

18

OCENA SKUTECZNOŚCI KLIMATYZACJI WYROBISK GÓRNICZYCH W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

18.1 WSTĘP

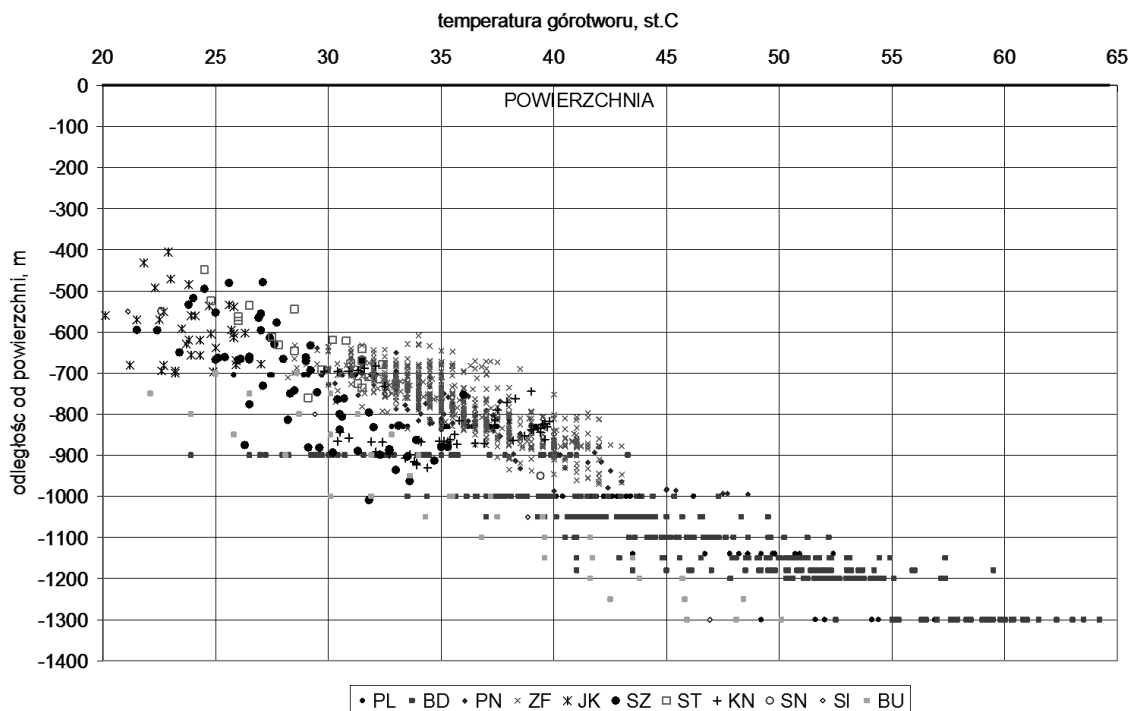
W wyrobiskach podziemnych, którymi przepływa powietrze występują naturalne i technologiczne źródła dopływu strumienia ciepła. W wyniku tego w wyrobiskach podziemnych występują wysokie temperatury, co po uwzględnieniu równie wysokiej wilgotności powietrza powoduje znaczne pogorszenie warunków klimatycznych. Powoduje to obniżenie takich funkcji organizmu człowieka, jak zdolność percepcji, koncentracji, uwagi, spostrzegawczości. Ten niekorzystny wpływ temperatury i wilgotności na organizm ludzki określamy pojęciem zagrożenia klimatycznego.

W wyrobiskach podziemnych występują naturalne i technologiczne źródła dopływu ciepła. W wyniku tego w wyrobiskach podziemnych występują wysokie temperatury, co po uwzględnieniu równie wysokiej wilgotności powietrza powoduje znaczne pogorszenie warunków klimatycznych. Powoduje to obniżenie takich funkcji organizmu człowieka, jak zdolność percepcji, koncentracji, uwagi, spostrzegawczości. Ten niekorzystny wpływ temperatury i wilgotności na organizm ludzki określamy jest pojęciem zagrożenia klimatycznego.

O zagrożeniu klimatycznym w wyrobiskach podziemnych decydują parametry powietrza kopalnianego. Poprzez powietrze kopalniane rozumie się strumień powietrza atmosferycznego wpływający szybami wdechowymi na dół kopalni i przepływający wyrobiskami podziemnymi do szybu wydechowego. Podczas przepływu przez wyrobiska parametry fizyczne i skład powietrza ulegają zmianie.

Zmiany temperatury powietrza kopalnianego zachodzą na skutek procesów sprężania powietrza w polu sił ciężkości, wymiany ciepła i wilgoci pomiędzy górotworem i lokalnymi, dodatkowymi źródłami ciepła, a przepływającym powietrzem. Dodatkowe źródła ciepła stanowią przede wszystkim maszyny i urządzenia a w szczególności napędy elektryczne i spalinowe. Największy wpływ na zmianę temperatury posiada wymiana ciepła pomiędzy powietrzem a otaczającym wyrobiska podziemne skałami [3, 9, 14]. Charakter oraz intensywność tej wymiany zależy od wielu czynników, z których główną rolę odgrywa głębokość zalegania i związana z nią temperatura pierwotna skał (rys. 18.1). Droga przepływu powietrza z powierzchni do

stanowisk pracy pod ziemią, podczas której dochodzi do wymiany ciepła i wilgoci, wynosi nawet kilka kilometrów [6, 7, 11, 12].



Rys. 18.1 Zmiana temperatury górotworu z głębokością dla Kopalń GZW

Strumień ciepła dopływający do powietrza z odsłoniętych skał odbywa się poprzez konwekcję, parowanie wilgoci oraz promieniowanie.

Oprócz temperatury pierwotnej górotworu o wielkości strumienia ciepła dopływającego od górotworu decydują również następujące czynniki [11, 12, 14]:

- własności termofizyczne skał (gradient geotermiczny, pojemność cieplna skał, współczynnik przewodnictwa cieplnego skał, itp.),
- temperatura przepływającego powietrza i jej zmiany w czasie,
- wymiary geometryczne wyrobisk,
- prędkość przepływu powietrza i czas przewietrzania wyrobiska,
- straty ciśnienia powietrza w wyrobiskach.

O bezpośrednim stanie zagrożenia klimatycznego decyduje również właściwe planowanie wyrobisk podziemnych, transportu urobku i lokalizacji urządzeń elektrycznych oraz racjonalna wentylacja wyrobisk w aspekcie minimalizacji ogrzewania powietrza dopływającego do stanowisk pracy.

Zapewnienie stabilnych w czasie parametrów mikroklimatu drogą wentylacji wyrobisk jest trudne do uzyskania.

W najbliższej przyszłości należy się liczyć z dalszym pogarszaniem się warunków klimatycznych w polskich kopalniach w wyniku zwiększenia koncentracji wydobywania oraz z eksploatacją na coraz głębszych poziomach.

