

dr inż. JACEK DOMAŃSKI
dr inż. GRZEGORZ PLONKA
mgr inż. MARIUSZ WILKOSZ
Katowicki Holding Węglowy S.A.
mgr inż. ZBIGNIEW LASKOWSKI
Katowicki Holding Węglowy S.A.
KWK „Murcki-Staszic”

Zwalczanie zagrożenia klimatycznego na przykładzie doświadczeń KHW S.A. KWK „Murcki-Staszic”

W artykule przedstawiono kształtowanie się zagrożenia klimatycznego w KHW S.A. KWK „Murcki-Staszic” oraz sposoby jego zwalczania przy wykorzystaniu zabudowanej instalacji klimatyzacji grupowej. Podano jej krótką charakterystykę oraz omówiono przykłady zastosowania wraz z osiągniętymi efektami, związanymi z obniżeniem temperatury powietrza w wyrobiskach eksploatacyjnych. Przytoczono także przykład wykorzystania instalacji klimatyzacji grupowej w sytuacjach awaryjnych związanych z prowadzeniem akcji ratowniczej w trudnych warunkach mikroklimatu.

1. WSTĘP

Wśród wielu zagrożeń mających wpływ na bezpieczeństwo i wydajność pracy w kopalniach węgla kamiennego w ostatnich latach dominującą pozycję, obok zagrożenia metanowego, osiąga także zagrożenie klimatyczne. Objawia się ono występowaniem niekorzystnych cieplnych warunków pracy, wynikających z wpływu temperatury i wilgotności powietrza na organizm ludzki. Oddziaływanie wysokich temperatur i dużych wilgotności na pracowników zatrudnionych w wyrobiskach podziemnych jest szkodliwe dla ich zdrowia i powoduje zmniejszenie wydajności pracy [5, 6]. Przeciążenie organizmu ludzkiego wywołane ciepłem ujemnie wpływa na sprawność fizyczną i koordynację ruchową oraz zdolność do podejmowania szybkich decyzji, zwiększając tym samym ryzyko powstania zagrożenia dla zdrowia lub życia pracownika. W warunkach wyrobisk górniczych na kształtowanie się mikroklimatu wpływa wiele czynników zarówno naturalnych, jak i techno-

logicznych. Są to między innymi: głębokość prowadzonej eksploatacji i związana z nią temperatura pierwotna skał, prędkość powietrza przepływającego przez wyrobiska, czas przewietrzania wyrobisk, zawilgocenie wyrobisk, rodzaj wentylacji wyrobisk (wentylacja opływowa, odrębna: ssąca, tłocząca), moc maszyn i urządzeń w ciągu technologicznym oraz sposób odprowadzania ciepła z silników maszyn i urządzeń. Wpływ tych czynników na kształtowanie się warunków klimatycznych, w szczególności na temperaturę i wilgotność powietrza, oraz jego ocena szeroko opisane są w literaturze [3, 6]. Zwiększająca się wraz ze wzrostem głębokości eksploatacji temperatura pierwotna skał powoduje, że zagrożenie klimatyczne staje się jednym z podstawowych zagrożeń decydujących o bezpieczeństwie górników i możliwości prowadzenia robot. W roku 2011 w kopalniach KHW S.A. prowadzonych było 17 wyrobisk korytarzowych i 6 ścian, w których, zwłaszcza w okresie letnim, dochodziło do przekroczeń dopuszczalnych temperatur na stanowiskach pracy, zaś w całym górnictwie węglowym – odpowiednio 122 wyrobiska korytarzowe i 38 ścian [2].

