

Marian JAROMIN, Władysław KWIECIŃSKI
Instytut Eksploatacji Złóż Politechniki Śląskiej

PRAKTYCZNE ASPEKTY STOSOWANIA CHŁODZENIA POWIETRZA W ODDZIALE WYDOBYWCZYM W ŚWIETLE BADAŃ EKSPLOATACYJNYCH URZĄDZENIA GUC-250 PZ

Streszczenie. Skuteczność stosowania chłodnic powietrza do poprawy warunków klimatycznych w ścianach, jest ciągle mała w porównaniu z wynikami uzyskiwanymi w wyrobiskach chodnikowych przewietrzanych lutniociągami. W referacie poddano ocenie efektywność schładzania powietrza za pomocą prototypowego urządzenia chłodniczego 3xGUC-250 PZ. Prowadzone przez 7 miesięcy obserwacje instalacji klimatyzacyjnej i pomiary parametrów powietrza w wyrobiskach oddziału wydobywczego pozwoliły wskazać czynniki mające wpływ na wybór lokalizacji chłodnic powietrza oraz przyczyny małej efektywności ich pracy.

**PRACTICAL ASPECTS OF AIR COOLING APPLICATION AT A MINING SECTION,
IN THE LIGHT OF EXPLOITATION TESTING OF AN AIR-CONDITIONING SYSTEM
GUC-250 PZ**

Summary. The effectiveness of the application of air coolers to improve climate conditions in faces is still small in comparison with the results obtained in road workings ventilated by ventilating tubes. In the paper the effectiveness of air cooling by means of a prototype cooling system GUC-250 PZx3 was evaluated. The observations of an air-conditioning installation and the measurements of air parameters in the workings of the mining section carried out for 7 months enabled to point out factors influencing the choice of air coolers location and the reasons for small effectiveness of their performance.

PRAKTISCHE ANWENDUNGSASPEKTE DER LUFTKÜHLUNG IN EINER ABBAUABTEILUNG IM LICHT VON BETRIEBSPROBEN DER KLIMAANLAGE GUC-250 PZ

Zusammenfassung. Die Wirksamkeit der Anwendung von Luftkühlern zur Verbesserung der Klimabedingungen in Streben, im Vergleich mit den Ergebnissen, die in den mit Hilfe von Luttensträngen gelüfteten Abbaustrecken erhalten wurden, ist immer noch zu klein. In diesem Referat wurde die Effektivität der durch die Anwendung des Prototyps der Anlage GUC-250 PZx3 erreichten Luftkühlung beurteilt. Die 7 Monate lang geführten Beobachtungen der Klimaanlage sowie die getätigten Messungen der Luftparameter haben auf Faktoren, die auf die Lokalisierung der Luftkühler und ihre zu kleine Arbeitseffektivität Einfluß haben, hingewiesen.

1. WSTĘP

Wymagana moc chłodnicza w odniesieniu do ilości węgla eksploatowanego w oddziale wydobywczym waha się w dużych granicach [3,4,5,6,7]. Wielkość mocy urządzeń chłodniczych, które instalujemy w rejonie wentylacyjnym, z jednej strony zależy od celu chłodzenia, z drugiej strony ich moc w sposób decydujący określana jest m.in. przez takie czynniki jak: temperatura górotworu, ilości urobku i powietrza wentylacyjnego oraz miejsca ustawienia chłodnic. Optymalizacji środków niezbędnych do zapewnienia oczekiwanych warunków klimatycznych w oddziale wydobywczym dokonujemy zwykle opierając się na programach obliczeniowych wykorzystujących teorie wymiany ciepła i masy w wyrobiskach górniczych [4,6]. Uzyskane z tych obliczeń wyniki dotyczące mocy poszczególnych chłodnic i ich lokalizacji w stosunku do frontu wybierkowego stanowią idealne (modelowe) rozwiązanie, wynikające z ogólnych kryteriów optymalizacji i przyjętych założeń projektowych. W praktycznych rozważaniach dotyczących tego zagadnienia pojawiają się czynniki natury ruchowo-technicznej, które w istotny sposób wpływają na efektywność stosowania urządzeń chłodniczych. Do schładzania powietrza w wyrobiskach eksploatacyjnych, oddziałach i rejonach głębokich kopalń konieczne jest instalowanie urządzeń o większych mocach chłodniczych od dotychczas stosowanych. Modułowe urządzenie GUC-250 PZ umożliwia formowanie dużych lokalnych stacji chłodniczych z wykorzystaniem produkowanych już

seryjnie i stosowanych w kopalniach chodnikowych chłodnic powietrza oraz chłodnic wyparych wody. Rezultaty prób eksploatacyjnych tego urządzenia w oddziale wydobywczym są tematem niniejszego artykułu.

