ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1992
Seria: GÓRNICTWO z. 205 Nr kol. 1179

Andrzej FRYCZ
Marian JAROMIN
Marian KOLARCZYK
Katedra Eksploatacji Złóż
Politechniki Śląskiej
Gliwice

OPTYMALNE ROZMIESZCZENIE WYMIENNIKÓW CIEPŁA W REJONIE WYDOBYWCZYM GŁĘBOKIEJ KOPALNI WĘGLA

Streszczenie. W referacie omówiono wyniki przeprowadzanych badań na modelu rozcinki pokładu, dotyczące warunków klimatycznych w badanym rejonie. Wskazano na możliwości realizacji celu w różnych warunkach i przeprowadzono analizę wyników badań modelowych. Badania przeprowadzono opierając się na wielu wykonanych pomiarach i obserwacjach w kopalniach węgla.

THE OPTIMAL DISTRIBUTION OF HEAT EXCHANGERS IN THE WHOLE EXCAVATION SYSTEM OF A DEEP COLLIERY

Summary. The paper discusses the results of investigations carried out on the model of the panelling of a deposit, concerning the climatic conditions in the given region. It has been indicated that the desired aim may be realized in various conditions, and the results of model investigations have been analysed. These investigations were based on a series of measurements and observations gathered in collieries.

Zuzammenfassung. Der vorliegende Aufsatz erörtert die Ergebnisse von Untersuchungen, die an einen Flözabstichmodell durchgefuhrt worden sind und sich auf die klimatischen Bedingungen des untersuchten Bereibs beziehen. Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, das sich gesetzte Ziel bei unterschiedlichen Bedingungen zu erreichen, und die Untersuchungsergebnisse sind analysiert worden. Bei diesen Untersuchungen stützte man sich auf eine Reihe durchgeführter und Beobachtungen in Steinkohlenzechen.

Zagadnienia związane z klimatyzacją kopalń głębokich nabierają ostatnio szczególnego ukierunkowania [1, 2, 3, 4, 12]. Okazuje się, że w wielu krajach od paru już lat mimo dalszego schodzenia z eksploatacją w dół, nie rośnie zapotrzebowanie na dalsze zwiększanie mocy instalowanej dla potrzeb klimatyzacji [1, 2, 6]. Ilość czynnych urządzeń na dole i powierzchni również pozostaje stała, a osiągnięcia na drodze poprawy warunków klimatycznych w przodkach są znaczące i wyraźnie widoczne w różnego rodzaju raportach statystycznych [2, 4, 8, 15].

Stan ten spowodowany jest tym, że problem kiedyś pierwszy, jak wytworzyć zimno dla dołu kopalń, został technicznie rozwiązany i wdrożony ku zadowoleniu użytkowników i producentów urządzeń klimatycznych [1, 14, 15]. Dziś zarówno producenci urządzeń klimatycznych, jak i ich użytkownicy są głównie zainteresowani następującymi problemami:

a) transport zimna i ciepła,

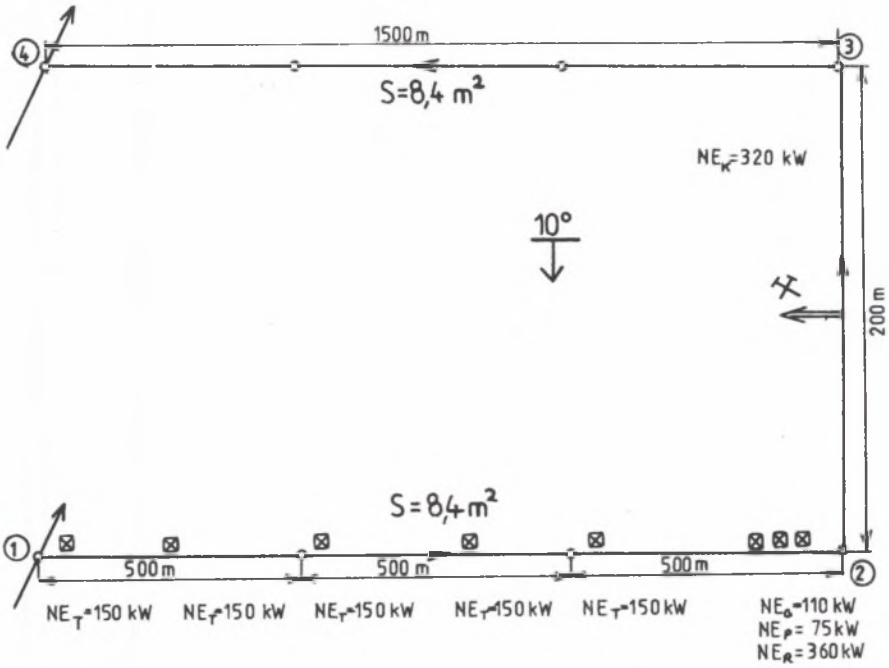
b) regulacja automatyczna pracy urządzeń klimatycznych,

c) optymalne do potrzeb rozmieszczenie wymienników ciepła na dole kopalni.