Rozpoznawanie oraz zwalczanie zagrożenia klimatycznego w aspekcie jego natężenia staje się zagadnieniem niezwykle istotnym przy projektowaniu procesów technologicznych i ustalaniu bezpiecznych warunków pracy. Do oceny zagrożenia klimatycznego w kopalniach wykorzystuje się parametry powietrza kopalnianego wpływające na mikroklimat, tj. temperaturę i wilgotność powietrza oraz prędkość jego przepływu. W warunkach polskich parametry mikroklimatu decydujące przede wszystkim o długości czasu pracy określa się na podstawie pomiarów temperatury tzw. termometrem „suchym” i intensywności chłodzenia mierzonej katatermometrem wilgotnym. Aktualne przepisy w tym zakresie [4] określają, że prawidłowe ciepłe warunki pracy w miejscu jej wykonywania występują w przypadku, gdy temperatura mierzona termometrem suchym nie przekracza 28°C, a intensywność chłodzenia jest nie mniejsza niż 11 katastopni wilgotnych. W przypadku, gdy temperatura powietrza mierzona termometrem suchym jest większa od 28°C, a nie przekracza 33°C, lub/i intensywność chłodzenia jest mniejsza od 11 katastopni wilgotnych, należy stosować rozwiązania techniczne dla obniżenia temperatury powietrza lub ograniczać czas wykonywanej pracy. Powyżej wartości temperatury powietrza wynoszącej 33°C przepisy górnicze zabraniają zatrudniania pracowników, poza pracami związanymi z prowadzeniem akcji ratowniczych. W związku ze wzrastającym natężeniem zagrożenia klimatycznego prowadzone są również prace badawcze mające na celu opracowanie nowych zasad zatrudniania pracowników w warunkach tego zagrożenia oraz metod określania jego poziomu.

Zwalczanie zagrożenia klimatycznego w kopalniach, w przeważającej liczbie przypadków, nie jest obecnie możliwe jedynie metodami wentylacyjnymi. Powszechnie, dla zapewnienia właściwych ciepłych warunków pracy, w wyrobiskach górniczych stosowane są lokalne urządzenia chłodnicze o mocy do 350 kW (chłodnice bezpośredniego działania) oraz układy klimatyzacji grupowej lub centralnej o mocy chłodniczej dochodzącej do 10 MW, oparte na układach pośrednich [5, 6].

2. WARUNKI KLIMATYCZNE KWK „MURCKI-STASZIC”

Kopalnia „Murcki-Staszic” powstała z połączenia w 2010 roku dwóch samodzielnych kopalń, tj. KWK „Murcki” i KWK „Staszic”. Całkowita powierzchnia obszaru górniczego kopalni wynosi około 67,2 km², z czego około 16,6 km² obejmuje ruch „Staszic”.

Z uwagi na głębokość prowadzonej eksploatacji zagrożenie klimatyczne występuje obecnie jedynie w tym ruchu. Pokłady węgla w obszarze górniczym KWK „Murcki-Staszic” w ruchu „Staszic” udostępnione są trzema szybami wdechowymi umieszczonymi w centralnej części obszaru górniczego, a rejon robót górniczych przewietrzane są dwoma szybami wentylacyjnymi, co stwarza możliwości regulacji parametrów przewietrzania i utrzymania właściwego rozdziału powietrza w najbardziej zagrożonych nie tylko klimatycznie, ale też metanowo rejonach prowadzenia eksploatacji górniczej. W chwili obecnej szybami sprowadzane jest ok. 30 tys. m³/min powietrza, a rozdział ilościowy powietrza na poszczególne ściany czy przodki podyktowany jest przede wszystkim kwestiami związanymi ze zwalczaniem zagrożenia metanowego i pożarowego. Aktualnie kopalnia prowadzi eksploatację pokładów grupy 400 i 500 na poziomach 500 m, 720 m, 830 m i poniżej 900 m. Średnie pierwotne temperatury górotworu w obrębie ruchu „Staszic” wynoszą odpowiednio: dla poziomu 500 m około 24,5°C, dla poziomu 720 m około 32,2°C, dla poziomu 830 m około 36,1°C i średnio około 39,3°C dla poziomu 900 m, gdzie maksymalna temperatura pierwotna skał dochodzić może do 45°C.

Aktualna struktura wentylacyjna oraz występujące zagrożenia naturalne, zwłaszcza zagrożenie pożarami endogenicznymi, ograniczają w niektórych przypadkach możliwość poprawy ciepłych warunków pracy poprzez zwiększenie intensywności przewietrzania wyrobisk. Znaczący wpływ na kształtowanie się temperatury powietrza w wyrobiskach dołowych ruchu „Staszic” KWK „Murcki-Staszic” ma – oprócz głębokości prowadzonej eksploatacji – również długość dróg doprowadzenia powietrza oraz duża moc maszyn i urządzeń związana z koncentracją wydobywania.