18.2 ROZWIĄZANIA KLIMATYZACJI PODZIEMNYCH WYROBISK GÓRNICZYCH

Przy konieczności chłodzenia znacznej ilości miejsc pracy na dole kopalni i zapotrzebowaniu na większe moce chłodnicze stosuje się agregaty chłodnicze, które są usytuowane na powierzchni lub pod ziemią. W miarę wzrostu ilości maszyn klimatyzacyjnych instalowanych na dole w kopalni osiąga się również granicę, powyżej której nie można już odprowadzić ciepła skraplania do zużytego prądu powietrza. W takiej sytuacji ciepło skraplania musi być odprowadzane za pomocą wody na powierzchnię [1, 2, 6, 7, 11].

W technice klimatyzacji kopalń występują obecnie dwie tendencje:

- stosowanie klimatyzacji lokalnej lub grupowej poprzez instalowanie maszyn klimatyzacyjnych mniejszej mocy w bezpośrednim sąsiedztwie oddziałów wydobywczych,
- stosowanie klimatyzacji centralnej poprzez instalowanie maszyn klimatyzacyjnych o dużych mocach chłodniczych na powierzchni lub maszyn klimatyzacyjnych na dole w centralnym miejscu kopalni i transportujących „chłód” do oddziałów wydobywczych.

W większości kopalń podziemnych następuje etapowy wzrost zagrożenia klimatycznego związany z koniecznością wybierania złoża na coraz niższych poziomach głębokościowych [1, 6, 9, 11, 12].

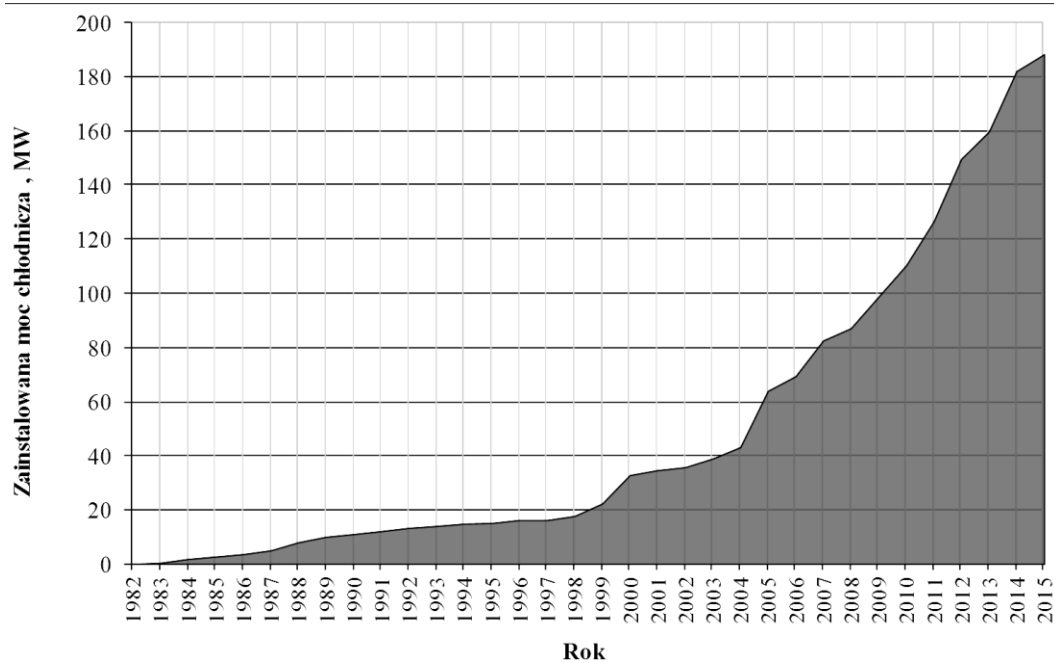
Przy zwiększającym się zapotrzebowaniu mocy chłodniczych w górnictwie podziemnym wykorzystuje się różne układy klimatyzacji. Z uwagi na lokalizację urządzeń klimatyzacyjnych wyróżnić można trzy układy klimatyzacji wyrobisk podziemnych:

- klimatyzację lokalną,
- klimatyzację grupową,
- klimatyzację centralną.

W wymienionych układach klimatyzacji wykorzystuje się urządzenia chłodnicze, które w zależności od czynnika pośredniczącego w wymianie ciepła (chłodziwa) można podzielić na:

- urządzenia chłodnicze bezpośredniego działania,
- urządzenia chłodnicze pośredniego działania schładzające wodę (temperatura wody schładzanej 1,5-5°C),
- urządzenia wytwarzające lód (wykorzystywany następnie do produkcji wody lodowej lub zawiesiny lodowej),
- urządzenia chłodnicze wytwarzające zawiesinę lodową (czasem zwaną również lodem zawiesinowym lub lodem binarnym) [4, 6, 8, 9].

W polskich kopalniach podziemnych wykorzystywane są urządzenia chłodnicze bezpośredniego działania i urządzenia chłodnicze pośredniego działania do schładzania wody. Wg stanu na koniec 2015 roku w polskich kopalniach węgla kamiennego całkowita zainstalowana moc urządzeń chłodniczych wynosiła 186 MW_{ch}. (rys. 18.2).



Rys. 18.2 Moc chłodnicza w polskich kopalniach węgla kamiennego w latach 1982-2014

18.3 OCENA EFEKTYWNOŚCI KLIMATYZACJI

18.3.1 Metodyka badań

Celem przeprowadzonych badań układów klimatyzacji grupowej i centralnej w kopalniach węgla kamiennego była ocena efektywności działania klimatyzacji grupowej i centralnej oraz określenie możliwości jej poprawy.

Realizacja przedstawionego wyżej celu obejmowała:

- pomiary strumienia ciepła odbieranego w chłodnicach powietrza,
- pomiary przepływu wody i ocena stanu instalacji rurociągów wody lodowej oraz wody chłodzącej (w przypadku klimatyzacji grupowej),
- pomiary wydajności chłodniczej agregatów wody lodowej (w przypadku klimatyzacji grupowej) oraz mocy chłodniczej dostarczanej z powierzchniowych stacji klimatyzacji centralnych,
- ocenę stanu technicznego instalacji,
- określenie kierunków poprawy efektywności działania klimatyzacji.

Przeprowadzone pomiary dotyczyły 62 chłodnic powietrza oraz skraplaczy urządzeń bezpośredniego działania, kontroli parametrów wody lodowej w sieci rurociągów oraz, w przypadku klimatyzacji grupowej, parametrów pracy agregatów chłodniczych i wyparnych chłodnic wody. Pomiary przeprowadzono w 6 kopalniach węgla kamiennego.

Wymiana ciepła w chłodnicach przeponowych związana jest z bilansem entalpii czynników przepływających po obu stronach przepony, którymi są powietrze kopalniane oraz chłodziwo. Chłodziwem była woda lodowa doprowadzana i odprowadzana siecią rurociągów.

Efektywność tego procesu zależy od parametrów powietrza i wody lodowej na wejściu do chłodnicy powietrza.