Cały szereg prac dotyczy dziś tych trzech zagadnień [1, 3, 4, 5, 7], a poszczególni producenci i użytkownicy urządzeń klimatycznych donoszą o coraz to nowych osiągnięciach na tym polu, które obniżają w efekcie koszty eksploatacji urządzeń klimatycznych, często w bardzo dużym stopniu [11,12,14]. W efekcie koszty stosowania w praktyce klimatyzacji dla poprawy warunków pracy w kopalniach stale maleją, co jest bardzo korzystnym zjawiskiem, szczególnie teraz, kiedy powszechne staje się dążenie do obniżenia kosztów własnych produkcji węgla w ogóle [8, 12].

W referacie przygotowanym na V sympozjum naukowe chcemy bliżej zająć się zagadnieniem optymalizacji rozmieszczenia wymienników ciepła w rejonie wydobywczym głębokiej kopalni. Modelem przyjętym do rozważań będzie ściana prowadzona od pola (rys. 1) w pokładach o różnej miąższości i przy zmiennych temperaturach skał, ale przy stałym wydobyciu i ilości powietrza również zmiennej w zależności od miąższości pokładu przy założeniu w ścianie prędkości powietrza nie większej niż 4 m/s. Wydobycie ze ściany przyjmujemy stałe i wynoszące 2000 t/dobę [13, 16, 17].

Powszechnie wiadomo, jaki wpływ na warunki klimatyczne w ścianie mają parametry powietrza świeżego, a szczególnie jego ilość [13]. Ilość powietrza dostarczonego do ściany jest zdecydowanie zależna od miąższości pokładu i rodzaju stosowanej obudowy. Nie można praktycznie dopuszczać w ścianach zbyt dużych prędkości powietrza, z uwagi na to, że suchy i drobny urobek (a nie tylko pył) zostaje wtedy unoszony ze spągu i przemieszcza się wzdłuż ściany



Rys. 1. Model rozcinki pola z naniesieniem rozmieszczenia lokalnych źródeł ciepła i ich mocy

NE_T - moc znamionowa napędu taśmociągu, NE_G - moc znamionowa napędu "grota", NE_P - moc znamionowa pompy, NE_R - moc znamionowa przenośnika ścianowego, NE_K - moc znamionowa kombajnu

Fig. 1. Model of the panelling of a deposit with plotted local heat sources and their thermal power

NE_T - power - rating of the drive of the conveyor belt, NE_G - power - rating of the "cave" drive, NE_P - power - rating of the pump, NE_R - power - rating of the long - wall transporter, NE_K - power - rating of the mechanical coal miner

pogarszając widoczność i warunki oddechowe [13, 16, 17]. Dlatego też zakładamy w naszym modelu prędkość 4 m/s, mniejszą wprawdzie od dozwolonej przepisami, ale i tak wysoką. W ścianach niskich, nawet przy tej prędkości powietrza, ilość powietrza, jaka może zostać dostarczona do ściany, jest mała, a szczególnie mała w stosunku do ilości ciepła, jaką trzeba odprowadzić z urobku i złoża.

Wymienniki ciepła można rozmieszczać w rejonie różnie. Skrajnie ekstremalne usytuowanie wymienników ciepła w rejonie dotyczyłoby samej ściany i początku chodnika podścianowego. Wiadomo jednak, że chłodzenie w ścianie jest trudne i ciągle jeszcze nie ma rozwiązań w pełni udanych [1, 2, 5, 8, 11]. Ilości ciepła, jakie udało się odprowadzić ze ściany w kilku kopalniach RFN, nie przekraczały 400 kW i to w ścianach wysokich, gdzie akurat można bardzo wiele osiągnąć w dziedzinie poprawy warunków klimatycznych na drodze zwiększania ilości powietrza. Ponieważ jednak ze ścian często trzeba odprowadzać dziś 1000 KW lub więcej ciepła, nie pozostaje nic innego, jak schładzanie powietrza i osuszanie przed ścianą, w ścianie i za ścianą [1, 7, 14].

