ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: GÓRNICTWO z. 261 Nr kol. 1650

Józef KNECHTEL
Główny Instytut Górnictwa, Katowice

PRÓBA OKREŚLENIA WPŁYWU TEMPERATURY PIERWOTNEJ SKAŁ NA WIELKOŚĆ STRUMIENIA WILGOCI WNIKAJĄCEJ DO POWIETRZA KOPALNIANEGO NA PODSTAWIE WYNIKÓW POMIARÓW DOŁOWYCH

Streszczenie. Korzystając z posiadanej bazy pomiarowej dotyczącej około 300 wyrobisk górniczych wyprowadzono empiryczne wzory na jednostkowy strumień wilgoci wnikającej do powietrza kopalnianego w funkcji temperatury pierwotnej skał. Badając współczynniki korelacji otrzymanych zależności przyjęto dla chodników podścianowych z odstawą urobku zależność liniową, natomiast dla ścian eksploatacyjnych i drążonych wyrobisk z wentylacją lutniową przyjęto potęgową zależność wymienionego strumienia wilgoci od temperatury pierwotnej skał.

AN ATTEMPT TO DETERMINE THE CORRELATION BETWEEN VIRGIN TEMPERATURE OF ROCKS AND INTENSITY OF HUMIDITY STREAM FLOWING INTO VENTILATING AIR STREAM ON THE BASIS OF UNDERGROUND MEASUREMENT RESULTS

Summary. Basing on about 300 records measurement data base the empirical formulas were derived linking the temperature of rocks surrounding underground workings and the intensity of humidity stream introduced into air stream. For fresh air longwall gates with haulage installation a linear formula was adopted, whereas for longwalls proper and for driven workings with auxiliary ventilation an exponential relationship was assumed, basing on correlation coefficients values.

1. Wstęp

Na warunki klimatyczne w wyrobisku górniczym największy wpływ mają górotwór oraz źródła ciepła i wilgoci, działające wzdłuż trasy wyrobiska. Strumienie ciepła i masy przenoszone do powietrza kopalnianego z otaczającego masywu skalnego zostały określone z

wystarczającą dla praktyki dokładnością [2, 3, 4, 8, 9, 10]. Również ciepło pochodzące od lokalnych źródeł działających wzdłuż trasy wyrobiska zostało dość dokładnie określone na podstawie pomiarów w istniejących wyrobiskach górniczych [9]. Problem natomiast występuje, gdy chcemy określić wpływ wilgoci na warunki klimatyczne w wyrobisku. Wilgoć pochodząca od procesów technologicznych jest o rząd wielkości (a w ścianach eksploatacyjnych o dwa rzędy wielkości) wyższa od wilgoci pochodzącej z otaczających skał. Trudno jest ocenić, jaka część wilgoci pochodzącej od procesów technologicznych jest wchłaniana przez powietrze kopalniane, a jaka część jest odprowadzana z wyrobiska w inny sposób. Wydaje się, że najlepszym rozwiązaniem jest wyprowadzenie odnośnych wzorów na przyrost zawilżenia powietrza w wyrobisku na podstawie pomiarów „in situ". Prace nad wyprowadzeniem wzorów na przyrost stopnia zawilżenia powietrza w wyrobisku prowadzono w Zakładzie Aerologii Górniczej GIG. Między innymi w pracy [5] podano empiryczny wzór na przyrost stopnia zawilżenia powietrza w ścianie eksploatacyjnej, zaś w pracy [6] analogiczny wzór w odniesieniu do chodników podścianowych z odstawą urobku. Ze wzorów tych wynika, że zawilżenie powietrza kopalnianego zależy od wielu czynników, jak: temperatury pierwotnej skał – t_{pg}, długości wyrobiska – L, masy transportowanego urobku – m_w, intensywności przewietrzania wyrobiska – V, temperatury powietrza w wyrobisku – t_d.

W praktyce kopalnianej często zachodzi potrzeba wykonania prognoz klimatycznych dla wyrobisk projektowanych, o których tylko wiadomo, gdzie będą prowadzone (tzn. znana jest temperatura pierwotna skał otaczających). Nie są natomiast znane takie parametry, jak: wielkość wydobycia, intensywność przewietrzania, temperatura powietrza dopływającego do wyrobiska. Niniejsza praca jest próbą określenia strumienia wilgoci wnikającego do powietrza kopalnianego, gdy ww. parametry nie są znane.

