

Ryszard FRĄCZEK  
PBG „ORT SERVICE” Sp.j. Gliwice

## ZASTOSOWANIE RECYRKULACJI POWIETRZA W ODDZIALE WYDOBYWCZYM KOPALNI PODZIEMNEJ DLA POPRAWY WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH

**Streszczenie.** Założono trzy typowe warianty przewietrzania rejonu wentylacyjnego (normalny, z dwukrotnie większym wydatkiem powietrza i z zastosowaniem recyrkulacji powietrza w rejonie wentylacyjnym) z czynną ścianą prowadzoną w trudnych warunkach klimatycznych. Wykonano niezbędne obliczenia wentylacyjno-klimatyczne dla założonych wariantów przewietrzania, a następnie obliczono niezbędne wydajności chłodnicze i moce elektryczne zastosowanych silników oraz koszty chłodzenia i przewietrzania dla uzyskania w rejonie wentylacyjnym temperatury powietrza 28 °C. W podsumowaniu stwierdzono, że proponowany wariant z recyrkulacją powietrza jest najtańszy w stosowaniu.

## APPLICATION OF THE RECIRCULATION OF THE AIR IN SECTION UNDEGROUND MINING FOR IMPROVEMEND OF THE CONDITIONS CLIMATIC

**Summary.** To start tire typical variants ventilation in section mining (standard, with twice greater expense o fair and with application of recirculation o fair) o coal longwals a life of conditions climatic. Realizations of necessary calculation of for application of variants ventilation. Afterwards calculation indispensable capacity cooling and the electric power also to cost cooling in section mining for to obtainment of temperature 28 °C. To recapitulation statement of the propose variants in recirculation air to be most cheap.

### 1. Wprowadzenie

Jak wiadomo poprawę warunków klimatycznych w wyrobiskach górniczych kopalń głębinowych uzyskać można na wiele sposobów [8, 10, 12, 15]. Najważniejsze z nich to:

- wzrost wydatku powietrza w wyrobisku,

– schłodzenie powietrza przy użyciu maszyn klimatycznych.

Wzrost wydatku powietrza wymusza się przeważnie przy użyciu wentylatorów głównych, rzadziej w wyniku zastosowania wentylatorów pomocniczych [8]. W efekcie przez kopalnie przeprowadza się kilkaset  $\text{m}^3/\text{s}$  powietrza. Wentylatory główne osiągają moc kilku tysięcy kW, zaś prędkości powietrza w wyrobiska osiągają wartość do 10 m/s.

W okresie letnim ta metoda ma tę wadę, że trudne warunki klimatyczne (wysoka temperaturę) stwierdza się już na podszybiu szybu wdechowego, a trudne warunki klimatyczne odnotowuje się na całej drodze do wyrobisk eksploatacyjnych. Zaś w okresie zimowym, na tej samej drodze, stwierdza się trudne warunki klimatyczne z uwagi na niską temperaturę powietrza. Powietrze wlotowe do szybu należy w tym przypadku podgrzewać.

Zastosowanie sztucznego chłodzenia powietrza coraz częściej stanowi samodzielną metodę poprawy warunków klimatycznych w wyrobiskach górniczych, ale nie zawsze w 100 % skuteczną, zwłaszcza w przypadku wyrobisk ścianowych o długości ponad 200 m zlokalizowanych w pokładach cienkich.

Podobnie, jak w przypadku zagrożeń metanowych, trudne warunki klimatyczne dość często stwierdza się w wylotowej części ściany i na skrzyżowaniu z chodnikiem wentylacyjnym. Istotnym czynnikiem kształtującym te trudne warunki klimatyczne jest gorące i wilgotne powietrze, które wraca ze zrobów ściany do prądu opływowego.