2. INSTALACJA KLIMATYZACYJNA I CHARAKTERYSTYKA REJONU CHŁODZENIA

Urządzenie chłodnicze 3 x GUC-250 PZ - o łącznej mocy 750 kW - zainstalowano w przecznicy D7R na poziomie 750 m w rejonie pola wybierkowego w pokł. 405/1 - rys.1.

Zasadniczymi elementami tej instalacji były:

- 3 agregaty GUC-250 PZ,
- 3 chłodnice wyparne wody typu GCWW-364,
- 2 chłodnice powietrza typu GCCP-230 z wentylatorami WLE-603,
- 3 chłodnice powietrza typu GCCP-115 z wentylatorami WLE 503A/1,
- izolowane rurociągi wody zimnej zasilające chłodnice powietrza,
- nieizolowane rurociągi wody powracającej z chłodnic powietrza do urządzenia chłodniczego.

Izolowane rurociągi w swej części magistralnej miały średnicę 150/250 mm, natomiast do poszczególnych chłodnic powietrza woda doprowadzana była rurami o średnicy 80/150 mm. Średnice rurociągów nieizolowanych miały odpowiednio 150 i 80 mm. Ogólna długość jednej nitki rurociągu nie przekraczała 800 m.

Projekt techniczny pola wybierkowego przedstawionego na rys.1 zakładał uruchomienie w nim równocześnie dwóch ścian, każda o wydobywaniu 1250 t/dobę i długości 170 m. Pokład 405/1 ma w tym rejonie grubość ok. 2,5 m i średnie nachylenie 12°, a temperatura pierwotna skał wynosi od 35 do 39°C.

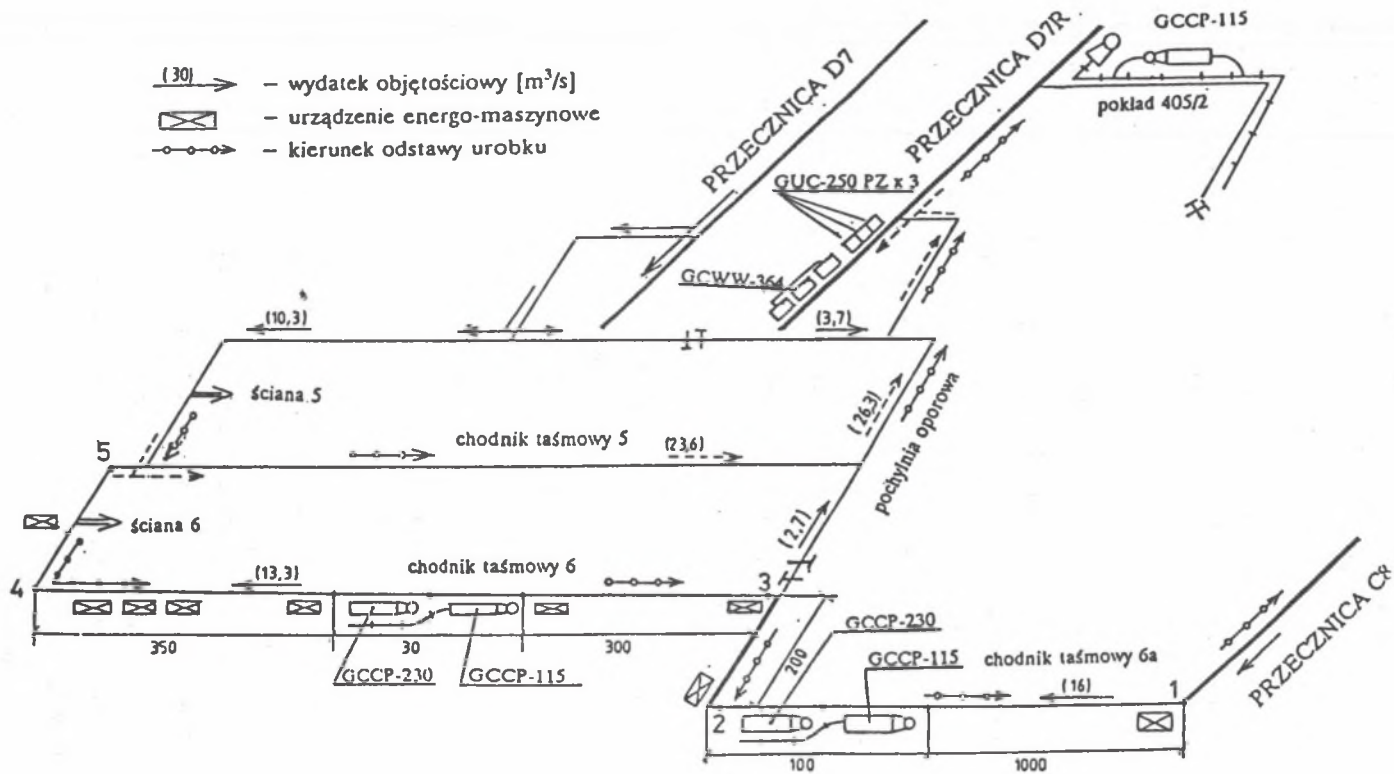
Dla przyjętego jak na rys.1 sposobu przewietrzania pola wybierkowego prognozowane warunki klimatyczne w ścianie nr 5 - potwierdzone później pomiarami - były dobre, temperatura powietrza na całej jej długości nie przekraczała wartości 28°C. Osiągnięcie podobnych wyników w ścianie nr 6, bez chłodzenia powietrza, było niemożliwe. Złożyło się na to szereg przyczyn. Do najważniejszych można zaliczyć:

- długą drogę dopływu świeżego powietrza do ściany z przecznicy C8 na poz. 850 m,
- wyższą o $3 \div 5$ °C temperaturę powietrza w przecznicy C8 w porównaniu z przecznicą D7,
- konieczność kierowania odstawy urobku z tej ściany na poziom 850 m w prądzie świeżego powietrza,
- dużą sumaryczną moc urządzeń energomechanicznych zainstalowanych w prądzie świeżego powietrza i w ścianie - łącznie 1330 kW,
- małą dyspozycyjną ilość powietrza, zmieniającą się w okresie prowadzenia obserwacji od 16,0 do 13,2 m³/s w chodniku taśmowym 6a i pochylni kamiennej i od 13,3 do 9,8 m³/s w chodniku taśmowym 6 i ścianie nr 6,
- nieco wyższą, przeciętnie o $1 \div 2$ °C temperaturę skał otaczających wyrobiska doprowadzające świeże powietrze do ściany nr 6.

Prognoza temperatur powietrza dopływającego do ściany nr 6 wskazywała, że osiągnięto ono wartość 28°C już w chodniku taśmowym 6a, natomiast na wlocie do ściany może mieć wartość 30, a nawet 31°C.

3. LOKALIZACJA CHŁODNIC POWIETRZA

Dla zdeterminowanych projektem technicznym czynników, takich jak: ilość powietrza, ilość urobku, moc urządzeń energomechanicznych, natężenie procesu produkcyjnego, temperatura otaczających skał, nominalna wydajność urządzenia chłodniczego - osiągnięcie celu chłodzenia zależy od efektywności wykorzystania instalacji chłodniczej i lokalizacji chłodnic powietrza. Jeżeli przyjmiemy, że celem chłodzenia jest obniżenie temperatury powietrza w ścianie nr 6 poniżej 28°C i jednocześnie możemy tolerować wyższe jego temperatury w chodniku podścianowym i nadścianowym, to nominalna moc chłodnicza 3 x GUC-250 PZ była wystarczająca do jego realizacji [4,6,7]. Tak postawiony cel możemy osiągnąć koncentrując chłodzenie powietrza w pobliżu wlotu do ściany i obniżając jego temperaturę do 19°C przy wydatku jak na rys.1. Realizacja tego wariantu chłodzenia powietrza natrafia zwykle na trudności natury ruchowo-technicznej. Zasadniczą przeszkodą dla praktycznej realizacji tego rozwiązania był mały przekrój poprzeczny chodnika taśmowego



Rys.1. Szkic sytuacyjny pola wybierkowego w pokł. 405/1

Fig.1. Location diagram of a working field in the bed 405/1

6, wynoszący 9 m^2 . Jeśli uwzględnimy szybkie zaciskanie jego strefy przyścianowej na odcinku 150 do 200 m oraz duży stopień wypełnienia przekroju poprzecznego urządzeniami i sprzętem, związanymi z ruchem ściany i odstawą urobku, to lokalizacja chłodnic powietrza w pobliżu ściany nr 6 była wykluczona. Z wyżej wymienionych powodów problematyczny był również transport ochłodzonego powietrza do ściany lutniociągami w przypadku przesunięcia chłodnic poza strefę zaciskania.

