

W systemach klimatyzacji kopalń podziemnych efekt klimatyzacji zależy w znaczący sposób od przesyłu energii chłodniczej. Specyfika kopalń powoduje, że w praktyce nie uniknie się znacznych odległości (długich rurociągów wody lodowej) pomiędzy agregatami chłodniczymi a miejscem odbioru zimna i w związku z tym powstaną straty energii. W artykule zamieszczony jest model obliczeniowy procesów wymiany ciepła pomiędzy powietrzem oraz wodą lodową, cyrkulującą w sieci rurociągów. Dla różnych rodzajów przewodów o długości 1000 m wykonano analizę wpływu parametrów klimatycznych powietrza oraz budowy i izolacyjności cieplnej rur na wielkość strat przesyłanej mocy chłodniczej. W celu oceny efektywności przesyłania mocy chłodniczej w rozbudowanej długiej sieci wodnej zdefiniowano i przedstawiono zależności opisujące sprawność termiczną rurociągu zasilającego i powrotnego. Analizę oparto na przykładowej, rzeczywistej sieci rurociągów klimatyzacji w kopalni miedzi. Dla czterech wariantów budowy rurociągów (z rurami preizolowanymi lub bez izolacji, o różnych grubościach warstw) wykonano prognozę dotyczącą zmiany temperatury wody lodowej, straty mocy chłodniczej i ocenę sprawności termicznej rurociągów.

W kopalniach podziemnych, zarówno w Polsce jak i w innych krajach, można zaobserwować wzrost zagrożenia klimatycznego. Głównymi przyczynami są coraz większe głębokości zalegania złoża oraz stosowanie maszyn napędzanych wysokoprężnymi silnikami spalinowymi emitującymi ciepło i spaliny. Podstawowym kierunkiem działania prowadzącym do uzyskania korzystnych parametrów klimatycznych, odpowiadających wymogom fizjologicznym organizmu człowieka oraz spełniających wymagania przepisów i norm jest przewietrzanie i klimatyzowanie chodników i wyrobisk.

Nowoczesne systemy klimatyzacji kopalń, o zapotrzebowaniu na moc chłodniczą powyżej 5 MW, wykonywane są najczęściej jako układy z centralną stacją agregatów chłodniczych na powierzchni ziemi, rurociągami w szybie i w poziomych chodnikach kopalnianych oraz z chłodnicami powietrza w rejonach robót [1, 2].

Na efektywność klimatyzacji centralnej w kopalni, obok sprawności procesu ziębniczego w agregatach oraz skuteczności chłodzenia i odwilżenia w chłodnicach powietrza, w sposób znaczący wpływa rozwiązanie transportu wody lodowej w rurociągach dołowych. Wysoka temperatura powietrza w wyrobiskach na trasie rurociągów oraz znaczna długość rurociągów, nawet powyżej 7000 m, powodują niekorzystny wzrost temperatury wody lodowej i straty wydajności chłodniczej na trasie rurociągu.

Procesy cieplne w wyrobiskach z rurociągami wody lodowej

Różnica temperatury między powietrzem w wyrobisku a wodą chłodniczą płynącą rurociągami klimatyzacji powoduje przepływ ciepła przez ścianki rurociągu (schemat na rysunku 1). Następstwem procesu wymiany ciepła od powietrza do wody chłodniczej jest:

- wzrost temperatury przepływającej wody chłodniczej,
- zmiana entalpii właściwej powietrza kopalnianego (zmiana temperatury i wilgotności),
- ewentualnie wykraplanie wilgoci na powierzchni rurociągu

(...)

Sprawność przesyłu energii chłodniczej długimi rurociągami wody lodowej.