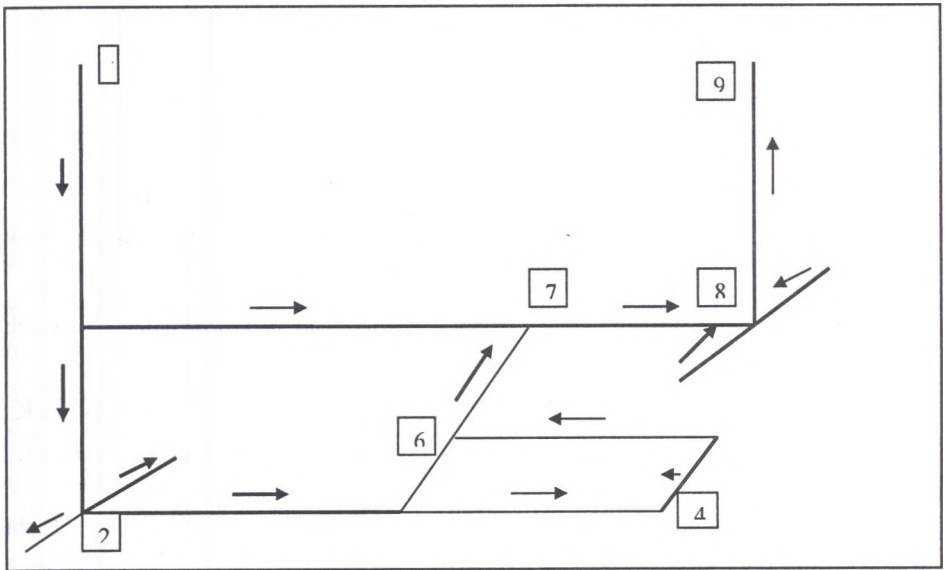
Zagrożenie to próbuje się minimalizować poprzez dostarczenie lutniociągiem chłodnego powietrza do wylotu ze ściany. Jest to metoda mocno utrudniona z uwagi na małe gabaryty skrzyżowania i ciągły postęp ściany.

W niniejszej pracy proponuje się inne rozwiązanie stosowane w niektórych zagranicznych kopalniach dyskutowane również dla warunków polskich, które może się doskonale wkomponować w istniejącą rzeczywistość, gdyż uwzględnia nie tylko wzrost koncentracji wydobywania, ale także ograniczenia związane z likwidacją wielu rejonów wentylacyjnych. Jest w nim wykorzystanie kontrolowanej recyrkulacji części powietrza w rejonie wentylacyjnym [1, 3, 13, 14]

## **2. Model sieci wentylacyjnej kopalni głębinowej o dużej koncentracji wydobywania**

Celem przeprowadzenia analizy wpływu kontrolowanej recyrkulacji powietrza na warunki klimatyczne w wyrobisku ścianowym zakłada się:

- prowadzenie eksploatacji na jednym poziomie wydobywczym,
- sieć wentylacyjną złożoną z dwóch szybów: wdechowego i wydechowego, poziomu wydobywczego i wentylacyjnego, co pokazano na rysunku 1,
- główny prąd powietrza dzieli się na 3 grupowe prądy powietrza, a te z kolei na 3 prądy rejonowe,
- prowadzenie eksploatacji w dwóch ścianach wydobywczych posiadających podobne warunki geologiczno-górnictwe.



Rys.1. Wycinek sieci wentylacyjnej z analizowanym rejonem wentylacyjnym ściany wydobywczej  
 Fig. 1. Schema of the ventilation-net with analysis in section mining of cool longwall

Zakłada się 3 warianty wentylacji ściany:

- W1 - wariant normalny, do ściany przy użyciu wentylatora głównego doprowadza się wydatek powietrza  $V_{s1}=20 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- W2 - wariant normalny, do ściany przy użyciu wentylatora głównego doprowadza się wydatek powietrza  $V_{s2}=40 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- W3 - wariant z recyrkulacją powietrza, do ściany przy użyciu wentylatora pomocniczego doprowadza się wydatek powietrza  $V_{s1}=40 \text{ m}^3/\text{s}$ , zaś wentylator główny doprowadza w rejon wentylacyjny ściany  $V_{s3}=10 \text{ m}^3/\text{s}$ .