3. ZWALCZANIE ZAGROŻENIA KLIMATYCZNEGO W KWK „MURCKI-STASZIC”

Z uwagi na trudne i coraz bardziej pogarszające się warunki klimatyczne, głównie w rejonie eksploатовanego pokładu 510 na poziomie 830 m i 900 m, oraz niewystarczające i kłopotliwe w zastosowaniu i przebudowie chłodziarki lokalne bezpośredniego działania na przełomie lat 2009/2010 uruchomiono w KWK „Murcki-Staszic” w ruchu „Staszic” układ klimatyzacji grupowej o mocy chłodniczej 3,0 MW. Jest to układ o działaniu pośrednim, w którym czynnikiem chłodzącym powietrze jest cyrkulująca w rurach zimna woda o temperaturze +2 do +5°C. Do wytwarzania wody chłodzącej zastosowano dwa

urządzenia chłodnicze produkcji firmy Eurotech Sp. z o.o. typu GMC o mocy 1,0 MW i 2,0 MW. Urządzenia te zabudowane są w komorze agregatów na poziomie 900 m (rys. 1). Są to ziębiarki zbudowane

w oparciu o sprężarki śrubowe i płaszczowo-rurowe wymienniki ciepła (skraplacz i parownik). Środkiem chłodniczym jest freon R134a. Podstawowe dane techniczne agregatów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1.

Dane techniczne urządzeń chłodniczych GMC [1]

Dane techniczne	GMC 1000	GMC 2000
Typ działania	pośredni	pośredni
Wydajność chłodnicza, kW	1 108	1 993
Warunki pracy w otoczeniu, °C	+5 do +40	+5 do +40
Wymiary gabarytowe, mm	15 403/1 390/2 960	17 490/1 765/2 810
Moc silnika napędowego, kW	355	630
Wydajność chłodnicza skraplacza, kW	1 450	2 900
Przepływ wody chłodzącej skraplacz, m ³ /h	125	250
Temp. wody wlot/wylot, °C	+28/+38	+28/+38
Wydajność chłodnicza parownika, kW	1 110	2 000
Przepływ wody przez parownik, m ³ /h	69	127
Temp. wody chłodzącej wlot/wylot, °C	+16/+3	+16/+3

Odbiór ciepła pochodzącego z obiegu skraplaczy ziębiarek układu klimatyzacji grupowej następuje w zespole 8 chłodziw wyparnych o mocy 460 kW zabudo-

wanych na poziomie 720 m, w wyrobisku prowadzącym bezpośrednio do szybu wentylacyjnego V z pominięciem wyrobisk stanowiących drogi transportowe.



Rys. 1. Urządzenie GMC 1000 w komorze urządzeń chłodniczych na poziomie 900 m w KWK „Murcki-Staszic” [1]

Do chłodzenia powietrza w rejonach wentylacyjnych (ściany, przodki) KWK „Murcki-Staszic” stosuje się chłodziw powietrza typu GCP 350, zasilane wytwarzaną przez układ klimatyzacji grupowej zimną wodą

chłodzącą o temperaturze +3 do +5°C transportowaną siecią rurociągów preizolowanych do miejsc zabudowy chłodziw. Podstawowe dane techniczne stosowanych chłodziw powietrza zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2.
Dane techniczne chłodnicy powietrza
typu GCP 35 [1]