2. Wpływ temperatury pierwotnej skał na zawilżenie powietrza kopalnianego

Korzystając z bogatej bazy pomiarowej postanowiono wyprowadzić wzory pozwalające określić jednostkowy strumień wilgoci wchłaniany przez powietrze kopalniane w zależności od temperatury pierwotnej skał. Będący do dyspozycji materiał pomiarowy podzielono na trzy klasy:

- drążone wyrobiska z wentylacją lutniową – 36 sztuk,

- chodniki podścianowe z odstawą urobku – 62 sztuki,
- ściany eksploatacyjne – 177 sztuk.

Dane pomiarowe zestawiono w odpowiedniej bazie danych w tablicach, osobno dla drążonych wyrobisk z wentylacją lutniową, chodników podścianowych z odstawą urobku oraz dla ścian eksploatacyjnych. Ze względu na ograniczenia redakcyjne w niniejszym artykule pełnych tablic tej bazy nie podaje się. W kolejnych kolumnach bazy gromadzono informacje dotyczące: długości wyrobiska L (m), temperatury pierwotnej skał t_{pg} (^{0}C), temperatury powietrza mierzonej termometrami suchym t_d (^{0}C) i wilgotnym $t_{d\varphi}$ (^{0}C) w przekroju dopływu t_w (^{0}C) oraz w przekroju wypływu $t_{w\varphi}$(^{0}C), ciśnienia barometrycznego w przekroju dopływu p_d (Pa) oraz wypływu p_w (Pa), strumienia objętości powietrza płynącego wyrobiskiem V (m^3/s), a w odniesieniu do wyrobisk ślepych podano również parametry powietrza w strefie przodkowej: t_{sp} (^{0}C), $t_{sp\varphi}$(^{0}C), V_{sp} (m^3/s). W kolejnych kolumnach bazy danych podano: wartość stopnia zawilżenia powietrza w przekrojach dopływu X_d i wypływu X_w, a w przypadku wyrobisk ślepych również w strefie przodkowej X_{sp}, przyrost stopnia zawilżenia powietrza ΔX (g pary/kg powietrza suchego), jednostkowy przyrost stopnia zawilżenia powietrza przypadający na 1 m wyrobiska ΔX_L (mg/m·kg powietrza suchego), jednostkowy strumień wilgoci wnikający do powietrza kopalnianego m_{hL} (mg/s·m).

Nadmienić należy, że stopień zawilżenia powietrza w przekrojach dopływu – X_d oraz w przekrojach wypływu powietrza z chodnika (lub ściany) - X_w (a w drążonych wyrobiskach z wentylacją lutniową również w strefie przodkowej – X_{sp}) na podstawie wyników pomiarów „in situ" wyznaczono korzystając z powszechnie znanych w aerologii górniczej wzorów [1]:

$$p_p = 610{,}5 \cdot \exp\left(\frac{17{,}27 \cdot t_\varphi}{237{,}3 + t_\varphi}\right) - 0{,}000644 \cdot p \cdot (t - t_\varphi), \tag{1}$$

$$X = 0{,}622 \frac{p_p}{p - p_p}, \tag{2}$$

w których:

t - temperatura powietrza mierzona termometrem suchym, ^{0}C,

t_φ - temperatura powietrza mierzona termometrem wilgotnym, ^{0}C,

p - ciśnienie całkowite powietrza, Pa,

p_p - ciśnienie cząstkowe pary wodnej zawartej w powietrzu kopalnianym, Pa,

X - stopień zawilżenia powietrza, kg pary/kg powietrza suchego.

Jednostkowy strumień masy wilgoci m_{hL} wnikający do powietrza kopalnianego określono natomiast za pomocą wzoru:

$$m_{hL} = \frac{(X_w - X_d) \cdot \rho \cdot V}{L \cdot (1 + X_d)}, \tag{3}$$

w którym:

L – długość wyrobiska, m,

ρ – średnia gęstość powietrza, kg/m^3,

V – strumień objętości powietrza płynącego wyrobiskiem, m^3/s.