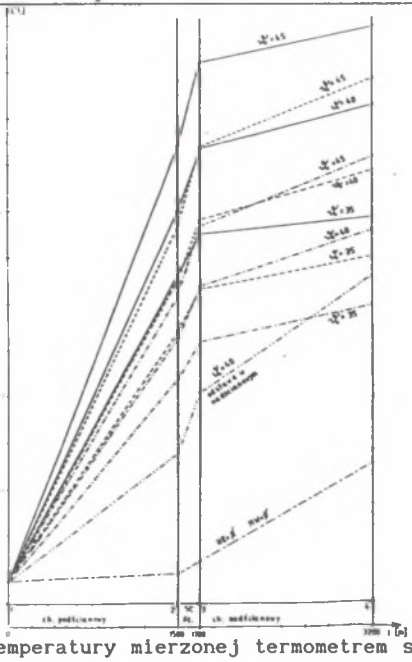
Wprowadzając dane wejściowe do programu opracowanego na komputer TWO w języku Turbo Pascal [16] otrzymaliśmy szereg wyników, które po opracowaniu i uszeregowaniu dają następujący obraz prezentowanego zagadnienia [16].

ZALEŻNOŚĆ MOCY CHŁODNICZEJ OD CZYNNIKÓW KSZTAŁTUJĄCYCH KLIMAT W KOPALNI

Wymagana moc chłodnicza w odniesieniu do ilości eksploatowanego węgla ze ściany waha się w dużych granicach [1, 2, 3, 6, 8]. Zależy ona bardzo od tego, jak głęboko zamierzamy schłodzić powietrze w rejonie ściany, czy utrzymać w całym rejonie temperaturę suchą poniżej 28°C, czy też wystarczy, że tylko do skrzyżowania ściany z chodnikiem nadścianowym (punkt 3 rys. 1).

Na wielkość ogólną mocy chłodniczej w sposób decydujący wpływają takie czynniki, jak temperatura górotworu (rys. 2), ilość urobku i powietrza w ścianie oraz również urządzenia elektryczne pracujące w rejonie (rys. 2). Jeżeli można utrzymać w rejonie taki stan warunków klimatycznych, że nigdzie nie będzie przekraczana temperatura 28°C, mierzona termometrem suchym, to wówczas uważa się, że moc chłodnicza potrzebna do poprawy warunków klimatycznych w rejonie ściany wynosi 0 kW.

Na rys. 2 pokazano, jak znacznie zmieniają się parametry klimatyczne w rejonie ściany w zależności od różnych temperatur górotworu. Z rysunku tego wynika też i to, jak wielki wpływ na warunki klimatyczne mają zainstalowane moce urządzeń elektrycznych. Okazuje się, że w przypadku całkowitego ich wyłączenia temperatura powietrza w punkcie 4 z rys. 1 i rys. 2, czyli przy końcu chodnika nadścianowego tylko nieznacznie przekracza 28°C, przy zwiększanej jednak prędkości powietrza w ścianie z 4 na 5 m/s [13, 16, 17]. Niemniej z przebiegu tej krzywej na rys. 2 widać wyraźnie, jak duże możliwości



Rys. 2. Rozkład temperatury mierzonej termometrem suchym w rejonie w zależności od temperatury górotworu i grubości pokładu dla stałej prędkości powietrza w ścianie - 4 m/s

---------- pokład grubości 1,0 m, - - - - - - pokład grubości 1,5 m

-.-.-.-.-.- pokład grubości 2,0 m

Fig. 2. Distribution of temperatures measured with a dry - bulb thermometer depending on the temperature of the rock - mass and the thickness of the seam, the flow - rate of the air along the long - wall being constant, i.e. 4 m/sec.

---------- seam thickness of 1,0 m, - - - - - - - seam thickness of 1,5 m,

-.-.-.-.-. seam thickness of 2,0 m

w utrzymaniu poprawnych warunków pracy w całym rejonie ma ilość powietrza i jego parametry początkowe.