W tabelicy 1 zestawiono podstawowe dane dotyczące sieci wentylacyjnej oraz górotworu.

W tabelicy ponadto zastosowano oznaczenia:

- $V$  – wydatek powietrza w bocznicy,  $m^3/s$ ,
- $r$  – opór aerodynamiczny 100 m odcinka wyrobiska,  $kg/m^8$ ,
- $\Delta p$  – spadek naporu w danej bocznicy, Pa,
- $v$  – temperatura pierwotna górotworu,  $^{\circ}C$ ,
- $s$  – długość wyrobiska, m,
- $A$  – przekrój poprzeczny wyrobiska,  $m^2$ ,
- $z$  – głębokość zalegania wyrobiska, m,
- $\tau$  – czas przewietrzania wyrobiska, s,
- $a$  – współczynnik wyrównywania temperatury w górotworze,  $m^2/s$ ,
- $\lambda$  – współczynnik przewodzenia ciepła w górotworze, W/m K,
- $c$  – cieplny współczynnik przemiany powietrza w wyrobisku,
- $Q$  – moc źródeł ciepła wydzielanego wyrobisku, kW,
- $t_{w1}$  – obliczona dla wariantu W1 temperatura powietrza średnioroczna ona końcu wyrobiska,  $^{\circ}C$ ,
- $t_{w2}$  – obliczona dla wariantu W2 temperatura powietrza średnioroczna ona końcu wyrobiska,  $^{\circ}C$ ,
- $\omega_1$  – obliczona dla wariantu W1 odchyłka od średniorocznej temperatury powtarza, K,
- $\omega_2$  – obliczona dla wariantu W2 odchyłka od średniorocznej temperatury powtarza, K.

Tablica 1

## Zestawienie parametrów wentylacyjnych dla poszczególnych wyrobisk

Lp.	Par.	Jedn.	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	6-3	7-8	8-9
1.	$s$	m	1000	3000	1000	200	1000	800	200	3000	800
2.	$a$	$m^2$	50	14	14	6	12	14	14	12	12
3.	$z$	m	1000	1000	1000	950	950	800	1000	800	0
4.	$r$	$kg/m^8$	0,0015	0,004	0,007	0,050	0,009	0,009	0,005	0,009	0,0015
5.	$V_1$	$m^3/s$	200	70	20	20	20	25	5	70	200
6.	$V_2$	$m^3/s$	250	70	40	40	40	40	10	70	250
7.	$V_3$	$m^3/s$	170	70	10	10	10	10	0	70	170
8.	$\Delta p_1$	Pa	600	588	28	40	36	25	0	1323	480
9.	$\tau$	$10^{-6}s$	630	250	16	0,02	16	-	32	-	-
10.	$v$	$^{\circ}C$	8	45	45	45	43	-	43	-	-
11.	$a$	$10^6 m^2/s$	2,0	2,0	0,6	0,6	0,6	-	0,6	-	-
12.	$\lambda$	W/m K	4,0	4,0	1,5	1,5	1,5	-	1,5	-	-
13.	$c$	-	0,4	0,3	0,25	0,2	0,5	-	0,25	-	-
14.	$Q$	kW	100	300	400	500	0	-	0	-	-
15.	$t_{w1}$	$^{\circ}C$	12,2	15,1	23,6	31,9	35,8	-	-	-	-
16.	$t_{w2}$	$^{\circ}C$	12,2	15,1	19,2	23,8	26,1	-	-	-	-
17.	$\omega_1$	K	14,1	9,3	5,3	5,1	0	-	-	-	-
18.	$\omega_2$	K	14,3	9,4	8,6	8,4	6,2	-	-	-	-

W wyniku przeprowadzonych obliczeń dla założonego oporu aerodynamicznego sieci  $R=0,078$  kg/m i sprawności wentylatorów głównych  $\eta_w=0,75$ , dla poszczególnych wariantów wentylacji uzyskano parametry pracy wentylatorów głównych:

- W1 –  $\Delta p_w=3120$  Pa,  $V_w=200$  m<sup>3</sup>/s,  $N_1=832$  kW,
- W2 –  $\Delta p_w=4875$  Pa,  $V_w=250$  m<sup>3</sup>/s,  $N_2=1300$  kW,
- W3 –  $\Delta p_w=2254$  Pa,  $V_w=170$  m<sup>3</sup>/s,  $N_1=383$  kW, oraz wentylator pomocniczy:  $\Delta p_{wp}=403$  Pa,  $V_w=30$  m<sup>3</sup>/s,  $N_1=16$  kW.

### 3. Ocena zagrożenia klimatycznego dla poszczególnych wariantów wentylacyjnych

Celem dokonania oceny, który wariant wentylacji rejonu ściany pozwala uzyskać niższą temperaturę powietrza w rejonie wentylacyjnym, przygotowano dane wejściowe do prognozy temperatury powietrza [8, 10, 15]. W tabelicy 1 zestawiono najważniejsze dane dotyczące parametrów fizykotermicznych skał, czasu przewietrzania wyrobisk oraz wyniki temperatury powietrza uzyskane z obliczeń.

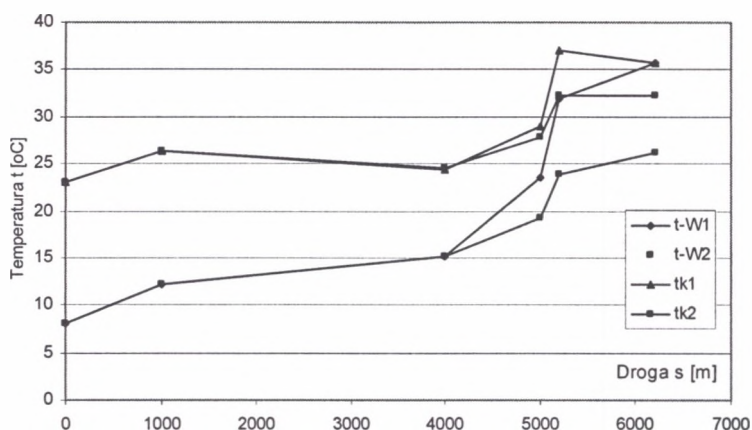
Prognozę temperatury powietrza na drodze jego przepływu od wlotu do kopalni do wylotu z rejonu wentylacyjnego wykonano z uwzględnieniem:

- zmian średniorocznej temperatury powietrza przy założeniu temperatury powietrza na wlocie do kopalni  $t_p=8$  °C,
- zmian odchyłki temperatury od średniorocznej przy założeniu na wlocie odchyłki  $\omega_p=15$  K.

Na rysunku 2 przedstawiono, jak na drodze przepływu powietrza zmienia się jego średnioroczna temperatura dla wariantu W1 –  $t_{k1}$  i dla wariantu W2 –  $t_{k2}$ , oraz temperatura z uwzględnieniem odchyłki od średniorocznej dla wariantów wentylacji W1-  $t_{W1}$  i W2 -  $t_{W2}$ .

Z przedstawionego rysunku wynika, że:

- dla wariantu W2 średnioroczna temperatura powietrza na całej drodze przepływu powietrza wynosi poniżej 28 °C,
- odchyłki od średniorocznej temperatury powietrza znikają dopiero na wylocie z rejonu wentylacyjnego ściany dla wariantu W1, zaś dla wariantu W2 dopiero na dalszej drodze,
- dla obu wariantów w okresie letnim na wylocie ze ściany temperatura powietrza przekroczy 28 °C.