Korzystając ze znanej metody najmniejszych kwadratów [11] wyznaczono współczynniki równania określającego zmiany jednostkowego strumienia wilgoci wnikającego do powietrza kopalnianego w zależności od temperatury pierwotnej skał otaczających. Wymienionej zależności poszukiwano w postaci: linii prostej, krzywej logarytmicznej, wykładniczej i potęgowej. Po wyznaczeniu współczynników kątowych i wyrazów wolnych tych krzywych badano ich współczynniki korelacji. Dla chodników podścianowych największy współczynnik korelacji (r = 0,297) ma zależność liniowa:

$$m_{hL} = 4{,}952 \cdot t_{pg} - 79{,}844 \tag{4}$$

Dla ścian eksploatacyjnych największy współczynnik korelacji (r = 0,514) ma zależność potęgowa:

$$m_{hL} = 4{,}0587 \cdot 10^{-4} \cdot t_{pg}^{3{,}819} \tag{5}$$

Również dla drążonych wyrobisk z wentylacją lutniową największy współczynnik korelacji (r = 0,605) ma zależność potęgowa:

$$m_{hL} = 6{,}119 \cdot 10^{-5} \cdot t_{pg}^{3{,}874} \tag{6}$$

Bardzo niski współczynnik korelacji dla chodników podścianowych z odstawą (r = 0,297) wskazuje na to, że temperatura pierwotna skał jest jednym z wielu czynników wpływających na strumień wilgoci wnikający do powietrza kopalnianego i to nie najważniejszym. Z pracy [6] wynika, że duży wpływ na przyrost zawilżenia w chodniku z odstawą (oprócz temperatury pierwotnej skał) mają intensywność przewietrzania wyrobiska oraz masa transportowanego urobku.

Współczynnik korelacji dla ścian eksploatacyjnych (r = 0,514) jest dużo wyższy. Z pracy [5] wynika, że właśnie temperatura pierwotna skał oraz strumień masy powietrza płynącego przez ścianę mają największy wpływ na przyrost stopnia zawilżenia powietrza w ścianie.

Współczynnik korelacji dla drążonych wyrobisk z wentylacją lutniową jest największy (r = 0,605). Można wyciągnąć wniosek, że w wyrobiskach ślepych temperatura pierwotna

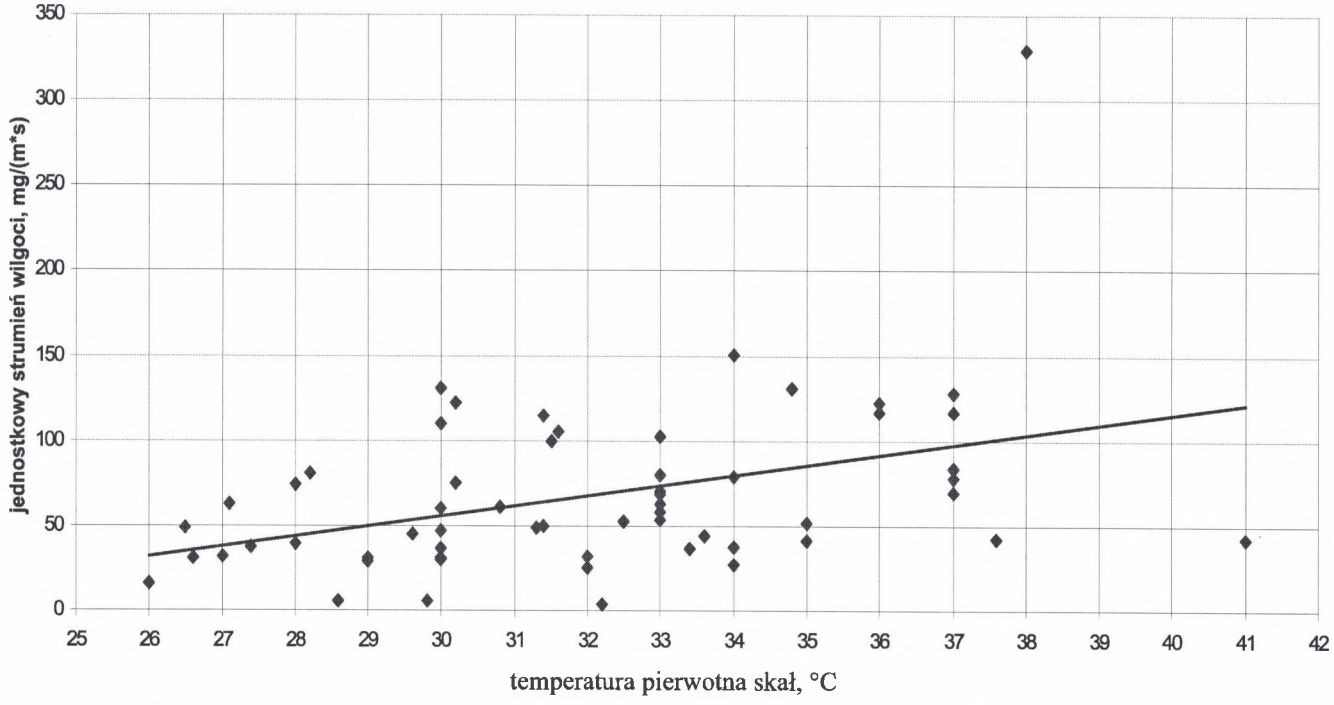
skał ma największy wpływ na kształtowanie zawilżenia. Masa transportowanego urobku ma dużo mniejszy wpływ, bo jest o rząd wielkości mniejsza w porównaniu z urobkiem transportowanym chodnikami podścianowymi i w ścianach eksploatacyjnych.