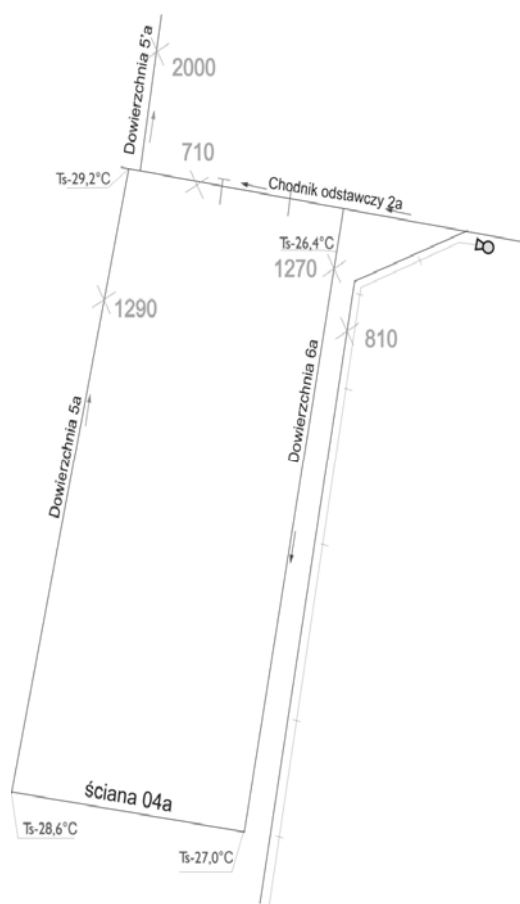
Dane techniczne	GCP 350
Moc chłodnicza, kW	361
Temp. wody na wlocie, °C	+4
Strumień objętościowy wody chłodzącej, m ³ /h	13,0
Przepływ powietrza, m ³ /s	10,8
Temperatura powietrza na wlocie chłodnicy, °C	+34
Temperatura powietrza na wylocie z chłodnicy, °C	+13
Wymiary gabarytowe, mm	4 200/900/1 050

Aktualnie (styczeń 2013) kopalnia wykorzystuje ok. 50% zainstalowanej mocy chłodniczej, utrzymując w ruchu 4 chłodnice powietrza zabudowane w rejonie eksploatowanej ściany 2b-S w pokładzie 510 oraz w dwóch drążonych aktualnie przodkach chodnikowych na poziomie 830 i 900 m. Dodatkowo kopalnia stosuje także dwa urządzenia bezpośrednio

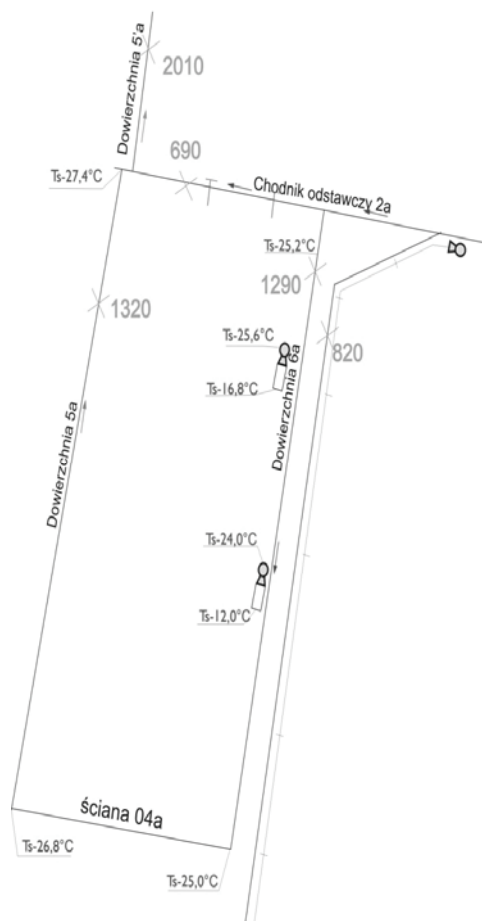
go działania o mocy 300 kW dla schładzania powietrza w rejonach robót przygotowawczych, gdzie nie jest możliwa zabudowa magistrali wody chłodzącej.

Na rysunkach 2. i 3. przedstawiono schematycznie rozmieszczenie oraz rozkład temperatur powietrza dla dwóch przykładowych rejonów wentylacyjnych ścian, w których wykorzystano układ klimatyzacji grupowej. Są to: ściana 04a, prowadzona na poziomie 830 m (rys. 2), i ściana 2b-S na poziomie 900 m (rys. 3). W ścianie 04a do schładzania powietrza zastosowano dwie chłodnice wodne zabudowane w dowerzchni 6a. Wyrobiskiem tym odbywał się również transport urobku ze ściany, która przewietrzana była powietrzem w ilości ok. 1 270 m³/min sposobem na „U”. Zabudowa i uruchomienie układu schładzania powietrza pozwoliły obniżyć w całym rejonie wentylacyjnym ściany 04a temperaturę powietrza poniżej 28°C. Po uruchomieniu chłodnic powietrza średnia temperatura na wylocie ze ściany ustabilizowała się około wartości 26,8°C, nie przekraczając dopuszczalnej wartości 28,0°C w dalszym okresie ruchu ściany.

