwrócenie prądów powietrza w bocznicy z prądem schodzącym powietrza wystąpić może przy znacznie rozwiniętym pożarze (o dużej mocy pożaru) i przy niedużym udziale spiętrzenia wentylatora w przewietrzaniu tego wyrobiska. W takich bocznicach należy dążyć do uzyskiwania prądów powietrza o wskaźnikach odpowiadających prądom mocnym oraz stabilnym.
3. Podczas projektowania wentylacji w rejonach eksploatacyjnych poniżej poziomu udostępnienia wskazane jest przeprowadzenie kompleksowej analizy uwarunkowań występujących w danym rejonie. Niezbędne jest wyznaczenie minimalnego zakresu monitorowania parametrów powietrza oraz opracowanie niezbędnych zabezpieczeń wraz z procedurami postępowania w przypadkach stanów awaryjnych i krytycznych.
4. Przy obecnie istniejącej i możliwej do zastosowania technice monitorowania parametrów powietrza oraz procesów technologicznych nie ma potrzeby wykonywania dodatkowych wyrobisk zabezpieczających prądy schodzące. Aktualne przepisy górnicze właściwie regulują sprowadzanie powietrza na upad.

Artykuł został zrealizowany w ramach strategicznego projektu badawczego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju pt. „Poprawa bezpieczeństwa pracy w kopalniach”, zadanie nr 2, umowa nr SP/K/2/143445/11.

Literatura

- BUDRYK W. 1956 – Pożary i wybuchy w kopalniach. Część I. Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze. Katowice.
- BYSTRON H. 2000 – Potencjał aerodynamiczny, bilanse energii i mocy użytecznej oraz stabilność pracy systemu wentylacji kopalni. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa” 7(356), s. 45-56.
- BYSTRON H., JARON S., MARKEFKA R., STRUMIŃSKI A., WOJTYCZKA A. 1974 – Przewietrzanie kopalni. Poradnik Górnika t. 3, Dz. I. Wyd. „Śląsk”, Katowice.
- DZIURZYŃSKI W., PAŁKA T. 2001 – A computer simulation of the influence of fire gases on the flow and distribution of potential in a mine ventilation network. „Archiwum Górnictwa” t. 46, z. 2, s. 103-118.
- DZIURZYŃSKI W., PAŁKA T., KRAWCZYK J. 2006 – Prognoza przewietrzania kopalni w przypadku pożaru w wyrobisku ze schodzącym prądem powietrza, „Przeгляд Górnicy” nr 12, s. 1-11.
- Informacja Wyższego Urzędu Górniczego – Eksploatacja poniżej poziomu udostępnienia - www.wug.gov.pl/download/309 dostęp 2017.04.13.
- KLESZCZA A. 2008 – Zagrożenia wynikające z prowadzenia robót górniczych poniżej poziomu udostępnienia. XXXIV Dni Techniki ROP 2008, XXV Seminarium pt: Zagrożenia skojarzone – praktyka i teoria, Rybnik.
- MACIEJASZ Z., KRUK F. 1977 – Pożary podziemne w kopalniach. Wydawnictwo Śląsk, Katowice.
- MIRONOWICZ W., WASILEWSKI S. 1999 – Monitorowanie i sterowanie wentylatorów głównych w celu obniżenia kosztów i poprawy bezpieczeństwa kopalni. Materiały Międzynarodowej Konferencji nt. Najnowsze osiągnięcia w zakresie przewietrzania kopalni oraz zwalczania zagrożeń pożarowych, gazowych i klimatycznych. Wydawnictwo GIG, Katowice.
- PAWIŃSKI J., ROSZKOWSKI J., STRZEMIŃSKI J. 1995 – Przewietrzanie kopalni. Śląskie Wydawnictwa Techniczne, Katowice.
- Praca zbiorowa pod redakcją W. Konopko 2008 – Bezpieczne prowadzenie robót górniczych poniżej poziomu udostępnienia złoża w kopalniach węgla kamiennego. Wydawnictwo GIG, Katowice.
- Raporty roczne (2002-2011) o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. Wydawnictwo GIG, Katowice.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 139 z 2002 r. poz. 1169).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 lutego 2012 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych - Załącznik nr 1. Plan ruchu podziemnego zakładu górniczego (Dz. U. z 2012 r. poz. 372).
- STRUMIŃSKI A. 1996 – Zwalczanie pożarów w kopalniach głębinowych. Wyd. Śląsk, Katowice.
- SZŁĄZAK N., YUAN S., OBRACAJ D. 2005 – Zagrożenie pożarowe w kopalniach węgla kamiennego i metody jego oceny. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków.
- TRENCZEK S. 2005 – Automatyczna aerometria górnicza dla kontroli zagrożeń aerologicznych. „Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa” nr 3.
- TRENCZEK, S. 2007 – Przewietrzanie prądami schodzącymi powietrza - identyfikacja zagadnień. „Górnictwo i Geologia”. t. 2, z. 2, s. 65-79.

Artykuł wpłynął do redakcji – grudzień 2016
Artykuł akceptowano do druku 5.05.2017