Uzyskiwana moc chłodnicza chłodnic powietrza \dot{Q}_{ch} jest związana z bilansem entalpii powietrza i wody. Bilans ten można przedstawić następującą zależnością:

$$\dot{Q}_{ch} = H_2 - H_1 - H_{skr} + \dot{Q}_{str} = H_{H_2O-2} - H_{H_2O-1} \quad (18.1)$$

gdzie:

H_1 – entalpia powietrza na wlocie do chłodnicy (za wentylatorem lutniowym),

H_2 – entalpia powietrza na wylocie do chłodnicy (z uwzględnieniem entalpii ewentualnym kropeł wynoszonych przez wypływające z chłodnicy powietrze),

H_{skr} – entalpia wykroplonej pary wodnej (odprowadzanej z chłodnicy niezależnie od kropeł w powietrzu wypływającym),

\dot{Q}_{str} – strumień ciepły wymieniony między płaszczem chłodnicy a otoczeniem,

H_{H_2O-1} – entalpia wody na wlocie do węzownicy chłodnicy,

H_{H_2O-2} – entalpia wody na wylocie z węzownicy chłodnicy.

Jeżeli uwzględnimy moc układu wentylator-chłodnica to moc chłodnicza \dot{Q} całego układu przedstawia się następująco:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{ch} - \dot{Q}_w \quad (18.2)$$

gdzie:

\dot{Q}_w – strumień ciepła dopływający do powietrza wlotowego od wentylatora.

W celu przeprowadzenia bilansu cieplnego chłodnic powietrza i wyznaczania entalpii konieczne było przeprowadzenie pomiaru temperatury i zawartości wilgoci w powietrzu przed i za chłodnicą oraz natężenia objętościowego przepływu powietrza. Podobnie dla bilansu entalpii wody konieczne było przeprowadzenie pomiaru temperatury wody na wlocie i wylocie z chłodnic powietrza oraz przepływu objętościowego wody [5, 10].

W celu oceny efektywności schładzania powietrza przeprowadzono pomiary następujących wielkości:

- temperatury powietrza wg termometru suchego i wilgotnego na wlocie do wentylatora chłodnicy,
- temperatury powietrza wg termometru suchego i wilgotnego na wylocie z chłodnicy,
- temperatury powietrza wg termometru suchego i wilgotnego pomiędzy wylotem wentylatora a wlotem do chłodnicy,
- prędkości średniej powietrza z przekroju poprzecznego wylotu z chłodnicy powietrza i wlotu do wentylatora chłodnicy,
- temperatury wody lodowej zasilającej i powrotnej (chłodnicę lub urządzenie chłodnicze bezpośredniego działania),
- ciśnienia atmosferycznego powietrza w miejscu zabudowy chłodnicy.

Pomiar prędkości wody lodowej w rurociągu był wykonywany na rurociągach nieizolowanych. Miejsca pomiaru prędkości wody w sieci rurociągów wody lodowej były dobierane w ten sposób, aby można było zbilansować rozptyw wody lodowej

w całej sieci rurociągów, oraz określić wydatek objętościowy wody lodowej przepływającej przez urządzenia chłodnicze.

Określenie strumienia objętości wody lodowej przepływającej przez chłodnice przeprowadzono na podstawie bilansu wody w rurociągach przed i za chłodnicami powietrza. Pomiar strumienia wody w rurociągach wykonano przy pomocy przepływomierza ultradźwiękowego „ALFINE-PF220”. Przyrząd ten jest przeznaczony do bezinwazyjnych pomiarów przepływu wody i czystych cieczy płynących w rurociągach całkowicie wypełnionych. Wykorzystywany w pomiarach przyrząd jest przystosowany do pomiarów na rurociągach o średnicy od DN50 do DN1000.

Sondy pomiarowe były bezinwazyjnie montowane na powierzchni rurociągu. Sondy nie kontaktują się z cieczą płynącą, nie zatrzymują procesu oraz nie zakłócają przepływu, bez względu na ciśnienie cieczy w rurociągu. Rurociągu nie trzeba przecinać ani nawiercać. Urządzenie nie zawiera części ruchomych, nie powoduje spadku ciśnienia. Pomiar można prowadzić w rurociągach o dowolnym nachyleniu. Urządzenie pozwala na pomiar przepływu wody w rurociągach wykonanych z różnych materiałów (w tym stalowych oraz PE).

Prędkość przepływu cieczy płynącej w rurociągu jest wyznaczana na podstawie pomiaru różnicy prędkości rozchodzenia się fali ultradźwiękowej w kierunku zgodnym i przeciwnym do kierunku przepływu cieczy. Przepływ objętościowy cieczy jest wyznaczany na podstawie prędkości przepływu oraz zadanej średnicy wewnętrznej rurociągu.

Dla określenia wyznaczenia prędkości wody w rurociągu przy użyciu przepływomierza „ALFINE-PF220” konieczne jest wyznaczenie rzeczywistej grubości ścianki rury. Do tego celu wykorzystano ultradźwiękowy miernik grubości TM-8811.

W pomiarach wykorzystano również wyniki z zabudowanych przez Kopalnię mierników przepływu po uprzednim sprawdzeniu strumienia objętości przyrządem „ALFINE-PF220”.

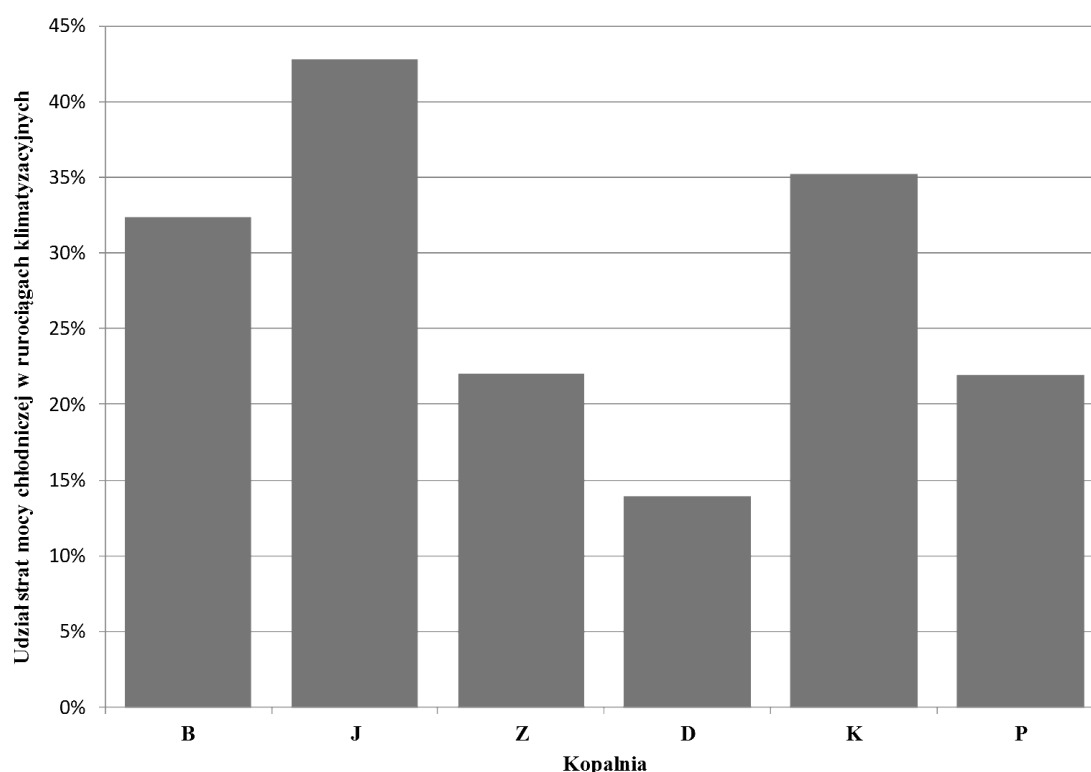
W trakcie pomiarów w większości Kopalń występowały przekroczenia dopuszczalnej temperatury powietrza 28°C według termometru suchego. Chłodnice powietrza nie uzyskiwały możliwie maksymalnych wydajności chłodniczych. Kopalnie nie wykorzystują w pełni posiadanej mocy chłodniczej z uwagi na słaby odbiór ciepła w chłodnicach. Dlatego w większości podłączają skraplacze urządzeń chłodniczych pogarszając wskaźnik efektywności wykorzystania wytwarzanej mocy chłodniczej.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów wyróżniono następujące podstawowe problemy we właściwej efektywności klimatyzacji:

- straty mocy chłodniczej w rurociągach,
 - problemy z uzyskiwaniem wymaganej mocy chłodniczej przez chłodnice powietrza oraz urządzenia chłodnicze,
 - problem z obniżeniem temperatury powietrza w kontekście wilgotności powietrza.
- Poniżej scharakteryzowano te problemy oraz podano ich przyczyny.

18.3.2 Wyniki badań straty mocy chłodniczej w rurociągach

Straty mocy chłodniczej w rurociągach istotnie wpływają na wartość mocy, którą można wykorzystać w rejonach. W projektach klimatyzacji centralnej i grupowej były one uwzględniane i generalnie w większości Kopalń nie są one znacznie większe niż zakładano. Niemniej jednak wynikają one częściowo z braku dbałości o stan izolacji rurociągów doprowadzających wodę lodową do chłodnic powietrza. Można przyjąć założenie, że straty chłodu w rurociągach nie są do końca stratami, gdyż rurociągi przejmują ciepło od powietrza, jednak przyczyniają się one do wzrostu temperatury wody na wlocie do chłodnic co obniża skuteczność schładzania powietrza. Należy również pamiętać, że straty chłodu w rurociągach są odwrotnie proporcjonalne do prędkości wody w rurociągach. W przypadku niskiej prędkości wody (poniżej $0,5 \text{ m/s}$) następuje większy dopływ strumienia ciepła od powietrza do wody niż przy wyższych prędkościach (powyżej $1,5 \text{ m/s}$). Należy przebudowywać rurociągi w rejonach w zależności od wymaganej liczby podłączanych chłodnic powietrza oraz uwzględnić opór sieci rurociągów w kontekście parametrów pracy pomp obiegowych [1, 5, 10]. Na rysunku 18.3 przedstawiono straty mocy chłodniczej w rurociągach w poszczególnych kopalniach.

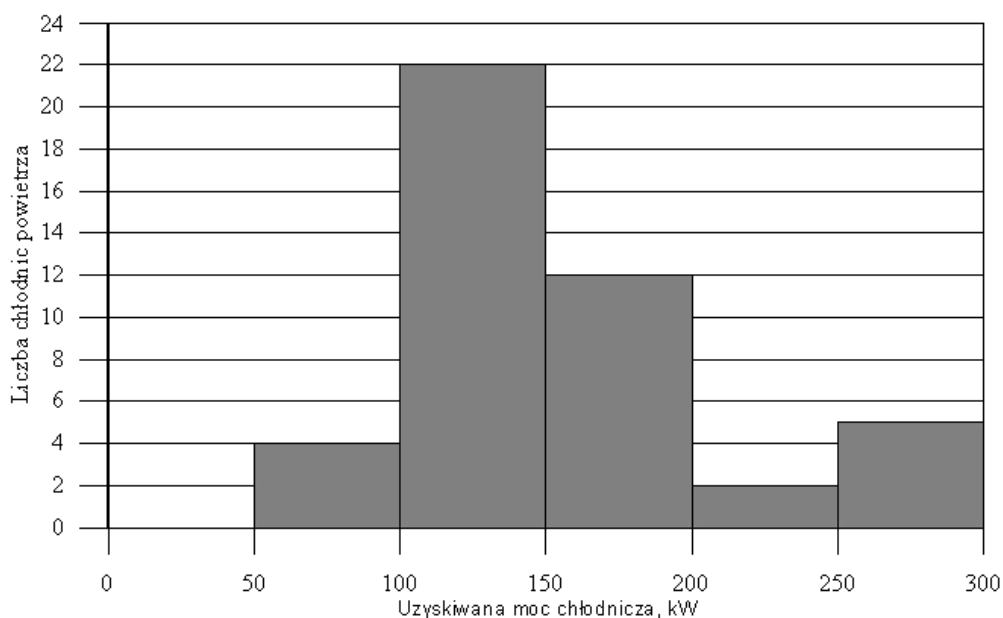


Rys. 18.3 Straty mocy chłodniczej w rurociągach w poszczególnych kopalniach

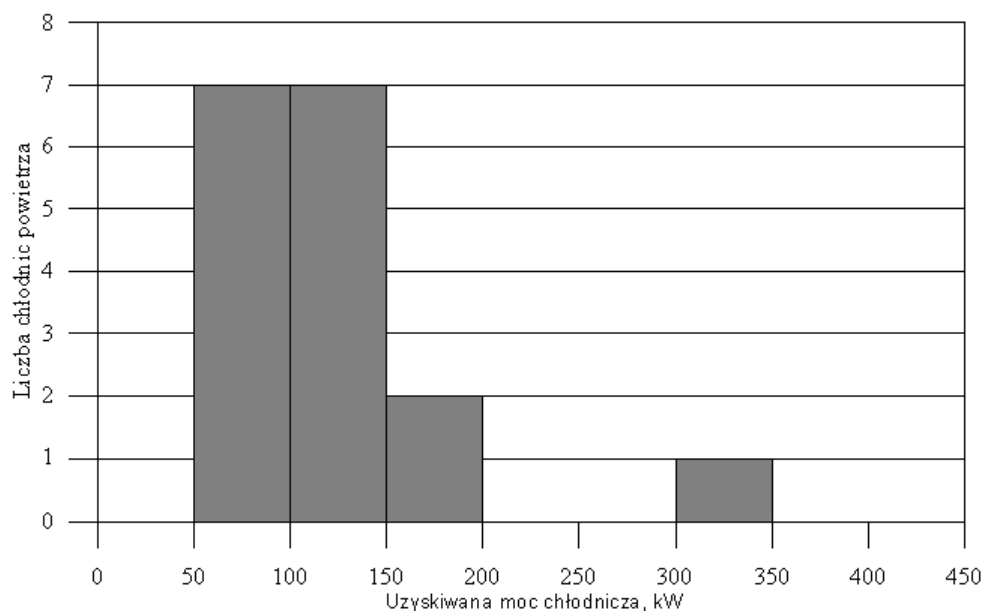
18.3.3 Wyniki badań - moc chłodnicza chłodnic powietrza oraz urządzeń chłodniczych

Tylko jedna chłodnica powietrza na 62 przebadane uzyskiwała wymaganą moc chłodniczą. Wśród przebadanych urządzeń 45 chłodnic miało moce podawane przez producentów w przedziale od 250 do 350 kW , natomiast chłodnic o mocach od 350 do

450 kW było 17. Na rysunkach 18.4 i 18.5 przedstawiono histogramy mocy uzyskiwanych przez chłodnice objęte audytem, przy czym rysunek 18.4 odpowiada chłodnicom o mocach podawanych przez producentów w przedziale od 250 do 350 kW, natomiast rysunek 18.5 odpowiada chłodnicom o mocach od 350 do 450 kW.