(a)



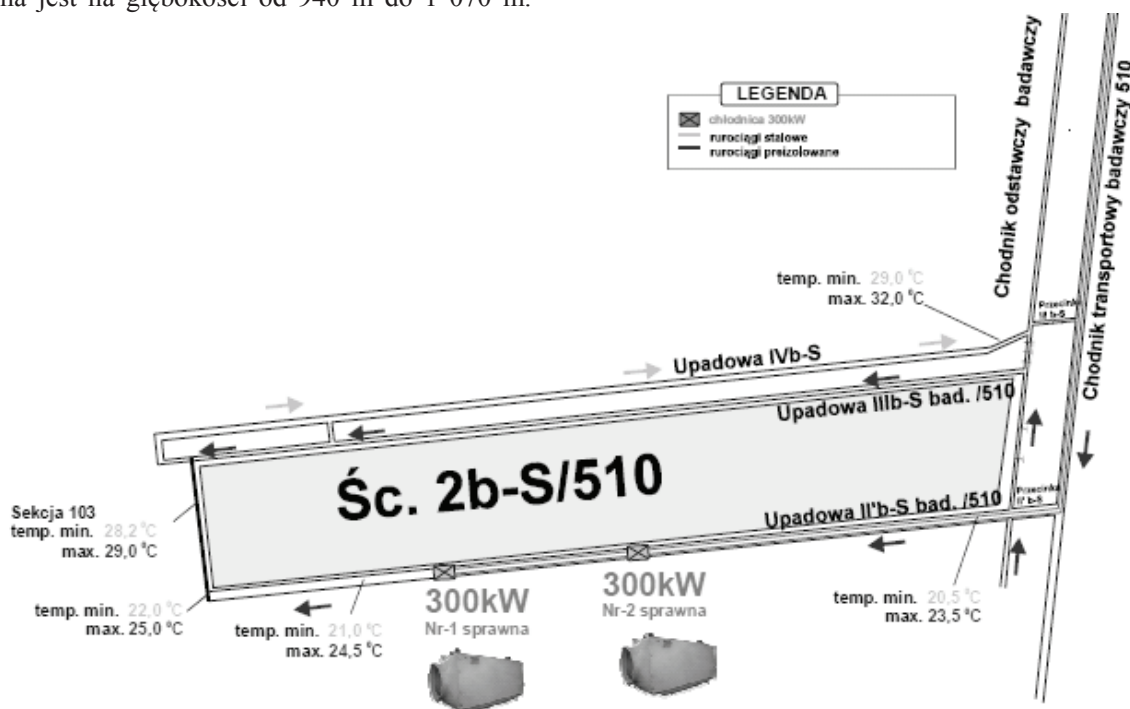
(b)



Rys. 2. Rozkład temperatur w rejonie ściany 04 w pokładzie 510 na poziomie 830 m przed (a) i po (b) zabudowie urządzeń chłodniczych [1]

Podobny układ zastosowano także dla ściany 2b-S w pokładzie 510 na poziomie 900 m. Ściana ta prowadzona jest na głębokości od 940 m do 1 070 m.

Temperatura pierwotna górotworu wynosi w tej części pokładu 510 ok. 39,5°C.