W tablicy 1 zestawiono dane dotyczące właśnie wymaganych parametrów powietrza wlotowego (punkt 1 z rys. 1) w zależności od temperatury górotworu i grubości pokładu, takich, które by gwarantowały poprawne warunki klimatyczne w całym rejonie (punkt 4 z rys. 1) albo tylko do wylotu powietrza ze ściany (punkt 3 z rys. 1). Z analizy danych zawartych w tablicy 1 wyraźnie widać, że realne mogą być dla modelu założonego przez nas wyłącznie tylko temperatury powietrza wlotowego dla ściany o miąższości 2 m i przy temperaturze skał rzędu 35°C.

Tablica 1

Rozkład temperatur powietrza w wybranych miejscach modelu (rys. 1) w zależności od grubości pokładu i temperatury skał przy stałej prędkości powietrza w ścianie wynoszącej 4 m/s

Temperatura pierwotna górotworu [°C]	Grubość pokładu [m]	t_s w p. 1 dla t_s w p. 3 ≤ 28 [°C]	t_s w p. 1 dla t_s w p. 4 ≤ 28 [°C]	Powierzchnia użyteczna przekroju poprzecznego ściany [m^2]
35	1,0 1,5 2,0	16,0 19,2 21,5	13,1 16,9 19,7	2,5 3,5 5,0
40	1,0 1,5 2,0	13,0 16,9 19,8	8,6 13,6 17,3	2,5 3,5 5,0
45	1,0 1,5 2,0	10,0 14,5 18,0	6,3 10,4 14,9	2,5 3,5 5,0

Na rys. 2 pokazano też, jaki wpływ ma zmiana kierunku odstawy urobku ze ściany przy niezmiennej mocy tych urządzeń.

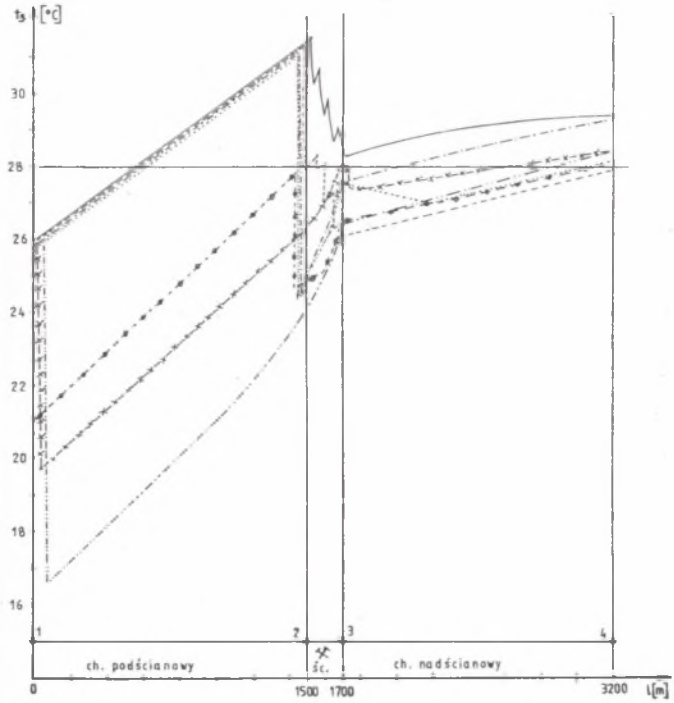
ZALEŻNOŚĆ MOCY CHŁODNICZEJ OD MIEJSCA USTAWIENIA CHŁODNIC POWIETRZA

Na rys. 3 pokazano, jak zmienia się moc chłodnicza potrzebna do zainstalowania w rejonie ściany o miąższości 2 m i przy temperaturze skał wynoszącej 40°C, by rozkład temperatur w całym rejonie był zbliżony do wymaganego przepisami. Okazuje się jednak, że tylko w trzech przypadkach można osiągnąć zamierzony cel.

a) Instalując wymienniki ciepła tylko na początku chodnika podścianowego (punkt 1 rys. 1 i 3) o łącznej mocy 830 kW.

b) Instalując wymienniki ciepła w punkcie 1 i 3 o mocach 600 kW i 115 kW czyli łącznie 715 kW.

c) Poprawiając parametry powietrza świeżego (różnymi metodami) [13, 14, 15, 16] do t_s = 21°C i schładzając jeszcze dodatkowo powietrze świeże przed ścianą w punkcie 2 instalując w tym celu 300 kW.