Innym negatywnym skutkiem zastąpienia dużej jednostki chłodniczej kilkoma mniejszymi, ustawionymi w szeregu jedna za drugą, a pracującymi równolegle, jest zwykle spadek efektywności ich pracy. Wynika to po części z dość znacznej nieuszczelności lutniociągów, samych chłodnic oraz braku w instalacji osprzętu kontrolującego i regulującego rozptyw wody zimnej do poszczególnych jednostek. Stwierdzone pomiarami nieuszczelności chłodnic GCCP-115 sięgały 30% wydatku objętościowego powietrza mierzono na wlocie do chłodnicy, natomiast w chłodnicach GCCP-230 dochodziły one do 20%. Przemieszczanie chłodnic wraz z postępem przodka ścianowego zwykle pogarsza stan techniczny chłodnic, a więc i ich ogólną sprawność. Z powyższych przyczyn alternatywne dla wyżej omówionej lokalizacji chłodnic powietrza jest skoncentrowanie chłodzenia z dala od ściany, zwykle na początku chodnika podścianowego. Wiąże się to jednak z koniecznością zainstalowania urządzenia o większej mocy potrzebnej do osiągnięcia tej samej, jak w poprzednim przypadku, temperatury powietrza w ścianie. Zapotrzebowanie mocy jest tym większe, im mniejsza jest ilość powietrza płynącego chodnikiem i większa jego długość.

4. ANALIZA WYNIKÓW OBSERWACJI

Zaprezentowany na rys.1 sposób rozmieszczenia chłodnic powietrza stanowi próbę dwustopniowego chłodzenia powietrza dopływającego do ściany nr 6. Punkty chłodzenia powietrza wyznaczono w takich odległościach od wlotu do rejonu (i pomiędzy chłodnicami), aby parametry powietrza dopływającego do chłodnic były zbliżone do tych, przy których osiągają one moc nominalną [2,8]. Obserwacje i pomiary parametrów powietrza w chodnikach taśmowym 6a, taśmowym 6 i w ścianie nr 6 prowadzono w okresie od 06.11.92 do 02.06.93.

Zmiany parametrów stanu powietrza przy maksymalnym wybiegu ściany nr 6 przedstawiono na rys.2 - linia ciągła.

Celem zobrazowania rezultatów chłodzenia powietrza na tym samym rysunku zamieszczono parametry powietrza prognozowane dla sytuacji po wyłączeniu urządzeń chłodniczych. Charakter zmian parametrów stanu powietrza przepływającego przez chłodnice, przedstawiony na rys.2, jest typowy dla wszystkich pomiarów, wykonanych w okresie prowadzenia obserwacji. Ochłodzenie powietrza łączyło się zawsze z bardziej lub mniej głębokim jego "osuszeniem". Chłodzona była tylko część powietrza płynącego wyrobiskiem. W przypadku chodnika taśmowego 6a dotyczyło to od 40 do 60% ilości powietrza, natomiast w chodniku taśmowym nr 6 udział powietrza przepływającego przez chłodnicę był większy i wynosił od 60 do 80%. Mała ogólna ilość powietrza płynącego wyrobiskiem była główną przyczyną znacznego wzrostu jego temperatury na stosunkowo krótkich odcinkach wyrobisk i większego, im "głębiej" było schłodzone. Największe przyrosty temperatury powietrza miały miejsce w chodniku taśmowym nr 6 na jego odcinku od stanowiska chłodnic do czoła ściany i w samej ścianie. Było to zgodne z obliczeniami.

Duża liczba lokalnych źródeł ciepła zgrupowanych przy ścianie oraz niewychłodzony urobek powodowały w tej strefie (długości 150 - 250 m) przyrosty temperatury powietrza w granicach od 2,4°C do 4,4°C. W ścianie przyrosty te wynosiły odpowiednio od 1,2°C do 4,0°C, przy czym niższym temperaturom powietrza na wlocie do ściany odpowiadały większe jej przyrosty w ścianie.

