

Romuald STUDENT  
Janusz LITWIN  
Marian KOLARCZYK

#### BADANIA TEMPERATURY PIERWOTNEJ SKAŁ W KWK "KNURÓW"

**Streszczenie.** W artykule krótko scharakteryzowano narastanie zagrożenia cieplnego w kopalni, za konieczne uznano przeprowadzenie dalszych pomiarów temperatury pierwotnej skał z uwagi na budowę nowego poziomu 850 m.

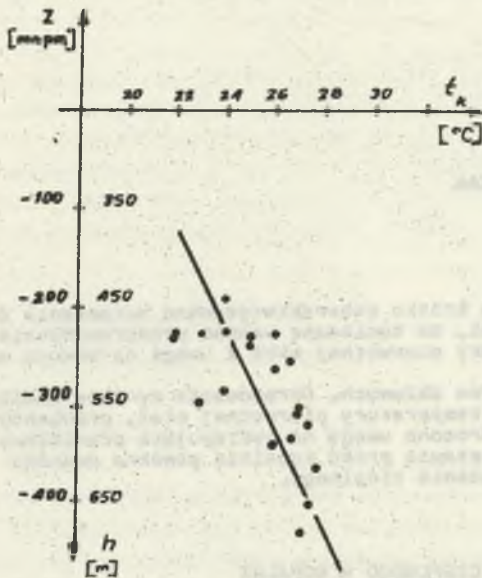
Omówiono przebieg pomiarów dołowych. Opracowanie wyników umożliwiło wyznaczenie rozkładów temperatury pierwotnej skał, gradientów i stopni geotermicznych. Zwrócono uwagę na występujące prawidłowości. Złoże jest gorące; co stawia przed kopalnią poważne zadania w zakresie zwalczania zagrożenia cieplnego.

#### 1. UWAGI O NARASTANIU ZAGROŻENIA CIEPLNEGO W KOPALNI

Kształtowania poprawnych warunków cieplnych w miejscach pracy kopalni głębokiej wymaga znajomości wielu czynników wpływających na przyrosty temperatury i wilgotności powietrza. Są to czynniki naturalne związane ze złożem i górotworem oraz techniczno-ruchowe wynikające z zastosowanej technologii wybierania. Spośród parametrów związanych z górotworem za najbardziej istotne uważa się: temperaturę pierwotną, przewodność i pojemność cieplną, współczynnik wyrównywania temperatury oraz zawilgocenie skał. W wielu pracach podkreśla się złożoność procesów cieplnych zachodzących w górotworze. Budowa nowych poziomów w kopalniach czynnych a także nowych kopalń na dużych głębokościach wymaga rozeznania własności termicznych złoże i skał potrzebnych przy prognozowaniu warunków cieplnych dla miejsc pracy.

W kopalni "Knurów" występowało duże zagrożenie cieplne zwłaszcza w polu zachodnim - Foch. Wynikało to z mało skutecznego przewietrzania a także z dość wysokiej temperatury skał. Zrekonstruowanie systemu wentylacyjnego, wykonanie nowych szybów pozwoliło na obniżenie temperatury powietrza. Obecnie kopalnia rozpoczęła roboty udostępniające w poz. 850 m, z którego pierwsze wydobycie planuje się uzyskać w latach 1990-95. Za celowe więc uznano uściślenie posiadanych informacji [11, 16] o rozkładzie temperatury pierwotnej skał i przeprowadzenie dalszych pomiarów w wyrobiskach poziomu 850 m i w nowo rozcinanym partiach poziomów wyższych, tj. 450, 550 i 650 m.

Kopalnia prowadzi roboty wybiarkowa głównie w poziomach 550 i 650 m. Eksploatacja w poziomie 450 a znajduje się w stadium zanikowym. Miao sto-



