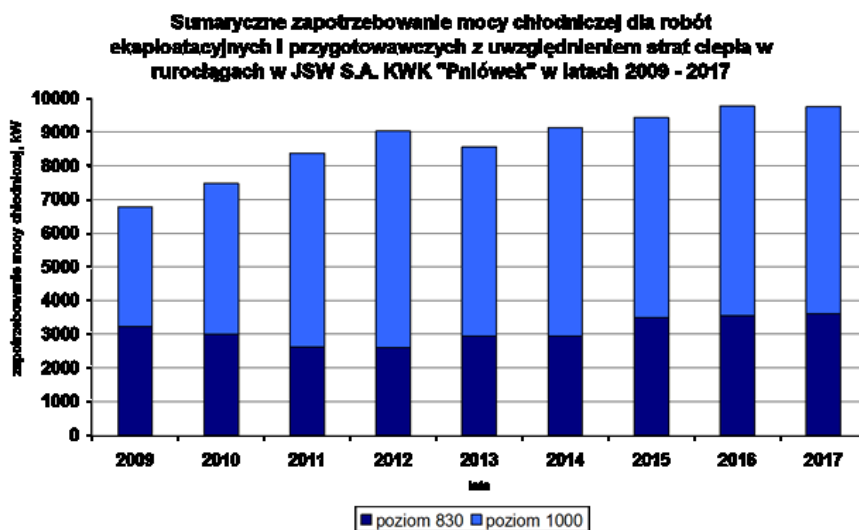


21

EFEKTYWNE ENERGETYCZNIE WYKORZYSTANIE UJĘTEGO METANU W JSW S.A. KWK „Pniówek”

WSTĘP

JSW S.A. KWK „Pniówek” to zakład górniczy o znaczącym zagrożeniu klimatycznym i jednocześnie posiadający najwyższą kategorię zagrożenia metanowego (IV kategoria). Wysoki stopień zagrożenia klimatycznego wynika z faktu, iż górotwór w kopalni „Pniówek”, którego pokłady zalegają na znacznej głębokości pod powierzchnią ziemi (obecnie do 1000m) oraz charakteryzują się bardzo dużym naturalnym stopniem geotermicznym wynoszącym około 25m/1°C (przykładowo LW Bogdanka 33m/1°C). Temperatura pierwotna górotworu na poziomie 1000 kształtuje się obecnie średnio w okolicach (rys. 1) 45°C.



Rys. 1 Sumaryczne zapotrzebowanie na moc chłodniczą KWK „Pniówek” w latach 2009-2017

W skojarzeniu z zagrożeniem klimatycznym występuje wcześniej wspomniane zagrożenie metanowe, np. w 2016 roku w KWK „Pniówek” metanowość relatywna wyniosła 33,96 m³/t wydobycia netto, z czego odmetanowaniem ujęto 32,71% natomiast reszta metanu została odprowadzona wentylacyjnie do atmosfery (o koncentracji metanu nie przekraczającej 0,5% w mieszaninie gazowo-powietrznej). Powyższe fakty o zagrożeniach naturalnych były znaczące przy opracowaniu dokumentacji technicznej w 1999 roku przez zespół naukowy Katedry Górnictwa Podziemnego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Efektem opracowania było wybudowanie skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego dla klimatyzacji poziomu 830 kopalni „Pniówek” w 2000 roku. Następnie w 2006 roku ten sam zespół opracował dokumentację techniczną rozbudowy części dołowej skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego w celu likwidacji zagrożenia temperaturowego i poprawy warunków klimatycznych w wyrobiskach na poziomie 1000. W ciągu upływu kilkunastu lat od uruchomienia, układ centralnej klimatyzacji KWK „Pniówek” podlega systematycznej rozbudowie technicznej zarówno w części powierzchniowej jak i dołowej.