3. Zakończenie

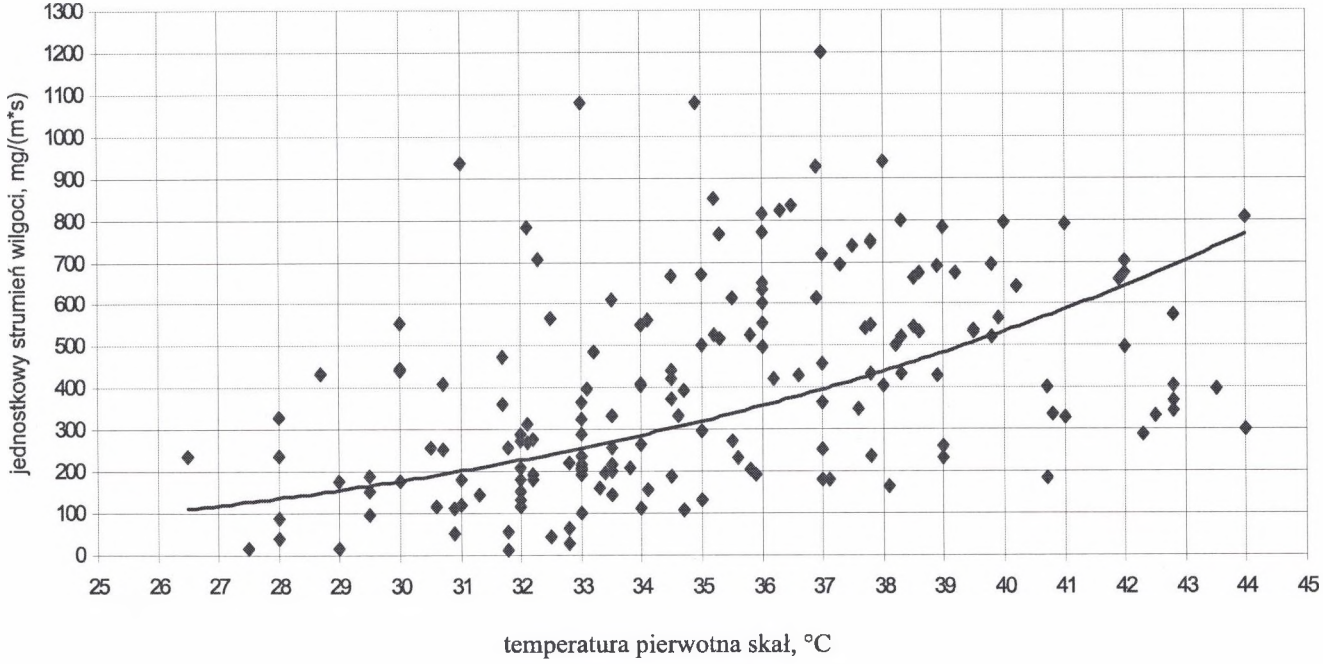
Autor opracowania dysponował bazą danych dla wielu setek wyrobisk, ale jedynie około 300 wyrobisk miało kompletne dane pomiarowe. Ze wzorów (4), (5) i (6) wynika, że ze wzrostem temperatury pierwotnej skał wzrasta również strumień wilgoci dopływającej do powietrza. Wynika to również z rys.1 (dotyczącego chodników podścianowych), rys.2 (dotyczącego ścian eksploatacyjnych) jak i rys.3 (dotyczącego wyrobisk ślepych). Wydaje się, że zaproponowane wzory (4), (5) i (6) mogą być przydatne do prognozy zawilżenia powietrza w wyrobiskach, o których wiemy bardzo mało. Potrzebne są jednak dalsze pomiary w celu poszerzenia bazy pomiarowej.