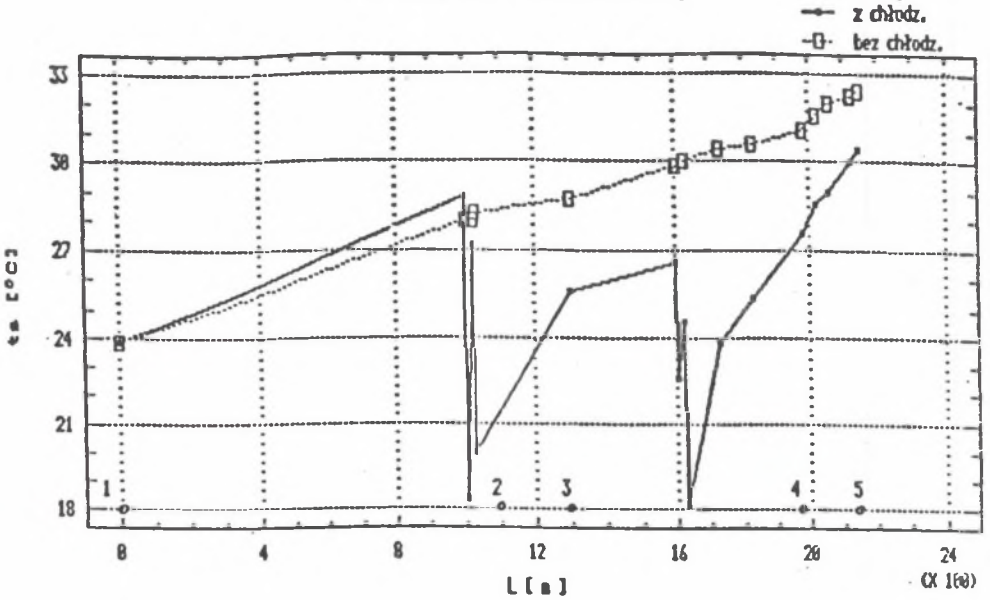
Wyniki pomiarów temperatur powietrza w charakterystycznych punktach drogi wentylacyjnej do ściany nr 6 i w ścianie zamieszczono w tablicy nr 1, w której przyjęto następujące oznaczenia:

- QH - wydajność chłodzenia obydwu chłodnic wyznaczona na podstawie pomiaru parametrów przepływającego przez nie powietrza,
- V - wydatek objętościowy powietrza płynącego w wyrobisku,
- L - długość chodnika taśmowego 6 w dniu pomiaru,
- t - temperatura powietrza mierzona termometrem suchym,
- x - wilgotność właściwa powietrza.

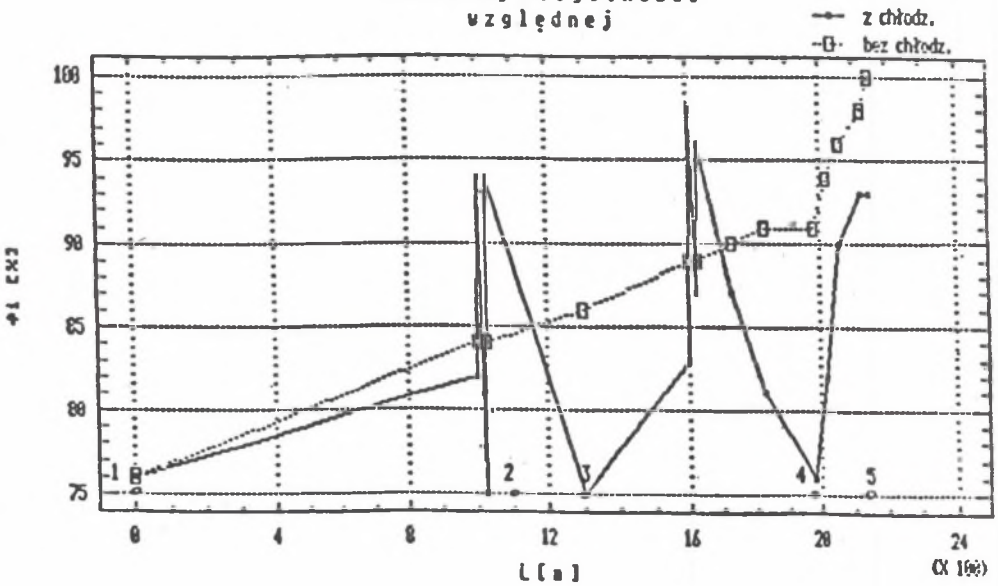
Indeksy przy nazwach wielkości wskazują, którego punktu czy też odcinka wyrobiska one dotyczą, zgodnie z oznaczeniami przyjętymi na rys.1 i 2.