KONCEPCJA CENTRALNEJ KLIMATYZACJI W KOPALNI „PNIÓWEK”

Charakterystyczną cechą układów centralnej klimatyzacji to produkcja na powierzchni zakładu górniczego energii chłodniczej w postaci wody lodowej o temperaturze około 2°C bez dodatków czynnika obniżającego krzepliwość wody. Zgodnie z koncepcją centralnej klimatyzacji KWK „Pniówek” wyprodukowana na powierzchni woda lodowa trafia szybem do dwóch trójkomorowych podajników cieczy (na poz. 830 i poz. 1000) gdzie następuje redukcja ciśnienia wody lodowej między częścią szybową (tzw. obieg pierwotny – o wysokim ciśnieniu) a częścią z obiegu dołowego (zwanym obiegiem wtórnym – o niskim ciśnieniu) a następnie woda lodowa o zredukowanym ciśnieniu trafia preizolowanymi rurociągami do rejonów zagrożonych klimatycznie zasilając wodne chłodnice powietrza. Woda lodowa odbiera ciepło z powietrza wentylacyjnego danego rejonu zagrożonego klimatycznie i wraca ogrzana rurociągami do trójkomorowych podajników cieczy. Następnie dostarczana obiegiem pierwotnym (szybowo-powierzchniowym) woda lodowa o wysokim ciśnieniu (do 12 MPa na poziomie 1000) poprzez podajniki cieczy wypycha ogrzaną wodę z obiegu wtórnego na powierzchnię kopalni. W ten sposób odebrane ciepło przez wodę lodową z obiegu wtórnego klimatyzacji trafia obiegiem pierwotnym do powierzchniowej stacji urządzeń chłodniczych, gdzie następuje schłodzenie jej do temperatury około 2°C. Od tego momentu następuje cykliczne powtórzenie wyżej opisanego procesu.

EFEKTYWNA ENERGETYCZNIE PRODUKCJA ENERGII CHŁODNICZEJ NA POTRZEBY CENTRALNEJ KLIMATYZACJI KWK „Pniówek”

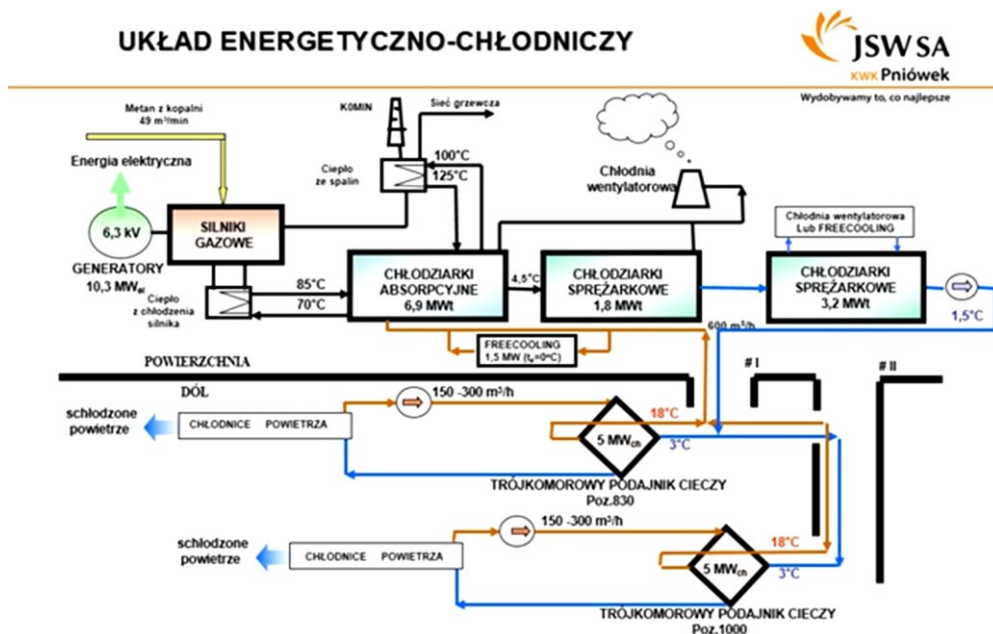
Rosnące możliwości związane z energetycznym wykorzystaniem gazu pochodzącego z odmetanowania kopalni, a przede wszystkim rozwój systemów tzw. kogeneracyjnych (produkujących energię elektryczną i ciepłą jednocześnie) i konieczność zwiększenia zagospodarowania mieszanki gazowo-powietrznej ujmowanej w kopalnianej stacji odmetanowania zdecydowały o budowie skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego na terenie kopalni „Pniówek”. Tzw. układ trój-generacyjny produkuje w skojarzeniu energię elektryczną, ciepłą a w ostatnim etapie na bazie energii ciepłej produkuje energię chłodniczą. Zapotrzebowanie na energię chłodniczą na dole kopalni szczególnie w okresie letnim wpłynęło na to, że od początku stworzono tzw. skojarzony układ energetyczno-chłodniczy (w skrócie SUECh). Skojarzony układ energetyczno-chłodniczy został oparty na silnikach gazowych i generatorach energii elektrycznej oraz chłodziarkach absorpcyjnych i sprężarkowych.