Rys. 2. Zmiana temperatury powietrza na drodze jego przepływu z uwzględnieniem wariantu przewietrzania W1 i W2

Fig. 2. Graph of air temperature along the length of flow with regard to ventilation variants W1 and W2

Dla uzyskania na wylocie ze ściany temperatury powietrza poniżej 28 °C, należy go schłodzić na wlocie do ściany, albo chłodzić stopniowo w ścianie. Zakładając chłodzenie powietrza na wlocie do ściany, po wykonaniu obliczeń uzyskano temperaturę powietrza na wlocie do ściany:

- dla wariantu W1 –  $t_{s1}=15,1$  °C,

- dla wariantu W2 –  $t_{s2}=20,7$  °C.

Przy prognozowaniu warunków klimatycznych na wylocie ze ściany należy także uwzględnić przyrost temperatury powietrza wentylującego ścianę po zmieszaniu z powietrzem wypływającym ze zrobów ściany.

W tym celu należy obliczyć średnie ucieczki powietrza korzystając z prac [7, 8] oraz można przyjąć, że powietrze zrobowe przyjmuje temperaturę górotworu, zaś przyrost wilgotności właściwej będzie zbliżony do przyrostu wilgotności powietrza w ścianie.

Wypadkową temperaturę powietrza (po zmieszaniu z powietrzem zrobowym) można odczytać z wykresu Moliera  $h$ - $x$  mając obliczoną lub odczytaną wypadkową entalpię właściwą powietrza [2, 8, 10, 15]:

$$h_w = \frac{h_1 \cdot m_1 + h_z \cdot m_z}{m_1 + m_z}, \text{ kJ/kg} \quad (1)$$

gdzie:

$m_1$  - wydatek masowy powietrza w ścianie, kg/s,

$m_z$  - wydatek masowy powietrza w zrobach ściany, kg/s,

$h_1$  - entalpia właściwa powietrza na wylocie ze ściany, kJ/kg,



$h_2$  - entalpia właściwa powietrza zrobowego, kJ/kg

oraz wilgotność właściwą powietrza

$$x_w = \frac{h_1 \cdot m_1 + x_2 \cdot m_2}{m_1 + m_2}, \text{ g/kg} \quad (2)$$

gdzie:

$x_1$  – wilgotność właściwa powietrza na wylocie ze ściany, g/kg

$x_2$  – wilgotność właściwa powietrza na wylocie ze zrobów ściany, g/kg.

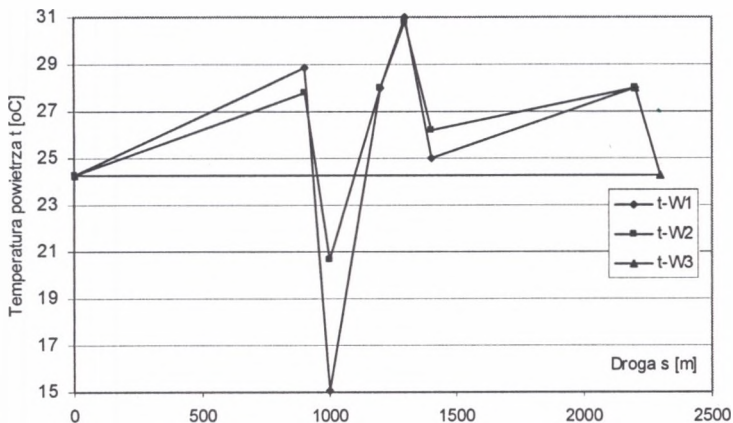
#### 4. Obliczenie wydajności chłodniczej

Mając prognozowane temperatury powietrza na wlocie do ściany: przed schłodzeniem i po schłodzeniu można przystąpić do obliczenia wydajności chłodniczej korzystając z zależności:

$$Q_{ch} = m \cdot (h_2 - h_1), \quad (3)$$

gdzie  $h_2$  i  $h_1$  - entalpie właściwe powietrza przed i po schłodzeniu powietrza, kJ/kg.

W tabelicy 2 zestawiono wyniki obliczeń parametrów powietrza w charakterystycznych miejscach i wydajności chłodniczej dla poszczególnych wariantów przewietrzania.