Rys. 1. Temperatura  $t_K$  powietrza wylotowego z oddziałów KWK "Knurów" w zależności od głębokości eksploatacji  $h$

sunkowo niedużej głębokości wybierania w dalszym ciągu zauważa się narastanie zagrożenia cieplnego w oddziałach eksploatacyjnych, przy prowadzeniu robót udogodniających i przygotowawczych. Widać to wyraźnie na rys. 1, gdzie pokazano kształtowanie się temperatury  $t_K$  powietrza wylotowego z oddziałów - oś pozioma, w zależności od średniej głębokości  $h$  oddziału - oś pionowa. O temperaturze wylotowej decyduje oczywiście wiele czynników naturalnych i techniczno-ruchowych, stąd duży rozrzut punktów. Wpływ wzrostu głębokości jest jednak wyraźny; z aproksymacji linią prostą uzyskuje się zależność:

$$t_K = 19,67 - 0,0199 \cdot z \quad (1)$$

przy znaczącym współczynniku korelacji  $r = -0,687$ , gdzie  $z$  jest średnią arytmetyczną wysokości niwelacyjnej wlotu i wylotu z oddziału w m npm.

Zależność ta oczywiście nie może być podstawą do prognozowania temperatury powietrza w kopalni. Uwypukla jednak wyraźnie znaczenie wzrostu głębokości. Widać to także w tabelicy 1, gdzie pokazano temperatury powietrza wlotowego i wylotowego z oddziałów oraz obserwowane obecnie przyrosty temperatur w oddziałach poziomu 550 i 650 m.

Porównanie przyrostu temperatury powietrza w oddziałach obydwu poziomów, temperatury na wylotach, zwłaszcza wartości średnich daje obraz narastającego zagrożenia cieplnego. Poczyniona uwagi wskazują, że zagadnienie przewietrzania kopalni i inwestycji związanych z wentylacją traktować należy jako ważne, tym bardziej, iż obserwuje się także narastanie zagrożenia metanowego.

Tablica 1

	Temperatura pow. wlotowego do oddziałów $t_p$ °C	Przyrost temperat. w oddziałach $\Delta t$ °C		Temperatura pow. wylotowego z od- działów $t_K$		
		średnia		średnia		średnia
Poz. 550	19,1-24,0	21,3	1,0-4,9	2,5	22,0-26,6	23,8
Poz. 650	21,6-25,4	22,8	2,0-5,2	4,1	26,0-27,8	26,9

## 2. POMIARY TEMPERATURY PIERWOTNEJ SKAŁ

Uzyskanie informacji o rozkładzie temperatury pierwotnej skał możliwe jest między innymi przez przeprowadzenie odpowiednich pomiarów w kopalni [7, 11, 17]. Konieczne jest w tym przypadku wybranie do pomiarów wyrobisk drążonych w świeżych partiach górotworu, w których nie nastąpiło jeszcze wychłodzenie (lub nagrzanie) calizny skalnej przez przepływające powietrze. Pomiary zaleca się wykonywać w czołe drążonych wyrobisk udostępniających lub przygotowawczych o dużym i w miarę równomiernym postępie, znacznie oddalonych od wyrobisk istniejących lub starych zrobów usytuowanych w dużej odległości od pól pożarowych.

Nie jest wskazane wykonywanie pomiarów w wyrobiskach o znacznym dopływie wody ze skał. W czołe wyrobiska wykonuje się co najmniej dwa otwory o długości około 2 m, do których wkłada się czujnik termometru, np. termistorowego, umocowany na drążku z materiału słabo przewodzącego ciepło. Nie wskazane jest mierzenie w otworach wierconych z przepłuczką wodną. Otwór uszczelnia się gliną na głębokość około 30-40 cm. Czujnik termometru powinien dotykać dna otworu. Rozkład temperatury w caliznie zostaje oczywiście naruszony przez przepływ powietrza omijający czoło przodka a także w otoczeniu otworu wskutek wiercenia. Pomiar powinien uwzględniać te fakty i eliminować je.

Poczynimy kilka uwag odnośnie tych zagadnień.

Wychładzanie masywu skalnego jest procesem dość wolnym z uwagi na małą przewodność i dużą pojemność cieplną skał. Wyrobisko posiadająca znaczny kilkumetrowy postęp dobowy odczucia coraz to nowe niewychłodzone partie górotworu. Znane są rozważania teoretyczne w tym zakresie. W trakcie pomiarów sprawdzono to doświadczalnie. W trzech chodnikach bezpośrednio po zmianie produkcyjnej wykonywano 4 otwory o różnych długościach od około 0,4 m do 2,1 m celem sprawdzenia rozkładu temperatur. Różnice uzyskanych wyników nie przekraczały dokładności odczytu przyrządu, tj. 0,1-0,2°C. Napór temperatury, tj. różnica temperatur  $\bar{t} - t_p$ , gdzie  $\bar{t}$  jest zmierzoną temperaturą skał a  $t_p$  temperaturą powietrza w przodku, był w omawianych przypadkach duży i wynosił od 4 do 8°C. Można stąd wnioskować, że w wy-

robiaskach drążonych o kilkumetrowym postępie na dobę, częściowemu wychłodzeniu ulega strefa w czole przodka o grubości nie przekraczającej 0,4 m, co jest ważne przy zastosowanej metodyce pomiarów.