Inwestorem i właścicielem części powierzchniowej układu oraz dostawcą energii chłodniczej do kopalni została ówczesna Spółka Energetyczna Jastrzębie S.A. (obecnie pod nazwą PGNiG Termika-Energetyka Przemysłowa), natomiast inwestorem części podziemnej instalacji klimatyzacyjnej i jej eksploatacją została kopalnia „Pniówek”.

Kolejne lata eksploatacji kopalni „Pniówek” a przede wszystkim większe niż projektowano zapotrzebowanie na moc chłodniczą rejonów eksploatacyjnych dynamicznie zmieniały potrzeby na energię chłodniczą. Poniżej przedstawiamy kolejne główne etapy rozwoju centralnej klimatyzacji kopalni „Pniówek” (rys. 2):

2000 rok uruchomienie następujących elementów układu:

- dwa silniki gazowe firmy DEUTZ ENERGY GmbH typu TBG 632V16 z generatorami elektrycznymi firmy A.Van Kaick o mocy elektrycznej 2 x 3,2 MW,
- dwie linie chłodnicze o mocy chłodniczej 2 x 2,5 MW w skład każdej linii chłodniczej wchodzi:
 - chłodziarka absorpcyjna bromkowo-litowa ciepłowodna firmy YORK typu YIA HW 3B3 zasilana ciepłem uzyskanym z chłodzenia silników o parametrach 85/70°C,
 - chłodziarka absorpcyjna bromkowo-litowa gorącowodna firmy YORK typu YIA HW 6C4 zasilana ciepłem uzyskanym ze spalin z silników o parametrach 125/100°C,
 - chłodziarka sprężarkowa amoniakalna firmy YORK typu YLC 717 SE-SD 64 WCOG,
- trójkomorowy hydrostatyczny podajnik cieczy firmy SIEMAG typ DRKA 200.



Rys. 2 Schemat skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego w kopalni „Pniówek”

w 2007 roku rozbudowano powierzchniową część układu o:

- trzeci silnik gazowy DEUTZ ENERGY GmbH typu TCG 2032V16 z generatorem elektrycznym firmy A.Van Kaick o mocy elektrycznej 3,9 MW,
- instalację tzw. „FREE COOLING” z chłodnicami glikolu typu DFCV/S9026-S616B o mocy chłodniczej 1,5 MW dla $t_0 = 0^\circ\text{C}$.

w 2008 roku dobudowano trzecią linię chłodniczą o mocy chłodniczej 2,5 MW w skład której wchodzi:

- chłodziarka absorpcyjna bromkowo-litową firmy Broad typu BDH 700,
- chłodziarka absorpcyjna bromkowo-litową firmy Broad typu BDH 1663,
- chłodziarka sprężarkowa amoniakalna firmy Grasso RT GmbH PB-2B.

w 2009 roku rozbudowano dołową część układu o:

- trójkomorowy hydrostatyczny podajnik cieczy firmy SIEMAG typ P.E.S DN250

rok 2010 rozbudowa powierzchniowej część układu:

- budowa czwartego etapu chłodniczego zwiększający moc chłodniczą o 2 x 1,66 MW (chłodziarki sprężarkowe firmy Grasso) wraz z układem tzw „mokrego FREE-COOLING-u”.

rok 2013:

- uzyskanie przepływu wody lodowej na poziomie $600\text{ m}^3/\text{h}$ a tym samym mocy chłodniczej 10 MW.