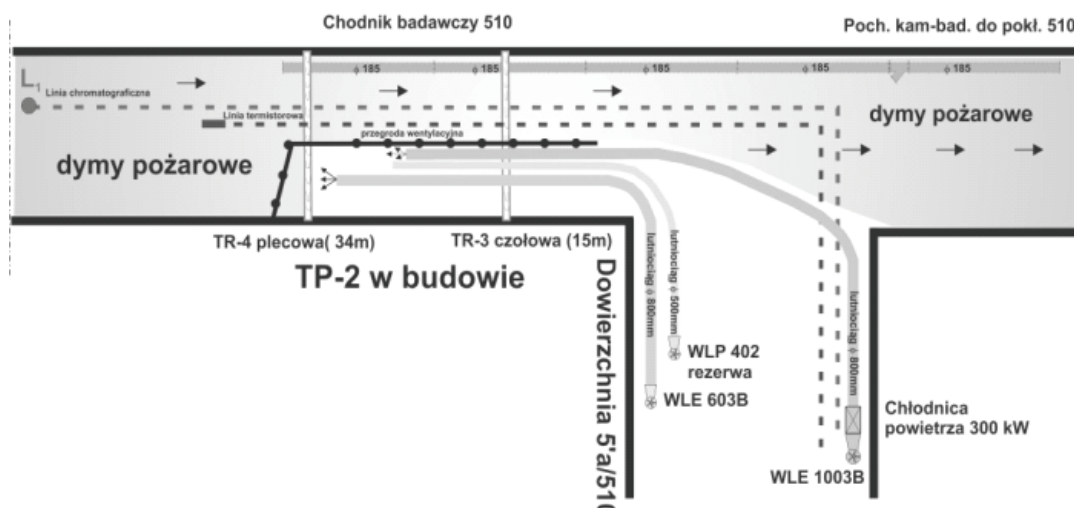


Rys. 3. Rozkład temperatur w rejonie ściany 2b-S w pokładzie 510 na poziomie 900 m [1]

Ściana 2b-S w początkowym etapie przewietrzana była sposobem na „U”, a obecnie po wykonaniu dodatkowych wyrobisk przewietrzana jest sposobem na „Y”. Do ściany doprowadzane jest aktualnie upadową II'b-S powietrze w ilości ok. 1 500 m³/min. W celu zapewnienia komfortu pracy oraz utrzymania temperatury powietrza w rejonie ściany poniżej wartości dopuszczalnych zabudowane zostały w upadowej II'b-S dwie wodne chłodnice powietrza zasilane z układu klimatyzacji grupowej. Pozwalają one zapewnić w okresie letnim temperaturę powietrza na wylocie ze ściany nie wyższą niż 29,0°C. Należy zauważyć, że w tym przypadku zastosowanie schładzania powietrza zagwarantowało nie tylko względny komfort pracy załogi górniczej, ale przede wszystkim umożliwiło prowadzenie robót górniczych. W okresie letnim temperatura powietrza na wylocie z rejonu wentylacyjnego ściany 2b-S osiągała wartości dochodzące do 32,0°C. Dla dalszej poprawy ciepłych warunków pracy rozważana jest możliwość zabudowy kolejnej chłodnicy powietrza.

Oprócz standardowych zastosowań układu klimatyzacji grupowej do schładzania powietrza, opisanych powyżej, układ klimatyzacji grupowej wykorzystany został kilkakrotnie podczas prowadzonych w KWK „Murcki-Staszic” akcji ratowniczych, w rejonach, gdzie zabudowane były uprzednio rurociągi magistralne wody chłodzącej [1]. Pozwoliło to

za każdym razem nie tylko poprawić warunki mikroklimatu w miejscu prowadzenia prac ratowniczych, ale również skrócić czas prowadzenia tych prac. Przykładem może być prowadzona w bardzo trudnych warunkach mikroklimatu akcja ratownicza w rejonie ściany 02 w pokładzie 510 w polu AB na poziomie 830 m [1]. Wskutek wzrostu zagrożenia pożarowego w zrobach likwidowanej ściany 02 i pożaru endogenicznego zaistniała konieczność izolacji rejonu tej ściany. Akcja ratownicza, polegająca na otamowaniu rejonu ściany 02 korkami przeciwybuchowymi, prowadzona była od strony wylotu powietrza w skrajnie trudnych, niekorzystnych warunkach mikroklimatu (temperatura powietrza sięgająca 65°C) i w dużym zadymieniu. Celem polepszenia komfortu pracy ratowników zastosowano kamizelki chłodzące, obniżające temperaturę ciała, oraz urządzenia typu SAT-2, schładzające powietrze w aparacie W-70 i tym samym poprawiające komfort oddychania. Ponadto, w miejscu pracy zastępów ratowniczych, zastosowano dodatkowe wentylatory WLP 603B i WLP 1005B, a także zabudowano chłodnicę powietrza o mocy 350 kW zasilaną z układu klimatyzacji grupowej (rys. 4). Rozwiązanie to pozwoliło na znaczne obniżenie temperatury powietrza i poprawę warunków mikroklimatu w miejscu pracy ratowników, przekładając się na szybsze zakończenie prowadzonej akcji ratowniczej.