Rys. 3. Rozkład temperatur powietrza w rejonie modelu sieci w zależności od rozmieszczenia i mocy chłodnic powietrza dla przyjętych warunków

a) miąższość pokładu - 2 m, b) temperatura skał - 40°C, c) prędkość powietrza w ścianie - 4 m/s

———— 4 x 100 kW w ścianie, -------- 300 kW w punkcie 2 i 4 x 100 kW w ścianie, -.-.-.-.-. 600 kW w punkcie 2, ... 600 kW w punkcie 2 i 115 kW w punkcie 3, -x-x-x-x-x 600 kW w punkcie 1 i 115 kW w punkcie 3, -..-..-..-..- 830 kW w punkcie 1, -o-o-o-o- prąd grupowy 21°C i 300 kW w punkcie 2

Fig. 3. Distribution of temperatures within the model of the network depending on the collocation and power - rating of the air coolers in the case of assumed conditions

a) seam thickness - 2 m, b) temperature of the rock - mass - 40°C, c) flow rate of the air along the ong - wall - 4 m/sec.

———— 4 x 100 kW along the longwall, -------- 300 kW at point 2 and 4 x 100 kW along the longwall, -.-.-.-. 600 kW at point 2, ... 600 kW at point 2 and 115 kW at point 3, -x-x-x-x- 600 kW at point 1 and 115 kW at point 3, -..-..- ..- 830 kW at point 1, -o-o-o-o- group current 21°C and 300 kW at point 2

W badanych dalszych 4 przypadkach dochodzi jednak do dość znacznych przekroczeń temperatury 28°C mierzonej termometrem suchym w różnych wyrobiskach badanego rejonu (patrz rys. 3):

- instalując w samej ścianie wymienniki ciepła o łącznej mocy 400 kW (przekroczenia temperatury 28°C są we wszystkich wyrobiskach rejonu),
- instalując 300 kW w punkcie 2 oraz schładzając powietrze w ścianie mocą 400 kW (przekroczenie temperatury 28°C nastąpi w części chodnika podścianowego),
- instalując 600 kW w punkcie 2, temperatura 28°C jest przekroczona w obu chodnikach przyścianowych na dość znacznej długości,
- instalując 600 kW w punkcie 2 (przed ścianą) i 115 kW w punkcie 3 (w chodniku nadścianowym), przekroczenie temperatury 28°C nastąpi wtedy w części chodnika podścianowego.

Jak widać z przytoczonych wyników, różnice w zapotrzebowaniu na moc chłodniczą w zależności od miejsca lokalizacji wymienników ciepła są znaczne. Praktycznie jednak trzeba stwierdzić, że jak do tej pory, to realne możliwości rozmieszczenia wymienników ciepła szczególnie u nas w Polsce są następujące:

1) instalowanie wymienników ciepła na początku chodnka podścianowego,

2) instalowanie wymienników ciepła na początku chodnika podścianowego i w chodniku nadścianowym,

3) instalowanie wymienników ciepła na początku chodnika podścianowego, przy ścianie i w chodniku nadścianowym.

Zapotrzebowanie na moc chłodniczą jest w badanych przypadkach stosunkowo mało zróżnicowane, ale zróżnicowanie to pogłębi się znacznie w przypadku zwiększonej temperatury skał oraz zmniejszonej miąższości pokładu [1, 10, 14, 16].

Chłodzenie powietrza w samej ścianie ciągle jest mało skuteczne [1, 3, 11, 12]. Najwięcej doświadczeń w tym względzie mają Niemcy i Belgowie [1, 3, 8, 11, 14, 16]. Praktycznie jednak udało się schłodzić powietrze tylko w ścianach wysokich [6, 8, 11] i nigdy jeszcze nie przekroczono łącznej mocy chłodniczej rzędu 400 KW w ścianie. Zapotrzebowanie natomiast ma moc chłodniczą często jest dziś rzędu 1000 KW i więcej [11, 16].

ZAKOŃCZENIE

Problem rozmieszczenia wymienników ciepła w rejonie, w którym konieczna staje się poprawa warunków klimatycznych, wymaga każdorazowo wstępnych przeliczeń komputerowych opartych na odpowiednich programach, ogólnie dziś dostępnych [2, 7, 9, 16, 17].

Najłatwiej umieszczać i obsługiwać wymienniki ciepła w chodnikach przyścianowych, z tym że im dalej od ściany, tym łatwiej, ale wzrasta wtedy na ogół potrzebna moc chłodnicza. Z analizy za i przeciw wynikać musi decyzja, gdzie instalować wymienniki. Instalowanie dziś wymienników ciepła w rejonach bez poprzedzenia tego posunięcia odpowiednimi przeliczeniami prognostycznymi jest błędem. W badanym modelu celowo wprowadzono dane wejściowe zaczerpnięte z obserwacji w kopalniach, a dotyczące realnych dziś u nas temperatur skał, ilości powietrza i mocy poszczególnych urządzeń elektrycznych pracujących w rejonie [13, 16, 17].