Rys. 3. Przebieg temperatury powietrza w rejonie wentylacyjnym ściany z uwzględnieniem jego chłodzenia i wariantu przewietrzania

Fig. 3. Graph of air temperature in section mining of cool longwall with regard of cooling and variants ventilation

Dla obliczenia zdolności chłodniczej założono, że temperatura powietrza w analizowanym rejonie wentylacyjnym nie przekroczy 28 °C [6, 10, 11, 12, 17].

Tablica 2

Zestawienie wyników obliczeń parametrów powietrza  
i wydajności chłodniczej dla rozpatrywanych wariantów przewietrzania

Lp.	Miejsce	$t$ [°C]	$h$ [kJ/kg]	$x$ [g/kg]	$m$ [kg/s]	$Q$ [kW]
	W1					
1.	wlot do ściany	28,9	76,0	18,2	25,0	-
2.	wlot do ściany po schłodzeniu	15,1	40,0	9,8	25,0	900
3.	wylot ze ściany	28,0	73,0	17,5	21,5	-
4.	wylot ze zrobów	45,0	93,0	17,5	3,5	-
5.	chodnik wentyl. po zmieszaniu	31,0	76,0	17,5	25,0	-
6.	chodnik wentyl. po schłodzeniu	25,0	69,0	17,5	25,0	150
7.	wylot chodn. wentyl.	28,0	73,0	18,5	25,0	
	W2					
8.	wlot do ściany	27,8	72,0	17,6	52,0	-
9.	wlot do ściany po schłodzeniu	20,7	49,0	11,5	52,0	832
10.	wylot ze ściany	28,0	73,0	17,5	45,0	-
11.	wylot ze zrobów	45,0	93,0	17,5	7,0	-
12.	chodnik wentyl. po zmieszaniu	30,8	75,6	17,5	52,0	-
13.	chodnik wentyl. po schłodzeniu	26,2	72,0	17,5	52,0	52
14.	wylot z chodnika wentyl.	28,0	73,0	18,5	52,0	-
	W3					
15.	wylot z chodnika wentylacyjnego	28,0	73,0	18,5	39,0	-
16.	przecinka went. po schłodzeniu	24,3	60,0	14,0	39,0	247

W wariantcie W1 założono w związku z tym chłodzenie powietrza na wlocie do ściany i w chodniku wentylacyjnym po zmieszaniu powietrza zrobowego z powietrzem ścianowym. Jak wynika tablicy 2 wymagana wydajność chłodnicza wynosi  $Q_{w1}=1050$  kW.

W wariantcie W2 wymagane jest także chłodzenie powietrza w tych samych miejscach, jak w wariantcie W1, lecz różnice temperatur powietrza są mniejsze. Jak wynika tablicy 2 wymagana wydajność chłodnicza wynosi  $Q_{w1}=884$  kW.

W wariantcie W3 oprócz chłodzenia powietrza w tych samych miejscach, jak w wariantcie W1, wymagane jest również chłodzenie powietrza przeznaczonego do recyrkulacji. W tym celu w przecince wentylacyjnej (pkt. 3–6) należy zabudować dodatkowo urządzenie chłodnicze. Jak wynika tablicy 2 wymagana wydajność chłodnicza wyniesie  $Q_{w3}=1131$  kW.

Na rysunku 3 pokazano przebieg temperatury powietrza w rejonie wentylacyjnym ściany po uwzględnieniu jego schładzania. Jak wynika z przedstawionego rysunku, w wariantcie W1 występują większe różnice temperatur powietrza na drodze przepływu z uwagi na mniejszy



wydatek powietrza. W wariantcie W3, w porównaniu do wariantu W2, występuje tylko dodatkowo chłodzenie powietrza recyrkulującego w przecince wentylacyjnej.