W ramach Kontraktu nr 7220-PR-116 realizowanego w ramach Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali, finansowanego ze środków Komitetu Badań Naukowych (Ministerstwa Nauki i Informatyzacji) pt.: „Poprawa warunków klimatycznych w oddziałach wydobywczych o dużej wydajności" została w Zakładzie Aerologii Górniczej GIG utworzona komputerowa baza danych zawierająca: dane ogólne o kopalni, dane dotyczące temperatury pierwotnej skał, dane wentylacyjno-klimatyczne dotyczące: ścian eksploatacyjnych, chodników z odstawą urobku, chodników bez odstawy, drążonych wyrobisk z wentylacją lutniową [7]. W miarę napływu danych pomiarowych wspomniana baza posłuży do wyprowadzenia pełnych wzorów (z uwzględnieniem nie tylko temperatury pierwotnej skał, ale również strumienia masy powietrza, jego temperatury i masy transportowanego urobku) na przyrost zawilżenia powietrza w wyrobisku. Otrzymane w ten sposób wzory powinny dać dobrą zgodność z wynikami pomiarów.

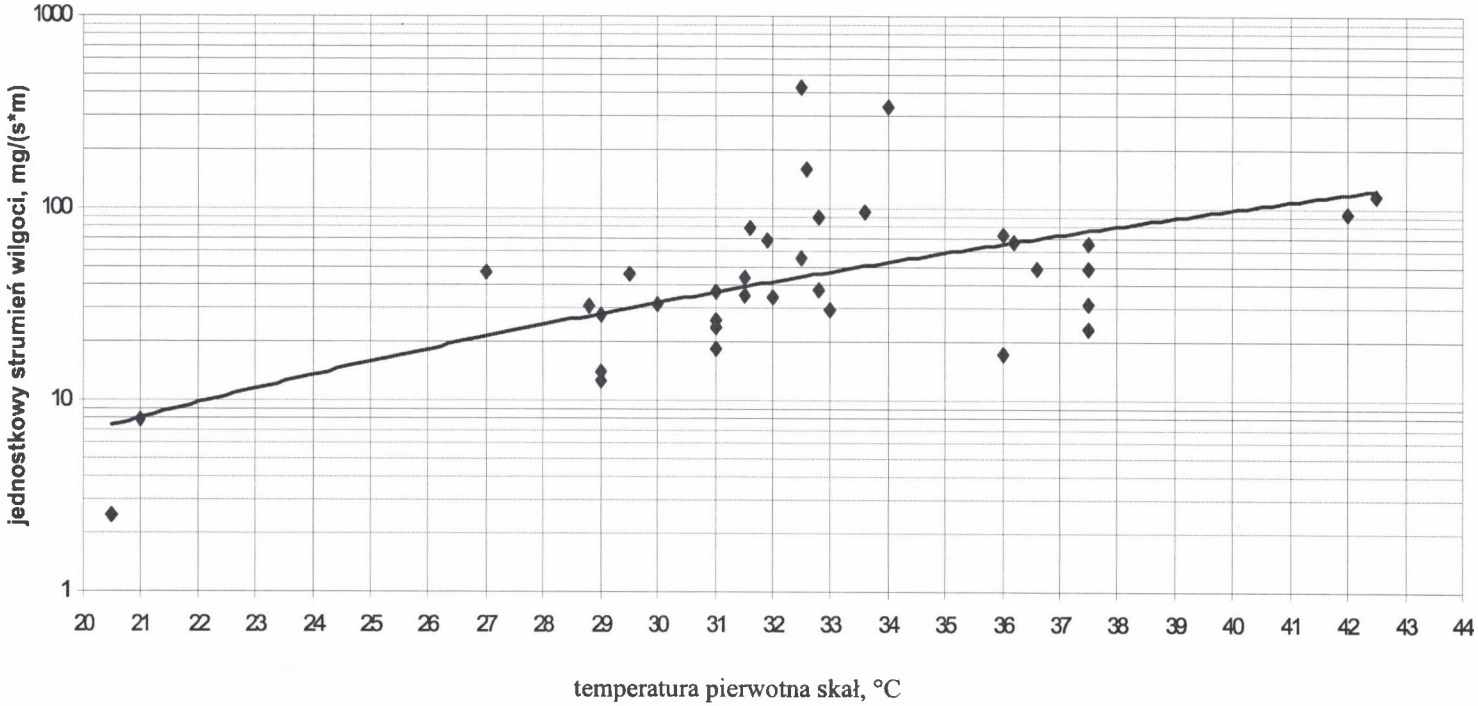
Praca finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych (Ministerstwa Nauki i Informatyzacji), nr decyzji KBN: 401/E-263/SPB/EWWS/T-12/DZ641/2002-2004