Rys. 4. Schemat układu pomocniczych urządzeń wentylacyjnych w rejonie budowanej tamy TP-2 podczas akcji ratowniczej w KWK „Murcki-Staszic” [1]

4. PODSUMOWANIE

Trudne warunki mikroklimatu oraz głębokość prowadzonej eksploatacji wymuszają stosowanie w wyrobiskach górniczych urządzeń schładzających powietrze. Urządzenia te nie tylko zapewniają właściwe ciepłne warunki pracy załóg górniczych, ale również – w przypadkach kopalń głębokich – dają możliwość prowadzenia prac poprzez obniżenie i utrzymanie temperatury powietrza poniżej 33°C. W zależności od stopnia natężenia zagrożenia klimatycznego stosowane są układy lokalnego bądź scentralizowanego wytwarzania chłodu, przy czym chłodzenie powietrza odbywa się zawsze lokalnie. Pierwsza klimatyzacja grupowa w kopalniach KHW S.A. uruchomiona została na przełomie lat 2009/2010 w KWK „Murcki-Staszic”, pozwalając na uproszczenie dotychczas stosowanego systemu schładzania powietrza, realizowanego w oparciu o chłodziarki lokalne. Do pozytywnych efektów działania układu klimatyzacji grupowej, poza wymienionymi powyżej, zaliczyć należy także niską awaryjność, prostotę obsługi oraz wysoką skuteczność.

Ponadto, jak wskazują doświadczenia KWK „Murcki-Staszic”, układ klimatyzacji grupowej można z powodzeniem stosować również podczas akcji ratowniczych, poprawiając komfort pracy ratowników górniczych w miejscu prowadzenia przez nich prac, szczególnie gdy warunki mikroklimatu uznane są za trudne. Poprzez skrócenie czasu wykonywania koniecznego zakresu prac ratowniczych automatycznie zmniejsza się czas ekspozycji ratowników na występujące zagrożenia, co w przypadku akcji przeciwpożarowych w polach metanowych ma istotne znaczenie.

W roku 2012 oddano do użytku układ klimatyzacji grupowej w KWK „Wujek” ruch „Śląsk”. Jest to układ o mocy 3,6 MW zabudowany na poziomie 1 050 m, przy czym jego cechą charakterystyczną jest to, że zrzut ciepła wraz z jego odzyskiem realizowany jest na powierzchni. W 2013 roku uruchomiona została w KWK „Mysłowice-Wesoła” kolejna w KHW S.A. instalacja klimatyzacji grupowej, tym razem o mocy 1 MW.

Literatura

- Gach Z., Głubiak J.: *Klimatyzacja grupowa w KWK „Murcki-Staszic” Ruch „Staszic”. Działanie, ocena skuteczności oraz zastosowanie w akcjach ratowniczych*, Materiały konferencyjne 6. Szkoły Aerologii Górniczej, Kraków 2011.
- Konopko W.: *Raport roczny o stanie zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego w roku 2011*, Katowice 2012.
- Nowak B.: *Temperatura i wilgotność powietrza w wyrobiskach przewietrzanych nieszczelnymi łutniociągami*, W: *Rozprawy, Monografie nr 56*, Wydawnictwa AGH, Kraków 1997.
- 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, poz. 1169, tekst jednolity.
- Wacławik J.: *Wentylacja kopalń*, t. 1 i 2, Wydawnictwa AGH, Kraków 2010.
- Wacławik J., Cygankiewicz J., Knechtel J.: *Warunki klimatyczne w kopalniach głębokich. Poradnik*, Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 1995.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.