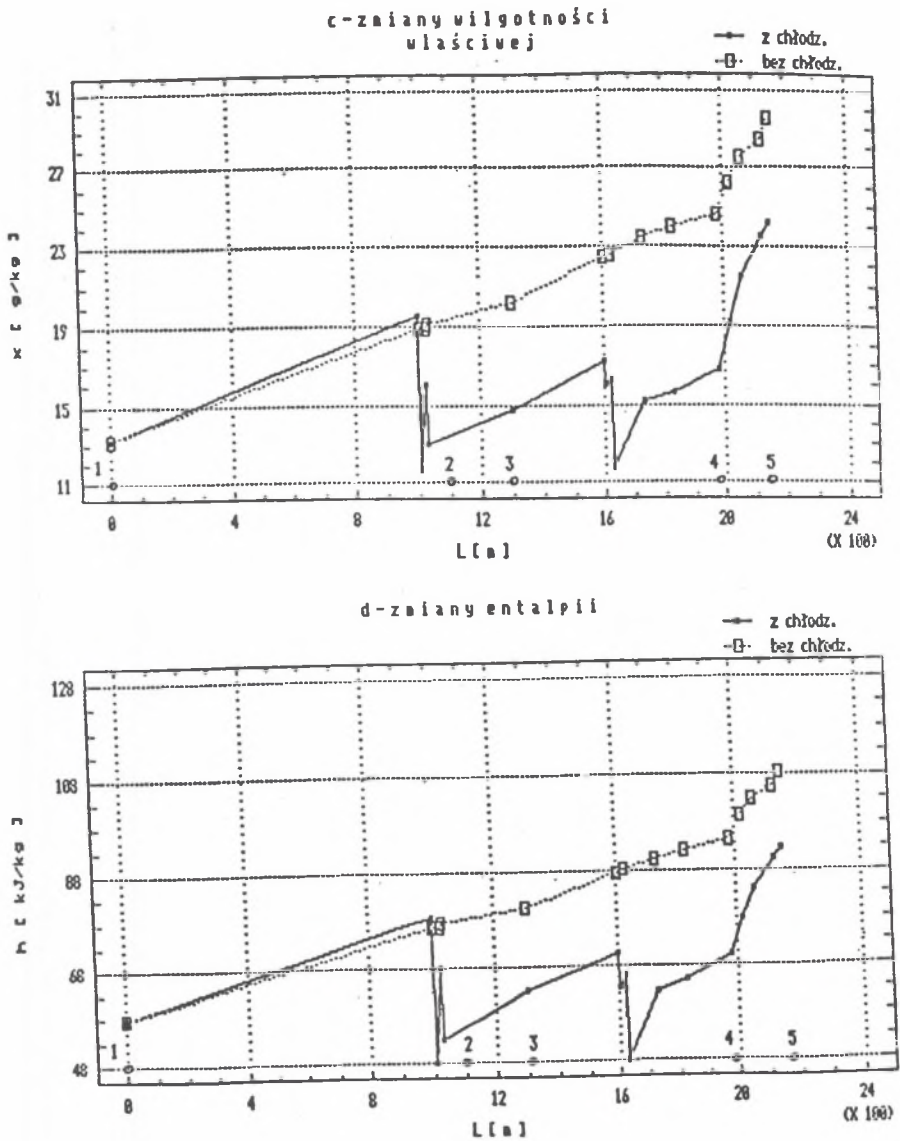
Trzy ostatnie wiersze tej tablicy dotyczą sytuacji, kiedy zaniechano chłodzenia powietrza w chodniku taśmowym 6a, pozostawiając natomiast tylko jedną chłodnicę GCCP-115 na początku chodnika taśmowego 6.

a-zmiany temperatury



b-zmiany wilgotności względnej





Rys.2.Zmiany parametrów stanu powietrza na drodze jego przepływu: 1-2 chodnik taśmowy 6a, 2-3 pochylnia kamienna, 3-4 chodnik taśmowy 6, 4-5 ściana n

Fig.2.Changes of air condition parameters on the way of its spreading: 1-2 Belt road 6a, 2-3 stone inclined drift, 3-4 belt road, 4-5 face No 6, a- temperature changes taken by a dry-bulb thermometer

Tablica 1. Wyniki pomiarów temperatur powietrza w charakterystycznych punktach drogi wentylacyjnej