Rys. 18.4 Histogram mocy uzyskiwanych przez chłodnice objęte audytem (250-300 kW)



Rys. 18.5 Histogram mocy uzyskiwanych przez badane chłodnice (350-450 kW)

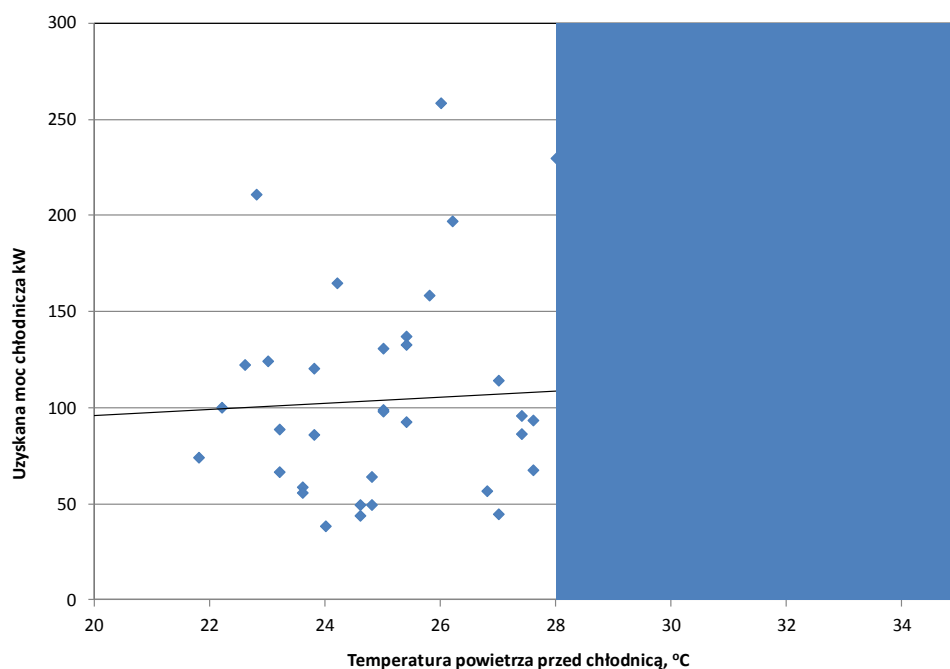
Urządzenia chłodnicze podłączone do klimatyzacji centralnej lub grupowej również nie uzyskiwały wymaganych wydajności chłodniczych.

18.4 PRZYCZYNY NISKIEJ MOCY CHŁODNIC POWIETRZA

18.4.1 Lokalizacja chłodnic powietrza i parametry czynnika chłodzącego

Przyczyny uzyskiwania niskiej mocy chłodnic powietrza są następujące:

- 1) W większości przypadków chłodnice były zlokalizowane w miejscu, gdzie temperatura powietrza przed chłodnicami była niższa od wartości określonych dla znamionowej mocy chłodnic. Chłodnice nie były w stanie odbierać ciepła od powietrza kopalnianego, a głównie odbierały ciepło od wentylatora przetłaczającego powietrze. Chłodnice powietrza nie zawsze lokalizowane są w miejscach najwyższej temperatury, co jest związane głównie z warunkami technicznymi w rejonie ścian eksploatacyjnych oraz bieżącej przebudowy wraz z postępem ściany eksploatacyjnej. Chłodnice powinny być lokalizowane jak najbliżej wlotu do ściany i w lutniociągach zasadniczych w odległości nie większej niż 200 m od przodków chodnikowych, tak aby w miejscu ich lokalizacji temperatura powietrza zbliżona była do 28°C. Na rysunku 18.6 przedstawiono zależność mocy chłodnicy od temperatury powietrza przed chłodnicą.