Obecnie skojarzony układ energetyczno-chłodniczy na potrzeby centralnej klimatyzacji charakteryzuje:

- moc elektryczna: 10,3 MW,
- moc cieplna: 11,2 MW,
- moc chłodnicza: 10,7 MW,

Wytworzona energia elektryczna ponad potrzeby własne układu SUECh kierowana jest do układu elektroenergetycznego kopalni, natomiast ciepło z chłodzenia silnika i ze spalin wykorzystywane jest w pierwszej kolejności jako energia napędowa w chłodziarkach absorpcyjnych a jej nadmiar kierowany do kopalnianej sieci ciepłowniczej. Podczas postoju silnika gazowej chłodziarki absorpcyjne mogą być zasilane ciepłem dostarczonym z ciepłowni „Pniówek”. W razie awarii jednej z chłodziarek medium chłodnicze można skierować do obejścia, omijając uszkodzoną chłodziarkę, dzięki czemu instalacja może być nadal eksploatowana z ograniczoną mocą chłodniczą. Medium chłodnicze w instalacji klimatyzacji wyrobisk dołowych stanowi woda lodowa kolejno schładzana:

- w chłodziarce absorpcyjnej ciepłowodnej z temperatury 18°C do 14,5°C,
- w chłodziarce absorpcyjnej gorącowodnej z temperatury 14,5°C do 4,5°C,
- w chłodziarce sprężarkowej śrubowej amoniakalnej z temperatury 4,5°C do około 2°C.

W okresach jesienno-zimowych gdy temperatura wody powracającej z dołu kopalni jest wyższa od temperatury powietrza atmosferycznego załączana jest instalacja tzw. „FREECOOLING”. Wtedy woda chłodnicza rozdzielana jest przez odpowiedni stopień otwarcia zaworu regulacyjnego na strumień płynący bezpośrednio na bloki agregatów absorpcyjnych i na strumień płynący do instalacji „freecooling”. Woda w tym układzie chłodzona jest glikolem. Natomiast sam glikol jest chłodzony w chłodnicach wentylatorowych powietrzem atmosferycznym. Ilość wentylatorów załączonych w chłodnicy zależy od temperatury glikolu wpływającego z chłodnicy. SUECh posiada obecnie dwa typy układu wspomaganie chłodzenia typu „freecooling”, pierwszy typ tzw. „suchy” może wstępnie schłodzić 150 m³/h wody lodowej powracającej z dołu kopalni, natomiast drugi typ tzw. „mokry” potrafi w 100% zastąpić przy odpowiedniej temperaturze atmosfery jedną chłodziarkę sprężarkową o mocy chłodniczej 1,66 MW.

Tak schłodzona woda lodowa kierowana jest za pomocą pomp obiegowych wody chłodniczej do części dołowej skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego.

ZARZĄDZANIE ENERGIĄ CHŁODNICZĄ DOŁOWEJ CZĘŚCI CENTRALNEJ KLIMATYZACJI

Woda lodowa w ilości 600 m³/h oraz o temperaturze około 2°C trafia izolowanym rurociągiem DN 300 do szybu Ludwik a następnie dostaje się do dołowej części

centralnej klimatyzacji czyli do dwóch komór z trójkomorowymi podajnikami cieczy (firmy SIEMAG TECBERG):

- dla poziomu 830 do trójkomorowego podajnika cieczy typu DRKA 200 zlokalizowanego w chodniku transportowym II (-853m).
- dla poziomu 1000 do trójkomorowego podajnika cieczy typu PES 250 zlokalizowanego w komorze urządzeń klimatyzacyjnych poziomu 1000.