Naruszenie temperatury calizny wokół wywierconego otworu wymaga obserwacji wskazań przyrządu do momentu ustalenia się temperatury, co świadczy o zaniku powstałego zaburzenia cieplnego.

J. Vose [17] podaje, że czas obserwacji przy tego rodzaju pomiarach powinien wynosić 1 do 2 godz. Potwierdzają to obserwacje poczynione przy przeprowadzonych pomiarach, gdzie w wielu przypadkach notowano wskazania przyrządu w ciągu 3 godz.

Zauważono także charakterystyczne przebiegi wskazań zastosowanego przyrządu przy ustalaniu się temperatury w otworze.

Pomiary wykonywano termometrem termistorowym typu PG-117 prod. Zakładów Aparatury Naukowej Politechniki Poznańskiej "PANID". Wskazania tego przyrządu systematycznie porównywano ze wskazaniami termometrów rtęciowych. Różnic nie stwierdzono. Dane literaturowe [15] mówią o dużej dokładności termometrów termistorowych, rzędu 1%. Dokładność metody pomiarów będzie oczywiście mniejsza, trudna do oszacowania. Prawidłowości wyprowadzone z wyników pozwalają jednak wnioskować, że uzyskana dokładność pomiarów jest wystarczająca.

Obserwacjami objęto wszystkie w ostatnim okresie drążone wyrobiska spełniające wyżej wymienione warunki. Na poziomie 850 m mamy, jak na razie, tylko jeden przekop Ga8 E. Pozostałe pomiary wykonana były w nowo udośćępnianych partiach poziomów 450, 550 i 650 m. Rozmieszczenia punktów pomiarowych w obszarze górniczym kopalni przedstawił rys. 2.

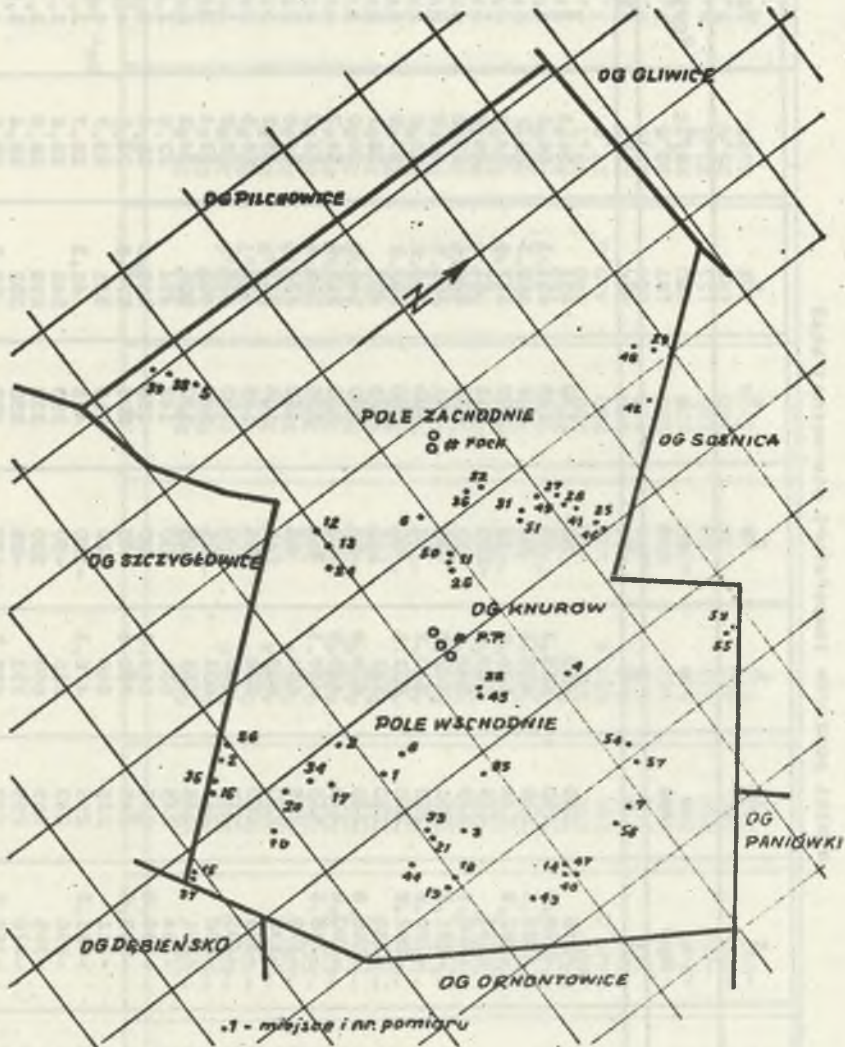
Najważniejsze dane z pomiarów i ich wstępne opracowanie zestawiono w tabelicy 2. Ograniczona objętość artykułu nie pozwala na zamieszczenie pełnej dokumentacji pomiarów.