Data pomiaru	$Q_{H_{1-2}}$ [kW]	V_{1-2} [m ³ /s]	$Q_{H_{3-4}}$ [kW]	V_{3-4} [m ³ /s]	t_{a1} [°C]	x_1 [g/kg]	t_{a2} [°C]	x_2 [g/kg]	t_{a3} [°C]	x_3 [g/kg]	t_{a4} [°C]	x_4 [g/kg]	t_{a5} [°C]	x_5 [g/kg]	l_{a3-4} [m]
06.11.92	241	16	147	13.3	23.8	13.2	23.9	13.4	25.6	14.7	27.6	16.8	30.4	24.2	680
27.11.92	208	15.7	256	12	24.2	13.7	22.8	13.5	26.6	14.5	26.6	12.3	30	21.4	630
14.01.93	221	15.8	283	12.2	22.2	10.3	22.9	12.6	26	14.2	26.4	16.1	30.4	23	480
18.02.93	196	14.8	280	12	22.6	11.4	22.8	12.8	26	14.7	25.8	16.3	29.2	21	400
14.04.93	151	14.7	168	11.5	23	12	25	12.9	28	19.8	27.6	18.4	30.2	24.3	300
07.05.93	0	13.2	78	10.8	-	-	-	-	30	22.5	30.2	22.8	32	27.9	270
6.05.93	0	14.8	92	11.5	-	-	-	-	30.6	19.7	30.8	20	32.6	26	230
02.06.93	0	14.8	90	10.8	-	-	-	-	30.2	19.9	30	20	31.2	23.8	210

Stopień wykorzystania nominalnej wydajności chłodniczej poszczególnych jednostek był zróżnicowany i związany zarazem z lokalizacją, jak również typem chłodnicy.

W chodniku taśmowym 6a zdecydowanie lepsze wyniki uzyskano w chłodnicy GCCP-115, wykorzystując średnio 78% jej mocy znamionowej, natomiast dla chłodnicy GCCP-230 wartość ta wynosiła tylko 57%. W chodniku taśmowym 6 wartości te były bardziej wyrównane, przy czym nieco lepsze wyniki uzyskano dla chłodnicy GCCP-230 osiągającej 67% mocy znamionowej.

Należy jednak zauważyć, że skrajne wartości stopnia wykorzystania mocy znamionowej wszystkich czterech chłodnic wahały się od 35 do 95%. Mała wydajność chłodnic powietrza, jak również znaczne wahania się jej w czasie były wynikiem niekorzystnej (ale jedynie możliwej) lokalizacji urządzenia chłodniczego, a w szczególności chłodnic wyparnych wody. Ilość ciepła dopływającego do urządzenia chłodniczego często przekraczała możliwości jego odprowadzenia do zużytego prądu powietrza, co powodowało w skrajnych przypadkach przerwy w jego pracy. Nadmierna ilość ciepła po części była wynikiem jego wymiany pomiędzy rurociągami doprowadzającymi i odprowadzającymi wodę chłodniczą z chłodnic powietrza a powietrzem w wyrobiskach oddziałowych. Sumaryczna wymiana ciepła na obydwu rurociągach wynosi bowiem najczęściej kilkadziesiąt kilowatów [1].

Dwustopniowe chłodzenie powietrza dopływającego do ściany nr 6 z przecznicy C8 zapewniło utrzymanie jego temperatury poniżej 28 °C na całej długości drogi wentylacyjnej (rys. 2 i tablica 1). Nie osiągnięto jednak zamierzonego celu chłodzenia powietrza. Jego temperatura w ścianie szybko rosła, osiągając wartość 28°C najczęściej już w połowie długości ściany, pomimo dużego udziału w wymianie ciepła parowania wilgoci (rys. 2). Dla

przeciętnego przyrostu temperatury powietrza w ścianie wynoszącego $3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ jej wartość na wylocie ze ściany była bliska $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tablica 1).

Średni przyrost wilgotności właściwej powietrza w ścianie wynosił $3,6\text{ g/kg/100m}$ wyrobiska i był czterokrotnie wyższy od jej przyrostu w chodniku taśmowym 6 - na odcinku pomiędzy ostatnią chłodnicą i wlotem do ściany - oraz przeszło dziesięciokrotnie większy niż w chodniku taśmowym 6a, gdzie wynosił $0,32\text{ g/kg/100m}$.