Powyższe podajniki trójkomorowe przede wszystkim służą do redukcji ciśnienia wody z wielkości wynikającej z wysokości słupa wody (między 10-12 MPa) w rurociągu prowadzonym z powierzchni do wielkości ciśnienia występującego w sieci dołowej (maks. 4,0 MPa).

Trójkomorowe hydrostatyczne podajniki cieczy na poziomie 830 i na poziomie 1000 pracują w układzie równoległym z odpowiednim podziałem mocy chłodniczej wynikającym z zapotrzebowania na moc chłodniczą na poziomach. Obecnie większe obciążenie posiada podajnik na poziomie 1000 i transportuje na partie zagrożone klimatycznie około 60% mocy chłodniczej. Zainstalowane w dołowej części klimatyzacji kopalni „Pniówek” podajniki cieczy charakteryzują się bardzo dużą efektywnością energetyczną, ponieważ ich podstawową cechą techniczną jest wykorzystanie fizycznej zasady naczyń połączonych (paradoksu hydrostatycznego), zatem przy przepływie wody lodowej poprzez podajniki typu DRKA czy P.E.S. do pokonania są wyłącznie straty ciśnienia w rurociągach obiegu pierwotnego i armaturze przy czym nie potrzebna jest dodatkowa energia na pokonanie różnicy wysokości między dołem a powierzchnią kopalni (woda lodowa o wysokim ciśnieniu wypycha na powierzchnię ogrzaną wodę z obiegu wtórnego o niższym ciśnieniu). Taki system znacznie obniża koszty energii na transport wody lodowej, ponieważ brak jest dodatkowych układów pompowych do transportu wody na powierzchnię a jednocześnie zapewniona jest ciągłość pracy całego układu. Natomiast przepływy wody lodowej w zamkniętym obiegu dołowym wymuszają pompy obiegowe dla poziomu 830 typu OWH200/3 a dla poziomu 1000 typu OW200/4.

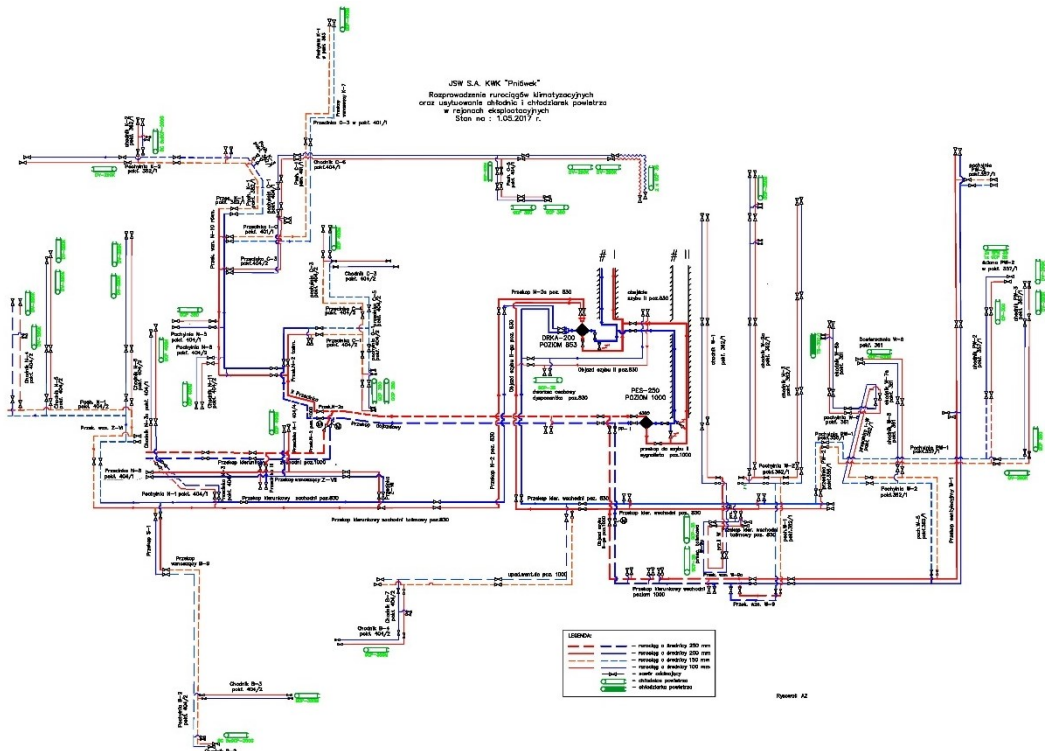
Temperatury na wylocie z podajników cieczy w kierunku obiegu wtórnego jest uzależniona od pory roku (różne temperatury powietrza wentylacyjnego w szybie Ludwik) i wynosi od 3-5°C. Obieg wtórny stanowi sieć rurociągów zasilających (izolowanych) i powrotnych (nie izolowanych) o następujących średnicach:

- DN 250, 200 w przekopach głównych,
- DN 150 w przekopach kierunkowych,
- DN100 w wyrobiskach eksploatacyjnych.

Powyższe rurociągi zasilają w wodę lodową chłodnice powietrza w miejscach z zagrożeniem klimatycznym o parametrach zależnych od odległości danej chłodnicy do trójkomorowego podajnika cieczy. Zakres temperatur wody lodowej kształtuje się od 4 do 7°C na zasilaniu, a na powrocie z chłodnic od 12 do 18,5°C.

Obecnie kopalnia „Pniówek” dysponuje następującymi typami chłodziń (rys. 3, stan kwiecień 2017):

- DV-290K (20 szt.),
- CP-300 (1 szt.),
- GCP 350 (8 szt.),
- GCP 350M (4 szt.),
- GCP 400M (10 szt.),
- 6xGCP 200G (2 kpl. tzw. baterii chłodniczych),
- RK-450 (2 szt.)
- Chłodzińce ścienne GCP 35(10 szt.), SCP-35 (4 szt.), SPK 35 (3 szt.).



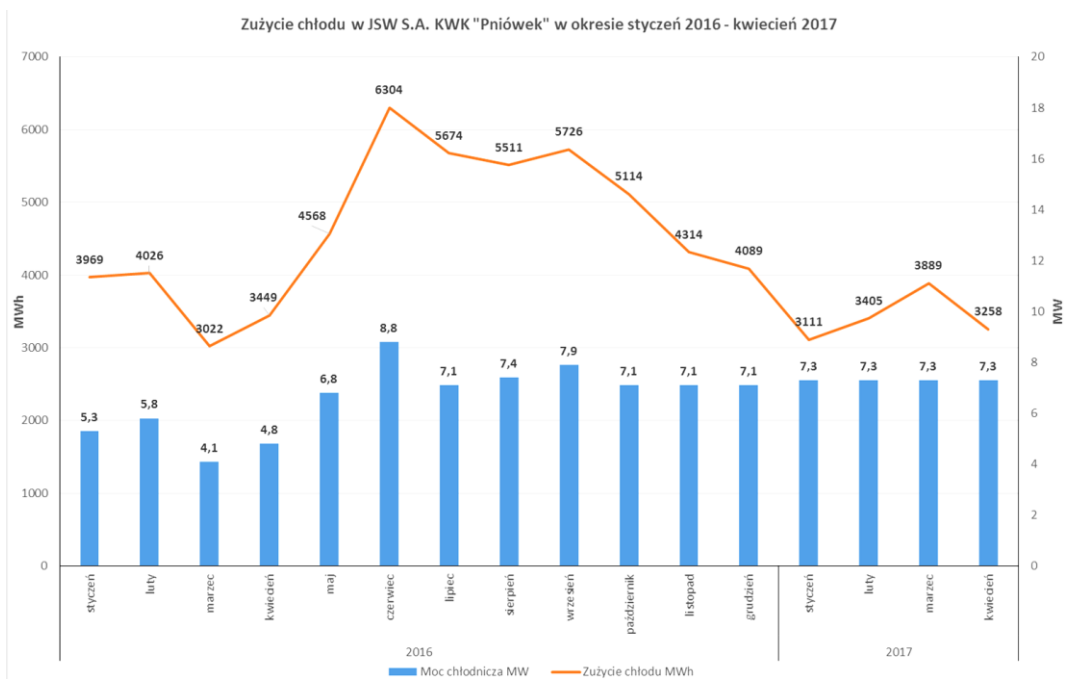
Rys. 3 Rozprowadzenie rurociągów klimatyzacyjnych oraz usytuowanie chłodziń powietrza w rejonach eksploatacyjnych