Pozzczególne kolumny tej tabelicy dotyczą:

- 1 - numer pomiaru (10 pierwszych pomiarów zaczerpnięto z opracowania [16]),
- 2 -  $t^*$  - uzyskana z pomiarów temperatura pierwotna skał, °C,
- 3 - z - wysokość niwelacyjna miejsca pomiaru, m npm,
- 4 -  $z_0$  - wysokość niwelacyjna powierzchni nad miejscem pomiaru, m npm,
- 5 - h - głębokość miejsca pomiaru, m,
- 6 -  $z_k$  - wysokość niwelacyjna stropu karbonu nad miejscem pomiaru, m npm,
- 7 -  $h_n$  - grubość warstw nakładu, m,
- 8 -  $h_k$  - grubość warstw karbonu, m,
- 9 -  $\Gamma_{\text{śr}}$  - średni stopień geotermiczny, m/°C - wyznaczony z zależności

$$\Gamma_{\text{śr}} = \frac{h - h_0}{t^* - t_0}$$

(2)



Rys. 2. Miejsca pomiarów temperatury pierwotnej skał w obszarze górniczym kopalni

Tabela 2

## Wyniki pomiarów temperatury pierwotnej skał

Lp. pom.	$t$ °C	$z$ m npr	$z_0$ m npr	$h$ m	$z_k$ m npr	$h_n$ m	$h_k$ m	$\Gamma_{\text{gr}}$ m/°C	$G_{\text{gr}}$ °C/100 m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30	-353	250	603	80	170	433	26,3	3,81
2	32,2	-388,2	250	638,3	65	186	453,3	25,2	3,95
3	29	-389,3	249	638,3	80	169	459,3	29,2	3,42
4	33	-387,9	249	636,9	-10	259	377,9	24,5	4,08
5	27	-353	235	568,0	-280	515	53	28,6	3,49
6	30	-308,1	240	548,1	-30	270	278,1	23,8	4,21
7	23	-291,5	251	542,5	70	181	361,5	34,5	2,89
8	28	-290,2	250	540,2	90	180	360,2	25,8	3,88
9	27	-292,2	250	542,5	90	160	382,2	27,2	3,67
10	26	-292	250	542	115	135	407	28,7	3,48
11	37	-596,8	240	836,8	-50	290	546,8	28,0	3,57
12	26,5	-190,8	235	425,8	20	215	210,8	21,7	4,62
13	27,9	-248,3	235	438,3	10	225	258,3	23,0	4,34
14	25,2	-379	245	624	95	150	474	34,8	2,87
15	27,3	-378	250	628	145	105	523	31,2	3,20
16	30,8	-378	250	628	105	145	438	26,5	3,78
17	30,8	-403	235	638	80	155	438	26,9	3,72
18	25,3	-358	245	603	105	140	463	33,4	3,00
19	25,8	-391	245	636	115	130	506	34,3	2,91
20	30,0	-394	245	639	100	145	494	27,9	3,58
21	28,2	-398,8	245	643,8	90	155	488,8	30,6	3,26
22	38,9	-535,6	245	780,6	40	205	575,6	24,5	4,09
24	30,0	-311	235	546	20	205	331	23,7	4,22
25	24,9	-221,3	255	476,3	-180	435	41,3	26,7	3,74
26	38,5	-596	240	836	-50	290	546	26,6	3,70
27	31,2	-395	255	650	100	355	295	26,9	3,71
28	32,9	-478	255	733	-95	350	363	28,4	3,52
29	27,2	-188,2	270	458,2	-130	400	58,2	22,6	4,43
30	31,1	-399,7	245	644,7	-30	275	369,7	26,8	3,73