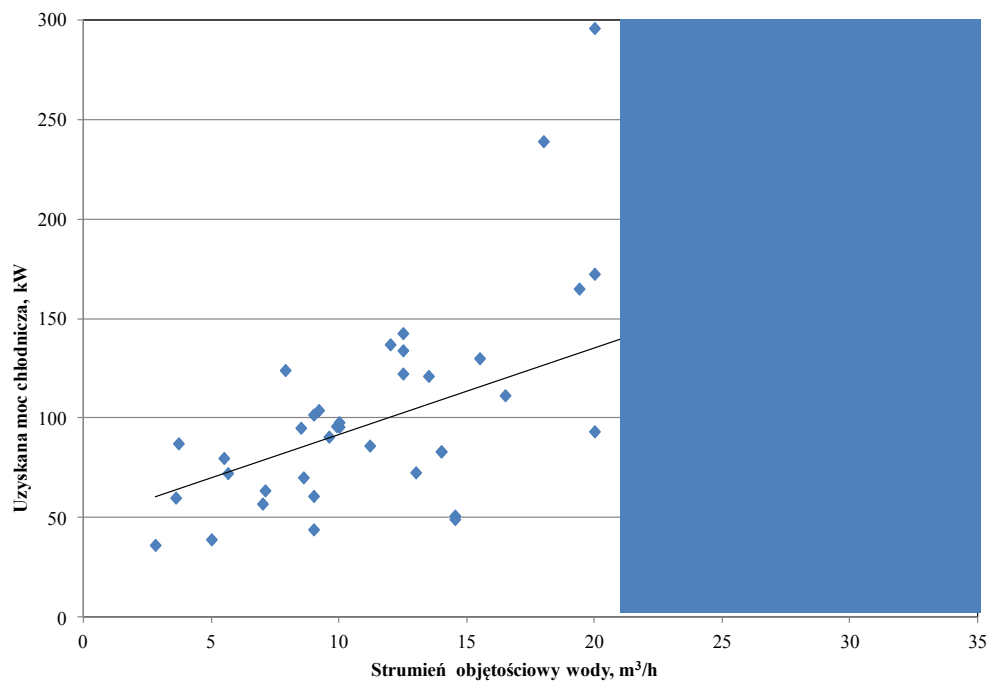


Rys. 18.6 Zależność mocy chłodnicy od temperatury powietrza przed chłodnicą

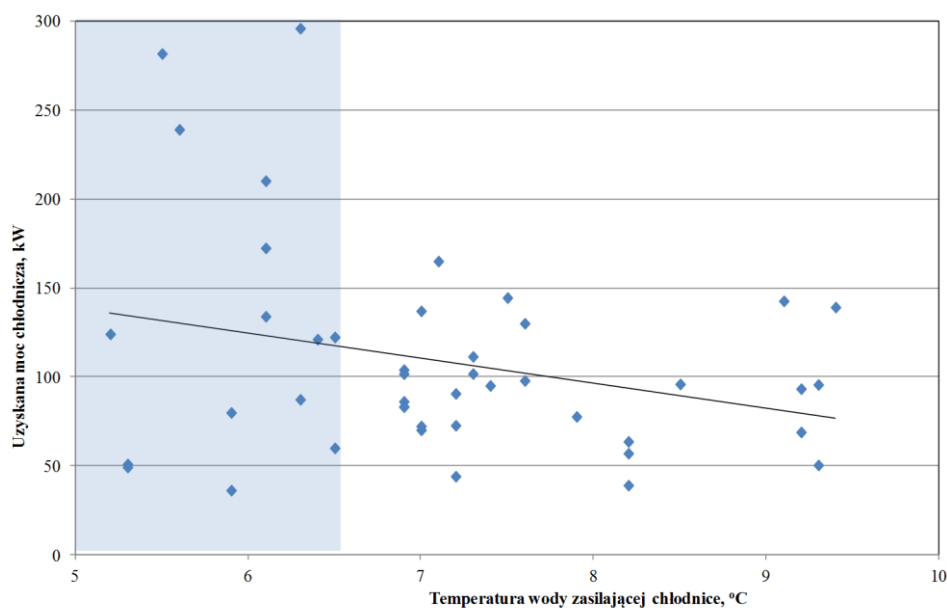
- 2) Strumienie ciepła odbierane w chłodnicach powietrza są niskie z uwagi na brak możliwości doprowadzenia do nich wody o wymaganym natężeniu przepływu. Często wynika to ze znacznego zawężenia przekroju poprzecznego rurociągów w wyniku występowania osadów związków mineralnych na powierzchni wewnętrznej rur, jak również z braku przebudowań rurociągów magistralnych wraz z rozwojem frontu eksploatacji w danej partii. Zbyt mały strumień dopływającej wody o stosunkowo wysokiej temperaturze powoduje, że chłodnice odbierają głównie ciepło do wentylatora i słabo obniżają temperaturę powietrza. Zbyt mały strumień

doprowadzanej wody wynika przede wszystkim z braku kontroli przepływu i regulacji rozptywu wody oraz braku przebudowy rurociągów. Na rysunku 18.7 przedstawiono zależność mocy chłodnicy od strumienia objętościowego wody.

- 3) Temperatura wody często przekracza 8°C na wlocie do chłodnic powietrzach wynika z rozbudowywania sieci rurociągów znacznie poza zakresem przewidywanym przez projekt techniczny. Przyczyną jest przede wszystkim brak kontroli i regulacji rozptywu wody. Na rysunku 18.8 przedstawiono zależność mocy chłodnicy od temperatury wody.



Rys. 18.7 Zależność mocy chłodnicy od strumienia objętościowego wody



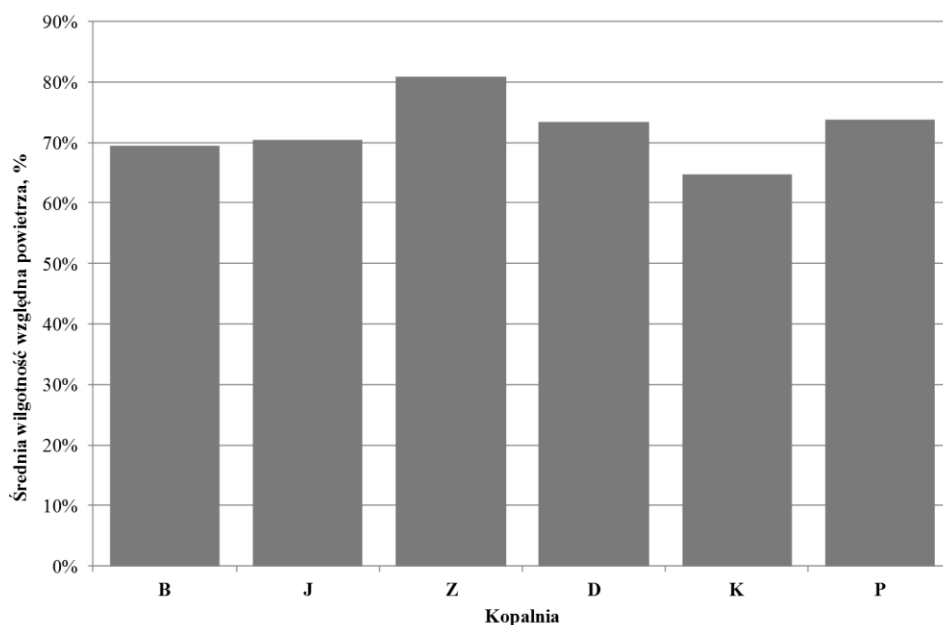
Rys. 18.8 Zależność mocy chłodnicy od temperatury wody

Na rysunkach 18.6-18.8 zacięto obszar wymaganych parametrów wody i powietrza. Aby uzyskać wymaganą moc chłodniczą zarówno parametry wody jak i powietrza wlotowego muszą zawierać się w tych przedziałach. Wymagana jest jednak pełna kontrola parametrów wody (przepływy i temperatury) w całej sieci rurociągów rozprowadzających wodę do chłodnic.

Istotne znaczenie ma również dbałość o czystość węzownic w chłodnicach powietrza. Częstotliwość zmywania węzownic w chłodnicach powinna wynikać z warunków ich zabudowy i w większości przypadków powinna być częstsza niż podaje producent w Dokumentacji Techniczno-Ruchowej chłodnicy.

18.4.2 Wilgotność powietrza w wyrobiskach górniczych

Chłodnice powietrza spełniają zarówno funkcję obniżania temperatury jak również osuszania powietrza. W przypadku wysokiej wilgotności powietrza jaka ma miejsce w wyrobiskach kopalnianych, część mocy chłodniczej przekazywana jest na wykroplenie pary wodnej z powietrza, a część na obniżenie jego temperatury. Urządzenia chłodnicze i chłodnice powietrza objęte badaniami często nie umożliwiały wystarczającego (do poziomu określonego przepisami) obniżenia temperatury powietrza w wyrobisku nawet w przypadku, gdy wartości parametrów takich jak: temperatura oraz strumień doprowadzanej wody, temperatura powietrza w miejscu zabudowy chłodnicy, strumień objętościowy przepływającego powietrza, były zbliżone do podawanych przez producenta. Związane to było właśnie z osuszaniem powietrza.