Zarządzaniem dołowej części centralnej klimatyzacji zajmują się oddział Klimatyzacyjny (W-3) bezpośrednio podległy Kierownikowi Działu Wentylacji. Dozór oddziału W-3 jest odpowiedzialny nie tylko za instalacje i przebudowy chłodziń powietrza w odpowiednich miejscach, gdzie występują zagrożonych klimatycznie, ale również odpowiada za ciągłą pracę trójkomorowych podajników cieczy. Ponadto prowadzi prace konserwacyjne chłodziń powietrza i monitoruje efektywność pracy

poszczególnych chłodziń w oparciu o wyniki pomiarów sporządzonych przez pomiarowców działu TW. Na podstawie analizy skuteczności pracy poszczególnych chłodziń poniżej przykładowe sprawności osiągnięte przez te urządzenia do zwalczania zagrożenia klimatycznego (dane 1 kwartał 2017):

- chłodziń powietrza typu DV-290K (10 sztuk), w zakresie od 68,1% do 99,3% (średnio 87,4%),
- chłodziń powietrza typu CP-300 (1 sztuka) 94,8%,
- chłodziń powietrza typu GCP 350 (5 sztuk), w zakresie 59,4% do 97,3%, (średnio 85,9%),
- chłodziń powietrza typu GCP 350M (3 sztuki), w zakresie od 70,8% do 91,4% (średnio 80,4%),
- chłodziń powietrza typu GCP 400M (4 sztuki), w zakresie od 60,6% do 86,9% (średnio 76,9%),
- chłodziń powietrza typu GCP 35 (1 sztuka) 91,4%,
- chłodziń powietrza typu SPK 35 (2 sztuki), średnio 95,1%,

Powyższe chłodziń schładzają powietrze przez nie przepływające w zakresie od 6 do 12°C w ilości od 60 do 600 m³/min. W momencie schładzania ciepłego wilgotnego powietrza przez chłodziń następuje kondensacja pary wodnej zawartej w tym powietrzu (występuje tzw. punkt Rosy), efektem czego jest poprawa jakości powietrza poprzez obniżenie jego wilgotności na wyjściu z chłodziń (rys. 4).



Rys. 4 Zużycie chłodu w JSW S.A. KWK "Pniówek" w okresie styczeń 2016 – kwiecień 2017

WNIOSKI

Brak efektywnego zarządzania produkcją i dystrybucją energii chłodniczej uniemożliwiłby eksploatację pokładów węgla o dużym zagrożeniu klimatycznym jakie występuje w kopalni „Pniówek”. Wcześniej stosowane w górnictwie dołowe urządzenia do produkcji wody lodowej (w układach grupowych lub bezpośredniego działania) nie byłyby w stanie zapewnić odpowiedniej mocy chłodniczej i ilości wody lodowej jaka jest niezbędna do poprawy jakości powietrza w rejonach o dużym zagrożeniu klimatycznym (układy od 4 MW mocy chłodniczej). Centralna klimatyzacja z produkcją wody lodowej na powierzchni umożliwia rozbudowę mocy chłodniczych bez ingerencji bezpośredniej w dół kopalni. Ponadto w układach z agregatami chłodniczymi zabudowanymi na dole, w wyniku zwiększonych temperatur powietrza wentylacyjnego następuje znaczący wzrost poboru mocy elektrycznej ich napędów powodując dodatkowy pobór energii elektrycznej przez zabudowane na powierzchni „chillery” oraz wieże chłodnicze w układzie wody chłodzącej. Kolejnymi atutami układu centralnej klimatyzacji to możliwość wykorzystania ciepła odpadowego silników gazowych (metanowych) w chłodziarkach absorbcyjnych a także wykorzystanie instalacji typu „freecooling” (wstępne chłodzenie z wykorzystaniem powietrza atmosferycznego).