cd. tablisy 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31	31,2	-392	250	642	-30	280	362	26,6	3,76
32	32,7	-423	230	633	-275	505	148	25,4	3,93
33	28,0	-398,6	245	643,6	90	155	488,6	30,9	3,23
34	30,5	-402,7	245	647,7	85	160	487,7	27,7	3,61
35	24,1	-243,2	245	488,2	50	165	293,2	28,8	3,48
36	30,2	-380,6	250	630,6	100	150	480,6	27,3	3,66
37	27,5	-377	250	627	145	105	522	30,9	3,24
38	31,8	-424,4	230	654,4	-275	505	149,4	26,4	3,78
39	31,8	-417,8	230	647,8	-270	500	147,8	26,2	3,82
40	25,7	-393,1	245	638	105	140	498	34,6	2,89
41	25,9	-225	255	480	-135	390	90	25,4	3,93
42	27,6	-190	265	455	-115	380	75	21,9	4,56
43	26,8	-434	245	679	115	130	549	34,8	2,87
44	25,1	-365,8	250	615,8	120	130	485,8	34,6	2,89
45	32,2	-544,8	245	789,8	40	205	584,8	24,5	4,08
46	24,9	-221,6	255	476,6	-190	445	31,6	26,7	3,74
47	25,0	-372	245	617	110	135	482	43,8	2,87
48	27,0	-187,8	270	457,8	-130	400	57,8	22,8	4,39
49	25,0	-197	250	447	-40	290	157	24,8	4,03
50	35,9	-596	240	836	-50	290	546	29,1	3,44
51	32,2	-449,5	250	699,5	-30	280	419,5	27,9	3,59
52	32,2	-397	245	642	-35	280	362	25,5	3,92
53	28,9	-294	265	559	-110	375	184	25,6	3,91
54	22,1	-197	260	457	0	260	197	30,6	3,26
55	28,5	-245	265	510	-105	370	140	23,7	4,23
56	19,8	-26	250	276	85	165	111	21,3	4,70
57	23,5	-165	260	425	20	175	185	25,8	3,87
58	24,2	-287	250	537	75	175	362	31,6	3,16

gdzie:

$h_0$  - głębokość strefy neutralnej, przyjęto  $h_0 = 25$  m,

$t_0$  - średnioroczna temperatura powietrza, °C przyjęto  $t_0 = 8^{\circ}\text{C}$ ,

$10 - G_{\text{gr}}$  - średni gradient temperatury od strefy neutralnej do miejsca pomiaru, °C/100 m - wyznaczony z zależności:

$$G_{\text{gr}} = \frac{t - t_0}{h - h_0} \cdot 100 \quad (3)$$

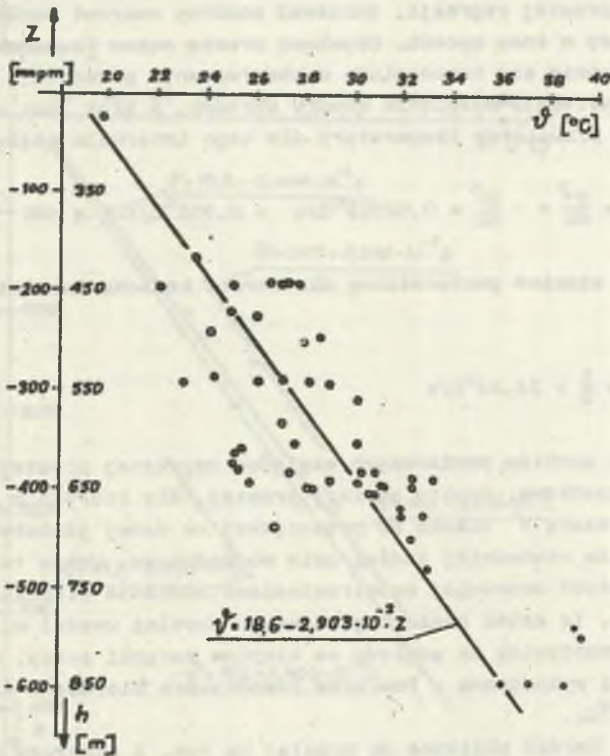
### 3. OPRACOWANIE I ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW

Przeprowadzone pomiary nie obejmują całego obszaru górniczego kopalni. Ich gęstość (rys. 2) odpowiada w pewnym stopniu intensywności robót udostępniających i przygotowawczych. Partia północno-zachodnia pola zachodniego z uwagi na silny angaż tektoniczny jest słabo rozeznana. W chwili obecnej nie jest i prawdopodobnie nie będzie eksploatowana. Małą liczbę pomiarów dysponujemy obecnie w części wschodniej na południowy zachód i północny wschód od szybów Piotr i Paweł, co może utrudniać analizę.

Pokazany, w tablicy 2 kolumna 9, stopień geotermiczny średni  $\Gamma_{\text{gr}}$ , ujmujący w sposób zastępczy kształtowanie się temperatury od strefy neutralnej aż do miejsca pomiaru, cechuje się dużą rozpiętością osiągniętych wartości od 21,3 do 34,8 m/°C. Wartości skrajne nie są odosobnione. Najwyższe występują w części wschodniej pola wschodniego, tj. 34 m/°C. W kierunku północno-zachodnim w przybliżeniu prostopadle do rozciągłości warstw stopień geotermiczny maleje. Wartości najniższe osiąga na północ i południe od szybów Foch, tj. odpowiednio 21,9 i 21,7 m/°C a także w sąsiedztwie szybów Piotr i Paweł 24,5 m/°C. Zauważa się także, że w niektórych częściach obszaru stopień geotermiczny średni wzrasta wraz z głębokością, co świadczy o różniących się własnościach cieplnych skał nadległych, zwłaszcza nadkładu i karbonu. Posługiwanie się wtedy tą wielkością jest mało przydatne. Anizotropowość cieplna górotworu podkreślana jest w wielu publikacjach [4, 5, 6].

Rysunek 3 przedstawia wyniki pomiarów w układzie współrzędnych: temperatura pierwotna skał - oś pozioma, wysokość niwelacyjna miejsca pomiaru z - oś pionowa. Punkty układają się w dość szerokim pasie świadczącym jednak o zdecydowanym wzroście temperatury wraz ze zmniejszaniem się z. W trakcie pomiarów uzyskano dość różniące się wartości temperatury w wyrobiskach danego poziomu w różnych miejscach obszaru górniczego kopalni. Rozrzut ten wynosi: dla poz. 450 - 5,5°C, dla poz. 550 - 5,9°C, dla poz. 650 - 7,2°C. Trudno przypuszczać, że narastanie rozrzutu wraz z głębokością jest prawidłowością. Obserwuje się raczej zjawisko odwrotne - różnice temperatur w wyrobiskach danego poziomu maleją wraz z głębokością [4, 10].





Rys. 3. Temperatura pierwotna skał  $\psi$  z pomiarów w zależności od głębokości  $h$  i wysokości niwelacyjnej  $z$

Być może, w tym przypadku wynika to z mniejszej liczby pomiarów na poziomach wyższych.

Występowanie różnych temperatur skał na danym poziomie potwierdza znane prawidłowości odnośnie rozkładu temperatur w zależności od zróżnicowania litologicznego i charakteru petrograficznego skał. Temperatura  $\psi$  nie jest prostą funkcją głębokości a uzależniona jest od wielu parametrów cieplnych. Interesujące wydaje się jednak sprawdzenie niektórych wartości przeciętnych uzyskanych z pomiarów dla karbonu w objętym pomiarami przedziale głębokości. Korzystając z danych tablicy 2 kolumna 1, 2, 3, wyznaczono metodą najmniejszych kwadratów prostą regresji dla zmiennych  $z_1$ .