Wilgotność względna powietrza, po wymieszaniu się strumienia chłodzonego i przepływającego obok chłodnicy, zwykle obniżała się o około 10% na odcinku 150 m przed ścianą, by w ścianie szybko zwiększyć się nawet o 20% (rys. 2). Analiza pozostałych wyników zamieszczonych w tablicy 1 wskazuje, że może istnieć zależność pomiędzy wydajnością chłodnic powietrza, długością chodnika podścianowego a temperaturą powietrza na wlocie do ściany. Mała liczba pomiarów uniemożliwia jednak wyznaczenie takiej zależności.

5. PODSUMOWANIE

Skuteczność stosowania chłodnic powietrza do poprawy warunków klimatycznych w rejonach wydobywczych, a w szczególności wyrobiskach ścianowych, jest ciągle mała w porównaniu z wynikami uzyskiwanymi w ślepych wyrobiskach chodnikowych przewietrzanych lutniociągami.

Zmiana tego stanu nie może odbywać się przez zwiększenie mocy zainstalowanych w oddziale urządzeń chłodniczych. Równie istotnym kierunkiem działania powinna być poprawa efektywności ich pracy poprzez odpowiedni dobór i lokalizację chłodnic powietrza uwzględniających:

- ilość powietrza i jego konieczny rozptył w wyrobiskach oddziału wydobywczego,
- przekroje poprzeczne wyrobisk i możliwość ich zaciskania w trakcie przemieszczania się frontu wybierkowego,
- różny stopień wypełnienia wyrobisk sprzętem i urządzeniami związanymi zwykle z przyjętą technologią i organizacją procesu produkcyjnego,
- nakłady finansowe niezbędne do realizacji każdego z możliwych do przyjęcia rozwiązań.

Odpowiednia lokalizacja chłodnic wyparnych wody oraz racjonalne stosowanie izolowanych rurociągów wody chłodniczej jest kolejnym kierunkiem poprawy efektywności

pracy instalacji chłodniczej. Brak w instalacji osprzętu pozwalającego kontrolować i regulować rozpyły wody chłodniczej do poszczególnych chłodnic powietrza, w znacznej mierze ogranicza optymalne wykorzystanie ich znamionowej mocy chłodniczej.

LITERATURA

- [1] Biernacki K., Sułkowski J.: Wpływ wymiany ciepła między rurociągami zimnej wody a powietrzem na efektywność stosowania chłodnic powietrza. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo, Zeszyt nr 205, Gliwice 1992.
- [2] Czejtlin J.: Wlijanije nieopriedelennosti ischodnych danych tiepłowego rascz ota wentilacji na wybor projektnych paramietrow ustanowok kondicinirowanija wozducha szacht. Fiziko-Techniczeskije Problemy Razrabotki Poleznych Iskopajemych, nr1/1990.
- [3] Frycz A.: Klimatyzacja kopalń. Śląsk, Katowice 1981.
- [4] Frycz A., Jaromin M., Kolarczyk M.: Optymalne rozmieszczenie wymienników ciepła w rejonie wydobywczym głębokiej kopalni węgla. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo, Zeszyt nr 205, Gliwice 1992.
- [5] Mücke G., Uhlig H.: Kälteübertragung mit Wetterkühlern. Glückauf nr 15-16/1990.
- [6] Voss J.: Optimierung von Klimatisierungsverfahren. Glückauf - Forschungshefte, nr 3/1991.
- [7] Voss J.: Klimaverbesserung im Abbau durch Wetterkühlleinrichtungen an verschiedenen Standorten. Glückauf, nr 18/1986.
- [8] Waclawik J.: O mocy cieplej przepływowych górniczych chłodnic powietrza. Archiwum Górnictwa t.38, 4/1993.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Józef WACLAWIK

Wpłynęło do redakcji w maju 1994 r.

Abstract

The effectiveness of air coolers application to improve climate conditions in mining areas, particularly in face workings, is still small in comparison with the results obtained in blind drifts ventilated by means of ventilating tubes.

This situation cannot be changed just by increasing the power of the cooling systems installed in a section. Equally important activity should be the improvement of their performance effectiveness by a proper choice and location of the coolers including:

- the amount of air and its necessary spreading in the mining section workings,
- cross-sections of the workings and the possibility of their tightening the movement of a working front,
- various degree of refilling by means of systems and equipment usually connected with an accepted technology and organization of the manufacturing process,
- costs indispensable to apply every acceptable solution.

To improve the effectiveness of cooling installation performance a proper location of water coolers and insulated cooling water pipelines are also important. Proper installation fittings allowing to control and regulate the cooling water flow to particular air coolers are equally essential.