Tablica 2

Rozkład temperatur powietrza w wybranych miejscach modelu (rys. 1) przy maksymalnym i minimalnym wybiegu ściany dla założonych warunków

a) temperatura skał 40°C,

b) miąższość pokładu 1, 1,5, 2,0 m,

c) prędkość powietrza w ścianach stała i wynosi 4 m/s.

ϑ_o	R	$t_{s_{100}}$				$t_{s_{3200}}$			
		p.1	p.2	p.3	p.4	p.1	p.2	p.3	p.4
40	1,0	26,0	27,9	30,9	31,4	26,0	34,0	35,3	36,3
	1,5	26,0	27,3	29,8	30,0	26,0	32,5	33,8	34,9
	2,0	26,0	26,9	28,9	29,1	26,0	31,3	32,4	33,6

Dzięki takiemu podejściu do zagadnienia dane zebrane i przedstawione na rysunkach od 1 do 3 i w tabelach 1 i 2 są bliskie rzeczywistym. W tablicy 2 pokazano, jaki wpływ na warunki pracy w rejonie ma skrócenie wybiegu. Z danych w tablicy 2 wyraźnie widać, że są to różnice istotne, mogące wpływać na znaczne obniżanie zapotrzebowania na moc chłodniczą w trakcie rozwoju wydobycia w rejonie i skracania wybiegu ściany. Ten element powinien być również

ujęty przeliczeniami prognostycznymi, bowiem może on w szczególnych przypadkach decydować o wyborze alternatywy klimatyzacyjnej stosowanej dla danej sytuacji frontowej.

LITERATURA

[1] Materiały z 4 sesji Międzynarodowego Biura Fizyki Cielnej, Wielka Brytania, 1989.

[2] *Voß J.:* Opitumierung von Klimatisierungsverfahren, Glückauf - Forschungshefte, nr 3/1991.

[3] *Kantor J.:* Entwicklung der Grubenklimatisierung im letzten Jahrzehnt, Glückauf, nr 15/16/1990.

[4] *Altena H.:* Kältetransport, Kälteverteilung und Wärmeabfuhr, Glückauf, nr 15/16/1990.

[5] *Mücke G., Uhlig H.:* Kälteübertragung mit Wetterkühlern, Glückauf 15/16/1990.

[6] *Kuschel H.:* Zehn Jahre Grubenklimatisierung auf dem Bergwerk Ibbenburen, Glückauf 15/16/1990.

[7] *Kantor J.:* Zukünftige Aufgaben der Klimatechnik, Glückauf 15/16/1990.

[8] *Haarmann K.:* Betriebserfahrungen beim Abbau des Flöces Mausegatt in großen Teufe, Glückauf, 20/21/1990.

[9] *Voß J.:* Einflus der Gebirgstemperatur auf die Kühtleistung in Abbau, Glückauf, 6/1988.

[10] *Voß J.:* Verbesserung der Wetterkühltechnik im Abbau Glückauf Forschungshefte, 4//1988.

[11] *Reuther:* Möglichkeiten zur Verbesserung maschineller Klimnatisierung in deutschen Steinkohlenbergbau, Glückauf, 1/1987.

[12] *Voß J.:* Die Kosten der Wetterkühlung im deutschen Steinkohlenbergbau, Glückauf, 24/1987.

[13] *Frycz A.:* Analiza warunków przewietrzania ścian w okresie wybierania pola. Zesz. Nauk. Pol. Śl., Górnictwo, 41/1969.

[14] *Frycz A.:* Klimatyzacja kopalń, Śląsk, Katowice 1981.

[15] *Frycz A.:* Zwalczanie zagrożeń temperaturowych w kopalniach, Zesz. Nauk. AGH, 143/1989.

[16] Prace naukowo-badawcze Zakładu Aerologii Górniczej Politechniki Śl. z zakresu klimatyzacji kopalń.

[17] Materiały z pomiarów warunków klimatycznych w kopalniach i temperatur skał przeprowadzonych przez studentów, dyplomantów i pracowników naukowych Zakładu Aerologii Górniczej Politechniki Śl.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. **Józef WACŁAWIK**

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1992 r.