Autor: Sławomir GAJOSIŃSKI, Zbigniew KRÓLICKI
Czwartek, 05 Lipiec 2007 03:00

Intensywność wymiany ciepła pomiędzy powietrzem kopalnianym i wodą chłodniczą w rurociągach klimatyzacji determinują:

- parametry wentylacyjno-klimatyczne powietrza, a w szczególności temperatura, wilgotność, ciśnienie barometryczne i prędkość przepływu powietrza w wyrobisku,
 - temperatura i prędkość przepływu wody chłodniczej w rurociągu,
 - budowa rurociągu, a w szczególności grubości oraz opory cieplne poszczególnych warstw rurociągu,
 - jakość wykonania rurociągu, a w szczególności jakość wykonania połączeń i ich zaizolowania, występowanie dodatkowych niekorzystnych mostków cieplnych pomiędzy wewnętrzną rurą przewodową i zewnętrzną rurą osłonową, oraz ewentualne uszkodzenia rurociągu.
- (...)

Ocena sprawności termicznej rurociągów wody chłodniczej

Wykorzystując zależności matematyczne od (1) do (6), charakteryzujące procesy cieplne zachodzące pomiędzy powietrzem i wodą chłodniczą, przeprowadzono analizę działania sieci długich rurociągów klimatyzacji, w przykładowych warunkach kopalni podziemnej. Na rysunku 6 przedstawiono przyjęty do analizy, odpowiadający rzeczywistości, schemat wyrobisk górniczych z rurociągiem zasilającym (kierunek zaznaczono kolorem niebieskim) oraz rurociągiem powrotnym wody chłodniczej. Na rysunku 6 zamieszczono wartości długości poszczególnych odcinków wyrobisk (długości rurociągów w tych wyrobiskach), temperaturę powietrza na termometrze suchym i wilgotnym w tych wyrobiskach oraz rodzaj rurociągu zabudowanego zgodnie z projektem technicznym.

Wykonana w praktyce sieć wodna do klimatyzacji w kopalni bazuje na rurach preizolowanych i zwykłych polietylenowych:

- PE-ST-PU-PE 300/400 o średnicy DN 300 i grubości izolacji poliuretanowej 31,8 mm,
- PE-ST-PU-PE 300/450 o średnicy DN 300 i grubości izolacji poliuretanowej 56,8 mm,
- PE-PU-PE 250/400 o średnicy DN 250 i grubości izolacji poliuretanowej 36,2 mm,
- PE-PU-PE 200/280 o średnicy DN 200 i grubości izolacji poliuretanowej 30,0 mm,
- PE 300/355 o średnicy nominalnej DN 300, bez izolacji,
- PE 250/315 o średnicy nominalnej DN 250, bez izolacji,
- PE 200/250 o średnicy nominalnej DN 200, bez izolacji.

Do analizy efektywności działania sieci rurociągów zgodnie ze schematem rys 6 przyjęto następujące założenia:

- temperatura wody chłodniczej na początku rurociągu zasilającego (temperatura wody za węzłem hydraulicznym w punkcie P) wynosi $3,5^{\circ}\text{C}$,
- temperatura wody chłodniczej na odpływie z chłodnic powietrza (punkt K) w rejonach robót wynosi $17,5^{\circ}\text{C}$,
- strumień wody cyrkulującej w obiegu klimatyzacji wynosi $260\text{ m}^3/\text{h}$,

- parametry izolacyjne rurociągu są zależne wyłącznie od rodzaju zastosowanych do budowy sieci rur, miejsca połączeń są bardzo dobrze zaizolowane łupkami poliuretanowymi, nie ma niekorzystnych mostków cieplnych.