## 5. Porównanie kosztów chłodzenia i wentylacji poszczególnych wariantów wentylacji

Z prac [4, 10] wynika ze średnia moc silników elektrycznych w poszczególnych elementach urządzenia chłodniczego wynosi:

- w sprężarkach urządzeń chłodniczych  $\eta_s=0,3$ ,
- w chłodnicach powietrza  $\eta_{cp}=0,07$ ,
- w chłodnicach wody zwrotnej  $\eta_{sw}=0,06$ ,
- w pompach wodnych  $\eta_{pw}=0,06$ .

Ponadto należy uwzględnić straty chłodu w rurociągach zasilających urządzenia chłodnicze  $\eta_{rw}=0,20$  oraz w wyniku pracy wentylatorów w chłodnicach powietrza  $\eta_{cp}=0,07$ . Końcowa moc elektryczna zainstalowana w silnikach urządzenia chłodniczego wyniesie

$$N_e = Q_{ch}(1 + \eta_{cp} + \eta_{rw}) \cdot (\eta_s + \eta_{cp} + \eta_{sw} + \eta_{pw}) = 0,57 \cdot Q_{ch}, \text{ kW} \quad (4)$$

Dla wykonania pełnego bilansu poboru energii elektrycznej, należy także uwzględnić zużycie energii na podgrzewanie powietrza wlotowego do kopalni w okresie zimowym. Z przepisów [17] wynika, że temperatura powietrza w szybie wdechowym nie powinna być niższa od 2 °C. Zaś pracy [16] wynika, że w okresie zimowym temperatura powietrza może osiągnąć -4 do -6 °C. Uwzględniając, że będzie to ogrzewanie wodne, moc elektryczna nie powinna przekroczyć 50 % mocy urządzeń chłodniczych.

Z pracy [4] wynika ponadto, że koszty energii elektrycznej zużywanej w klimatyzacji kopalni stanowią około 70 % całych kosztów, zaś cena energii elektrycznej na dzień 10.06.2005 r. w kopalni Zofiówka wynosi średnio 0,23 zł/kWh. Wyniki obliczeń kosztów wentylacji i przewietrzania dla poszczególnych wariantów wentylacji zestawiono w tablicy 3.

Tablica 3  
Zestawienie wyników obliczonej mocy  
urządzeń elektrycznych i kosztów chłodzenia

Lp.	Parametr	Jedn.	W1	W2	W3
1.	$N_{ec}$	kW	1197	1008	1289
2.	$N_{ew}$	kW	832	1300	383
3.	$N_{eo}$	kW	478	598	406
4.	$K_{ec}$	zł/d	6607	5564	7115
5.	$K_{ew}$	zł/d	4992	7176	2114
6.	$K_c$	zł/d	14250	14960	12075

W tablicy zastosowano oznaczenia:

$N_{ec}$  – moc elektryczna urządzeń chłodniczych,

$N_{ew}$  – moc elektryczna wentylatorów głównych,

$N_{eo}$  – moc elektryczna urządzeń grzewczych,

$K_{ec}$  – koszty energii elektrycznej urządzeń chłodniczych na dobę,

$K_{ew}$  – energii elektrycznej przewietrzania na dobę,

$K_c$  – całkowite koszty uwzględniające chłodzenie i wentylację kopalni na dobę.

Kosztów ogrzewania powietrza nie uwzględniono, gdyż występują w innym okresie czasu.

Z przedstawionej tablicy 3 wynika, że najniższe koszty chłodzenia i wentylacji uzyskano w wariantcie przewietrzania W3. Warianty W1 i W2 cechują się podobnymi kosztami.

## 6. Podsumowanie

W niniejszej pracy, idąc z duchem czasu, przedstawiono trzy warianty przewietrzania rejonu wentylacyjnego ze ścianą wydobywczą prowadzoną w górotworze o temperaturze 45 °C. W związku z tym uzyskanie temperatury powietrza poniżej 28 °C wymaga zastosowanie chłodzenia powietrza.