Eksploatowana od 2000 roku centralna klimatyzacja pracująca w skojarzonym układzie energetyczno-chłodniczym umożliwia zatem efektywną walkę z zagrożeniem klimatycznym, wykorzystując pośrednio w tej walce naturalnie pojawiający się podczas eksploatacji metan. Ponadto tak skojarzona produkcja trzech nośników energii znacząco obniża koszty produkcji zakładu i ogranicza emisję metanu do atmosfery.

LITERATURA

1. Szlązak, N.: Metody klimatyzacji wyrobisk górniczych, AGH Kraków, Górnictwo i Geologia 2013 tom 8, zeszyt 3
2. Szlązak N., Tor A., Jakubów A.: Metody zwalczania zagrożenia temperaturowego w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Wyd. PAN IGSM, Kraków 2006.
3. Szlązak N., Obracaj D., Borowski M.: Efektywność chłodzenia powietrza w rejonach eksploatacyjnych w oparciu o centralną klimatyzację. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2002. Szczyrk. 18-22 lutego 2002. T. 2. Wyd. IGSMiE PAN. 2002. s. 1087-1099.
4. Szlązak N., Obracaj D., Borowski M.: 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. 2001, s. 197-206.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2018

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2018

EFEKTYWNE ENERGETYCZNIE WYKORZYSTANIE UJĘTEGO METANU W JSW S.A. KWK „Pniówek”

Streszczenie: *Efektywne wykorzystanie ujmowanego w JSW S.A. KWK „Pniówek” metanu przynosi wymierne korzyści energetyczne, ekonomiczne i ekologiczne. Artykuł opisuje prawie dwudziestoletnie doświadczenie w funkcjonowaniu skojarzonego układu energetyczno-chłodniczego, w którym naturalne zagrożenie klimatyczne jest zwalczane ujmowanym odmetanowaniem gazem będącym podstawą do produkcji nośników energii. W artykule zawarto: charakterystykę zagrożenia klimatycznego w kopalni „Pniówek”; koncepcję centralnej klimatyzacji w kopalni „Pniówek”; opis efektywnej energetycznie produkcji energii chłodniczej na potrzeby centralnej klimatyzacji „Pniówek”; doświadczenia z zarządzania energią chłodniczą dołowej części centralnej klimatyzacji.*

Słowa kluczowe: *klimatyzacja centralna, metan, efektywność energetyczna, poligeneracja, produkcja energii w skojarzeniu*

ENERGY-EFFICIENT UTILIZATION OF THE CAPTURED METHANE IN COAL MINE JSW S.A. KWK "Pniówek"

Abstract: *Effective use of captured methane in coal mine JSW KWK "Pniówek" brings measurable energy, economic and ecological benefits. The article describes almost twenty years of experience in the operation of a combined energy and cooling system, in which the natural climate threat is combated with the captured demethanation gas that is the basis for the production of energy carriers. The article includes: the characteristics of the climatic hazard in the "Pniówek" mine; the concept of central air conditioning in the "Pniówek" mine; description of energy-efficient cooling energy production for the central air-conditioning system of the mine; experience in cooling energy management in the underground part of central air conditioning system.*

Key words: *central air conditioning system, methane, energy efficiency, polygeneration, energy production in combination, CCHP*

mgr inż. Marcin Płoneczka

JSW S.A. KWK "Pniówek"

ul. Krucza 18, 43-251 Pawłowice, Polska