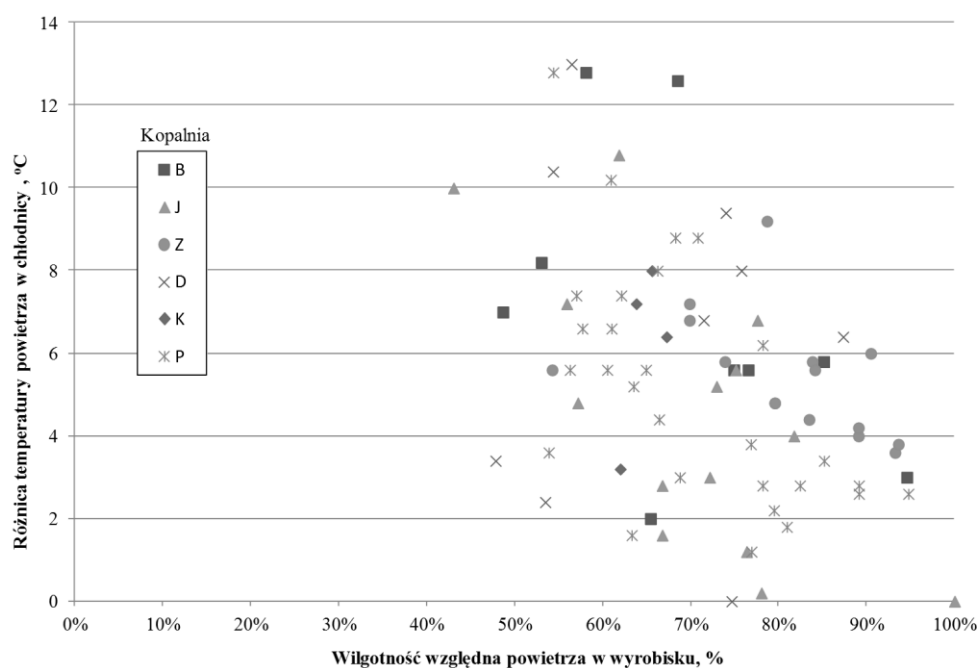


Rys. 18.9. Średnia wilgotność względną w poszczególnych kopalniach

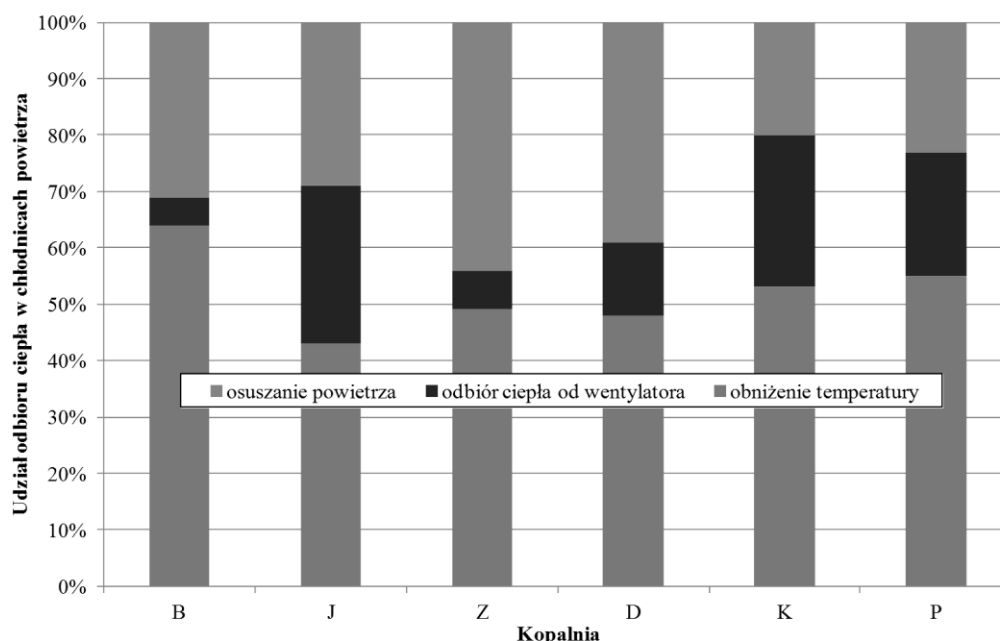
Często podawana przez producentów moc chłodnicza dotyczy wilgotności względnej powietrza poniżej 70%. W takich przypadkach eksploatowane chłodnice w warunkach wilgotności 80% lub wyższej nie osiągną podawanych mocy chłodniczych, nawet przy zapewnieniu wszystkich pozostałych parametrów powietrza (temperatura i strumień

objętości) i wody. Na rysunku 18.9 przedstawiono średnią wilgotność względną w poszczególnych kopalniach.

Duża zawartość wilgoci w powietrzu kopalnianym powoduje, że trudniej obniżyć jego temperaturę (rysunek 18.10), gdyż znaczna część mocy przeznaczana jest na jego osuszenie. Na rysunku 18.11 przedstawiono udział mocy chłodniczej w wymianie ciepła w chłodnicach w poszczególnych kopalniach.



Rys. 18.10 Wpływ wilgotności powietrza na obniżenie temperatury w chłodnicach w poszczególnych kopalniach



Rys. 18.11 Udział mocy chłodniczej w wymianie ciepła w chłodnicach w poszczególnych kopalniach

W związku z wysoką wilgotnością powietrza w kopalniach, w których prowadzono badania, należy dążyć do ograniczania niepotrzebnego nawilżania powietrza w rejonach (likwidacja rozlewisk wody w wyrobiskach).

Pomiary przeprowadzone były w okresie zimowym. W okresie letnim efektywność wykorzystania mocy chłodniczej powinna wzrosnąć. Kopalnie powinny podjąć działania zmierzające do lepszego wykorzystywania mocy chłodniczej. Nie mniej jednak w kilku kopalniach występować będzie brak mocy chłodniczej z uwagi na zakres robót górniczych w warunkach wysokiej temperatury pierwotnej górotworu.

18.5 PODSUMOWANIE

Stosowanie klimatyzacji grupowej i centralnej jest ekonomicznie uzasadnione w przypadku zapotrzebowania znacznych mocy chłodniczej w różnych rejonach kopalni i braku możliwości odprowadzenia ciepła skraplania do rejonowych prądów powietrza odprowadzanego.

Pomimo stosowania klimatyzacji w kopalniach występują przekroczenia dopuszczalnej temperatury powietrza 28°C według termometru suchego. Efektywność chłodnic powietrza zależy między innymi od ich budowy i utrzymywania w nich czystości powierzchni wymiany ciepła. Zasadniczą przyczyną uzyskiwania niskich parametrów chłodniczych jest jednak brak możliwości ich lokalizacji w miejscu najwyższych temperatur powietrza oraz zbyt mały strumień doprowadzanej wody o zbyt dużej temperaturze.

Chłodnice powietrza powinny być przebudowywane w miejsca o najwyższych temperaturach powietrza wraz z postępowaniem przodków eksploatacyjnych i ścianowych oraz chwilowymi zmianami parametrów powietrza doprowadzanego. Przebudowa chłodnic pociąga za sobą konieczność częstej przebudowy rurociągów instalacji chłodniczej i wymaga przeprowadzania bieżących regulacji w rozplywie wody lodowej [10]. Kopalnie w ograniczonym stanie kontrolują parametry wody w sieci rurociągów, co nie umożliwia im prowadzenia bieżącej regulacji rozplywu wody. Zgodnie z opracowanymi projektami klimatyzacji instalacje klimatyzacji grupowej i centralnej muszą być wyposażone w przepływomierze i mierniki temperatury w układzie monitoringu parametrów wody. Umożliwi to podejmowanie szybszych decyzji w zakresie regulacji jej rozplywu czy konieczności przebudowy chłodnic powietrza w rejonach lub przebudowy rurociągów magistralnych.