Z uwagi na bliskość do szybu wdechowego, istotną rolę w kształtowaniu warunków klimatycznych odgrywają sezonowe odchyłki temperatury powietrza, zwłaszcza przy wydatkach powietrza powyżej 20 m<sup>3</sup>/s. Oprócz tradycyjnej metody poprawy warunków klimatycznych, polegającej na wzroście wydatku powietrza, uwzględniono możliwość kontrolowanej recyrkulacji powietrza w rejonie ściany. I właśnie ta metoda pozwala uzyskać najniższe koszty wentylacji i chłodzenia powietrza.

## LITERATURA

1. Biernacki K., Kolarczyk M., Kropsz K.: Wpływ recyrkulacji powietrza na warunki klimatyczne w polskich kopalniach rud miedzi. Mat. Symp. „Hornicka Příbram ve vede a technice”. Příbram (CSRS), 1975.
2. Butnett R. L., Mitchell D.: The safe use of controlled recirculation techniques in the ventilation of United Kingdom coal mines. Fourth Intern. Mine Ventilation Congress. Brisbane, Queensland (Australia), July 1988 pp. 281-290.
3. Budryk W.: Wentylacja kopalń. Wyd. Górniczno-Hutnicze, Katowice 1961.
4. Czaplński A., Łuska P., Żyła W.: Urządzenia firmy GFW stosowane do klimatyzacji w polskich kopalniach – stan obecny i perspektywy. XXIV Dni Techniki ROW. Sem. Wodzisław Śl. 1998.
5. Dubiński J. i inni.: Koncentracja wydobywania a zagrożenia górnicze. Wyd. „GIG”, Katowice 1999.
6. Frączek R.: Kształtowanie warunków klimatycznych w ścianach prowadzonych w górotworze o wysokiej temperaturze. XXIV Dni Techniki ROW’98. Wodzisław Śląski 1998.
7. Frączek R. Frączek J.: Ocena ucieczek powietrza przez zroby ścian czynnych kopalniach węgla kamiennego. Przegląd Górniczy nr 1, 2002.
8. Frączek R.: Aerologia górnicza. Przykłady i zadania. Wyd. Katedra Elektr. i Aut. Górn. Pol. Śląskiej, Gliwice 2003.
9. Frączek F.: Zwalczanie zagrożenia metanowego w kopalniach węgla kamiennego. Wyd. Stow. Wych. Wydziału Górnictwa i Geologii Pol. Śląskiej, Gliwice 2005.
10. Frycz A.: Klimatyzacja kopalń. Wyd. „Śląsk”. Katowice 1981.
11. Knechtel J.: Zagrożenia klimatyczne w polskich kopalniach węgla. Wyd. GIG Kom. nr 835. Katowice 1998.
12. Pawiński J., Roszkowski J., Strzeziński J.: Przewietrzanie kopalń. Wyd. „Śląsk”, Katowice 1995.
13. Robinson R., Pickering A. J.: Application of controlled air recirculation to auxiliary ventilation systems and mine district ventilation circuits. Third Intern. Mine Ventilation Congress. Harrogate (U. K.), 1984, pp. 315-322.
14. Trutwin W.: Recyrkulacja powietrza w gazowych wyrobiskach. Archiwum Górnictwa t. 26, z. 2, 1981.
15. Waclawik J., Cygankiewicz J., Knechtel J.: Warunki klimatyczne w kopalniach węgla. PAN, Kraków 1998.
16. Waclawik J.: Dobór i regulacja parametrów pracy centralnych układów klimatyzacji kopalń z zimną wodą. XXIV Dni Techniki ROW. Sem. Wodzisław Śl. 1998. Praca zbiorowa.: Poradnik Górnika. T.2 i 3. Wyd. „Śląsk” Katowice 1974.
17. Rozporządzenie MG z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu i specjalistycznego zabezpieczenia pożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. Nr 139 poz. 1169 z dnia 2 września 2002 r.).

Recenzent: Dr hab. inż. Józef Sułkowski, prof. nzw. w Pol. Śl.