Rys. 1. Wpływ temperatury pierwotnej skał na jednostkowy strumień wilgoci w chodnikach podścianowych z odstawą
Fig. 1. Influence of virgin rocks temperature on unitary stream flowing into air stream in fresh-air longwal gates with haulage installation



Rys. 2. Wpływ temperatury pierwotnej skał na jednostkowy strumień wilgoci dopływający do powietrza w ścianie eksploatacyjnej
Fig. 2. Influence of virgin rocks temperature on unitary humidity stream flowing into air stream in longwall



Rys. 3. Wpływ temperatury pierwotnej skał na jednostkowy strumień wilgoci wnikający do powietrza w wyrobisku z wentylacją odrębną
Fig. 3. Influence of virgin rocks temperature on unitary humidity stream flowing into air stream in working with auxiliary ventilation

LITERATURA

1. Bystroń H.: Podstawowe parametry podsystemu wentylacji w świetle potencjału aerodynamicznego i założeń dotyczących powietrza wentylacyjnego. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 11(359) 2000.
2. Boldizsar T.: The thermal field of the earth's crust and its influence on the ventilation of deep and hot mines. Acta Tech. Acad. Sci. Hungar., 16,1957, s.415-428.
3. Carlslaw H. S., Jaeger J. C.: Conduction of heat in solids, Clarendon Press, Oxford 1959.
4. Knechtel J.: Metoda prognozowania parametrów mikroklimatu wyrobisk z tłoczącą wentylacją lutniową, uwzględniająca teorię potencjału ruchu wilgoci. Prace GIG, nr 780, Katowice 1993.
5. Knechtel J.: Prognozowanie zawilżenia powietrza w wyrobiskach eksploatacyjnych z wykorzystaniem metod statystycznych. Materiały 2 Szkoły Aerologii Górniczej, wyd. Sekcja Aerologii Górniczej Komitetu Górnictwa PAN – Kraków 2002.
6. Knechtel J., Słowik S.: Zastosowanie metod statystycznych do określenia przyrostu zawilżenia powietrza w chodnikach przyścianowych z odstawą urobku. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 6(389) 2003.
7. Knechtel J.: Poprawa warunków klimatycznych w oddziałach wydobywczych o dużej wydajności. Dokumentacja prac GIG finansowana przez Komitet Badań Naukowych, nr decyzji KBN: 401/E-263/SPB/EWWS/T-12/DZ641/2002-2004, Katowice 2003.
8. Szczerbań A.N., Kremniew O.A.: Naucznyje osnowy rasczota i regulirowanija tjepłowowo reżima głubokich szacht. Kijew, Izd. AN Ukrainskoj SSR 1959.
9. Voß J., Schnitters G.: Klimavorausberechnung für sonderbewetterte Grubenbaue und Tunnel. Glückauf÷Forschungshefte, Juni 1971.
10. Wacławik J., Mikołajczyk W., Branny M.: Temperatura i wilgotność powietrza kopalnianego. Archiwum Górnictwa, t.18, nr 4, 1973.
11. Ziętak K., Zuber R.: Poradnik Inżyniera – Matematyka, T2, Rozdział 37: Metody numeryczne, WNT, Warszawa 1987.

Recenzent: Dr hab. inż. Marian Kolarczyk, prof. Pol. Śl.

Abstract

In the Ventilation Department of the Central Mining Institute a data base was developed in which, among others, data are kept characterizing ventilation and climatic conditions occurring in underground workings. A sub-base of about 300 records were selected having complete set of measurement data concerning three groups of workings, namely: longwalls, longwall gates with haulage installation and driven gates with auxiliary ventilation. For each working the value of humidity stream flowing into the ventilating air stream was determined. Basing on the least squares method the formulas were derived linking virgin temperature of

surrounding rocks and humidity streams value. The results of calculations were presented in three graphs, one for each category of workings, where unitary humidity streams introduced into airflow are plotted against virgin rock temperature. The analysis of the data leads to the conclusion, that the temperature of rocks has the greatest influence on the unitary humidity inflow in the case of driven workings with auxiliary ventilation.