Artykuł został zrealizowany w ramach pracy statutowej nr 11.11.100.774

LITERATURA

1. N. Szlązak, D. Obracaj, Sposoby redukcji ciśnienia hydrostatycznego w instalacjach klimatyzacji centralnej kopalń podziemnych. Chłodnictwo; t. 49 nr 11-12, 2014, s. 1-5.
2. N. Szlązak, D. Obracaj, M. Borowski, Efektywność skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego na przykładzie klimatyzacji kopalni podziemnej – XXXIII Dni Chłodnictwa: nowe rozwiązania w konstruowaniu, projektowaniu i

- eksploatacji systemów chłodniczych i klimatyzacyjnych: konferencja naukowo-techniczna: Poznań, 11-13 września 2001. Wyd. SYSTHERM Chłodnictwo i Klimatyzacja Sp. z o. o., Poznań.
3. N. Szlązak, D. Obracaj, M. Borowski, Efektywność chłodzenia powietrza w rejonach eksploatacyjnych w oparciu o centralną klimatyzację. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2002, T. 2, Wyd. IGSMiE PAN Kraków, s. 1087-1099.
 4. N. Szlązak, D. Obracaj, M. Borowski, Kierunki rozwoju klimatyzacji w polskich kopalniach węgla kamiennego. XXXVII Dni Chłodnictwa: aktualne tendencje w rozwiązaniach technicznych urządzeń i systemów chłodniczych i klimatyzacyjnych. Konferencja naukowo-techniczna, Poznań, 23-24 listopada 2005. Wyd. SYSTHERM Chłodnictwo i Klimatyzacja Sp. z o. o. Poznań. s. 243-256.
 5. N. Szlązak, D. Obracaj, M. Borowski, Ocena pracy przeponowych chłodnic powietrza w kopalniach węgla kamiennego. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2007, str. 363-373.
 6. N. Szlązak, D. Obracaj, M. Borowski, Koncepcja rozbudowy klimatyzacji grupowej. Materiały konferencyjne: XLI Dni Chłodnictwa: nowe techniki i technologie w chłodnictwie, klimatyzacji i pompach ciepła, obniżające koszty produkcji i eksploatacji urządzeń oraz instalacji: Poznań, 18-19 listopada 2009. Wyd. Systherm Chłodnictwo i Klimatyzacja Sp. z o. o., str. 199-209.
 7. N. Szlązak, D. Obracaj, M. Borowski, Rozwiązanie klimatyzacji centralnej w kopalni węgla kamiennego. Materiały 5 Szkoły Aerologii Górniczej, Wyd. KGHM Cuprum Sp. z o.o. CBR, Wrocław, 2009, str. 159-169.
 8. N. Szlązak, D. Obracaj, M. Borowski, Wykorzystanie swobodnego chłodzenia w systemach klimatyzacji kopalń podziemnych. Chłodnictwo & Klimatyzacja, nr 4, 2009, s. 60-64.
 9. N. Szlązak, D. Obracaj, M. Borowski, J. Swolkień, Methods for improving thermal work conditions in Polish coal mines. Ninth International Mine Ventilation Congress, India, 2009, pp.253-262
 10. N. Szlązak, D. Obracaj, K. Piergies, Sterowanie parametrami wody lodowej w instalacji klimatyzacji centralnej kopalń podziemnych. Chłodnictwo & Klimatyzacja, nr 11, 2014, s. 58-62.
 11. N. Szlązak, A. Tor, A. Jakubów, Grupowy system klimatyzacji wyrobisk dołowych w kopalni Zofiówka. Materiały 3 Szkoły Aerologii Górniczej, 2004, str. 449-462.
 12. N. Szlązak, A. Tor, A. Jakubów, Klimatyzacja w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S. A. .Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko, 2007 nr 4 wyd. spec., s. 253-262.
 13. W. Turkiewicz, S. Gajosiński, Technika klimatyzacji stanowiskowej w kopalniach KGHM Polska Miedź S.A. – stan obecny i rozwój. Materiały 1-szej Szkoły Aerologii Górniczej. Wyd. CEiAG EMAG Katowice, 1999.
 14. J. Waclawik, J. Cygankiewicz, J. Knechtel, Warunki klimatyczne w kopalniach głębokich. Biblioteka Szkoły eksploatacji Podziemnej. Wyd. PAN CPPGSMiE, Kraków, 1995.

*Data przesłania artykułu do Redakcji: 02.2016
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 03.2016*

Prof. dr hab. inż. Nikodem Szlązak, dr hab. inż. Dariusz Obracaj, dr Justyna Swolkień
AGH w Krakowie
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska
e-mail: szlazak@agh.edu.pl; obracaj@agh.edu.pl; swolkien@agh.edu.pl

OCENA SKUTECZNOŚCI KLIMATYZACJI WYROBISK GÓRNICZYCH W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie: Zapewnienie stabilnych w czasie parametrów mikroklimatu drogą wentylacji wyrobisk jest trudne do uzyskania. W najbliższej przyszłości należy się liczyć z dalszym pogarszaniem się warunków klimatycznych w polskich kopalniach w wyniku zwiększenia koncentracji wydobywania oraz schodzenia z eksploatacją na głębsze poziomy.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie stosowanych metod zwalczania zagrożenia klimatycznego w górnictwie polskim oraz wskazanie na skuteczność pracy urzędów.

W wyrobiskach podziemnych, którymi przepływa powietrze występują naturalne i technologiczne źródła dopływu strumienia ciepła. Wysoka temperatura i równie wysoka wilgotność powietrza prowadzą do pogorszenia warunków klimatycznych. Coraz większego znaczenia nabierają zatem problemy związane z projektowaniem przewietrzania i klimatyzacji wyrobisk w kopalniach podziemnych.

Słowa kluczowe: zagrożenie klimatyczne, metody klimatyzacji wyrobisk podziemnych, efektywność działania klimatyzacji

EFFECTIVENESS OF AIR CONDITIONING SYSTEMS IN COAL MINES

Abstract: It is difficult to ensure stable parameters of microclimate by means of ventilation and air-conditioning in underground excavations. In the nearest future a further deterioration in thermal hazard in Polish coal mines can be expected as a result of mining at deeper and deeper levels.

The aim of this article is to present used methods of climatic conditions control and to indicate errors in design.

There are natural and technological heat flux sources in mine airways. High air temperature and humidity lead to worse climatic conditions. It results in slowing down some functions of a human organism, such as perception, concentration and attention. This unfavorable effect of air temperature and humidity on human body is known as thermal hazard.

Problems connected with design of ventilation and cooling systems in underground mines are becoming more and more important.

Key words: climatic hazard, underground air conditioning systems, effectiveness of air conditioning systems