Podstawowe wytyczne dla projektantów

Wielkości mocy chłodniczych, uzyskiwanych przez systemy klimatyzacji w górnictwie (nawet ponad 15 MW) oraz znaczne długości rurociągów wody lodowej poprowadzonych w wyrobiskach z wysoką temperaturą powietrza, powodują, że zagadnienia techniczne związane z przesyłem energii chłodniczej mają istotne znaczenie w ogólnej sprawności i efektywności klimatyzacji. Przyjmując schemat sieci rurociągów dołowych jak na rys. 6 w artykule oraz współczynnik wydajności $COP=2,5$ stacji agregatów o wydajności 5,3 MW na powierzchni ziemi, ocenia się, że moc napędu zużywana tylko na kompensację strat przesyłu wyniesie ponad 450 kW, przy dobrej izolacji rurociągu. W skrajnym przypadku, gdy rurociąg zasilający wody lodowej zostanie wykonany bez izolacji, bezproduktywna moc napędowa wynosi aż 1 MW.

Przeprowadzone analizy obliczeniowe, których wyniki przedstawiono w artykule, oraz specyfika kopalń i warunki prowadzenia prac instalacyjno-budowlanych w wyrobiskach, umożliwiły określenie wytycznych dla projektantów podobnych systemów. Podstawowe wytyczne można przedstawić następująco:

- do przesyłu wody lodowej w wyrobiskach należy stosować izolowane rurociągi zasilające, przy czym grubość warstwy izolacyjnej w rurociągu zasilającym powinna kształtować się w granicach 20 do 40 mm,
- grubość ścianki rury przewodowej w izolowanym rurociągu zasilającym może wynosić do 10 mm, natomiast w przypadku konieczności dostosowania rurociągu do wyższych ciśnień skuteczne będzie wzmocnienie warstwą stalową,
- jako powrotny dopuszczalny jest rurociąg z tworzywa sztucznego PE, w przypadku możliwości wyboru wskazane jest wykorzystanie rur o większej grubości ścianki, nawet powyżej 40 mm,
- rurociąg zasilający powinien być wykonany z rur preizolowanych, z uwagi na wysoką skuteczność takiej izolacji oraz na pewne uciążliwości w wykonywaniu prac izolacyjnych w wyrobiskach kopalń,
- rurociągi wody lodowej do celów klimatyzacji powinny zostać poprowadzone w wyrobiskach, gdzie ograniczony będzie wpływ czynników intensyfikujących wymianę ciepła z chłodniejszym elementem, (tj. należy wybrać wyrobiska z mniejszą prędkością przepływu powietrza i z niższą temperaturą),
- należy dążyć do uzyskania bardzo wysokiej jakości wykonania rurociągów, z dokładnym zaizolowaniem połączeń technologicznych oraz z uniknięciem mostków cieplnych i dobrym zabezpieczeniem przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Ze względu na konieczność uzyskania optymalnych ekonomicznie rozwiązań w kosztownych systemach klimatyzacji kopalń, niezbędne jest przeprowadzanie, w każdym indywidualnym przypadku, szczegółowych obliczeń parametrów działania sieci przesyłu wody lodowej. Przedstawiony w artykule algorytm obliczeniowy procesów cieplnych umożliwia prognozowanie

Sprawność przesyłu energii chłodniczej długimi rurociągami wody lodowej.

Autor: Sławomir GAJOSIŃSKI, Zbigniew KRÓLICKI
Czwartek, 05 Lipiec 2007 03:00

temperatury wody oraz prognozowanie użytecznej mocy chłodniczej netto, jaka może zostać efektywnie wykorzystana do schładzania powietrza. Do kompleksowej oceny projektowanego systemu przesyłu, w rzeczywistych warunkach obiektowych, celowe będzie wykorzystanie zaproponowanego współczynnika sprawności termicznej rurociągu klimatyzacji (zasilającego, powrotnego oraz ogólnego całej sieci). Prognoza i ocena sprawności termicznej przesyłu energii chłodniczej będzie jednym z podstawowych kryteriów w wyborze określonego typu rur z szerokiego typoszeregu, oferowanego przez różnych producentów.

wydanie 6/2007

CZYTAJ CAŁOŚĆ, ZAMÓW PRENUMERATĘ:

[TRADYCYJNA](#)

[E-WYDANIE](#)