$\psi_1, 1 = 1, 2, \dots, 58.$

Uzyskano następującą zależność:

$$\psi = 18,62 - 2,903 \cdot 10^{-2} \cdot z \quad (4)$$

współczynnik korelacji jest wysoki  $r = -0,796$ . Średni błąd kwadratowy aproksymacji wynosi  $\sigma = 2,48^{\circ}\text{C}$ . Nie podajemy dalszych obliczeń granic

ufności prostej regresji, ponieważ pozorny rozrzut punktów zostanie niżej wyjaśniony w inny sposób. Uzyskaną prostą można traktować jako przeciętne kształtowanie się temperatury w obserwowanym przedziale głębokości, w którym to występują wyłącznie utwory karbonu, a brak jest warstw nadkładu. Gradient przeciętny temperatury dla tego interwału głębokości wynosi:

$$G = \frac{d\bar{t}}{dh} = - \frac{d\bar{t}}{dz} = 0,02903^{\circ}\text{C/m} = 2,903^{\circ}\text{C}/100 \text{ m} \quad (5)$$

Podobnie stopień geotermiczny dla warstw karbonu kopalni przyjmuje wartość:

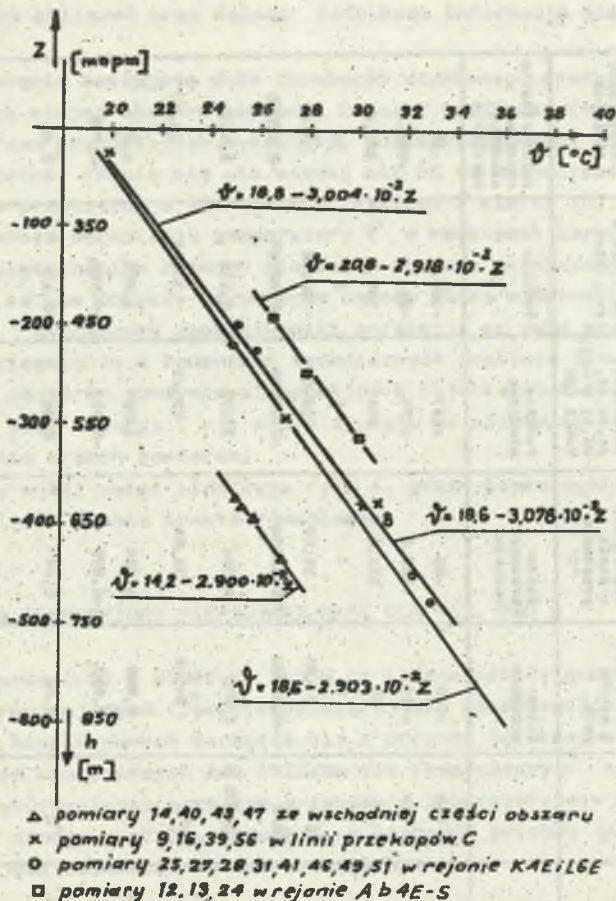
$$\Gamma = \frac{1}{G} = 34,44^{\circ}\text{C/m} \quad (6)$$

Położenie punktów pomiarowych względem uzyskanej prostej na rys. 3 nie jest przypadkowe. Punkty poniżej prostej, dla których z pomiarów otrzymano temperaturę  $\bar{t}$  niższą od przeciętnej na danej głębokości pochodzą z wyrobisk ze wschodniej części pola wschodniego. Uwaga ta pokrywa się z przytoczonymi wcześniej spostrzeżeniami odnośnie stopnia geotermicznego średniego. Tę część obszaru górniczego kopalni uważać więc można za najbardziej korzystną ze względu na ciepłe warunki pracy. W wyrobiskach poz. 650 m wyznaczona z pomiarów temperatura pierwotna skał wynosi  $25,8-28,0^{\circ}\text{C}$ .

Punkty bardzo zbliżone do prostej na rys. 3 mieszczą się w obszarze górniczym kopalni w części wschodniej w pasie o szerokości około 1 km biegnącym w przybliżeniu równoległe do rozciągłości z południowego zachodu na północny wschód. W wyrobiskach poz. 650 m stwierdzono pomiarami temperaturę  $\bar{t} = 28-31^{\circ}\text{C}$ . Punkty leżące powyżej prostej na rys. 3, dla których uzyskano z pomiarów temperatury  $\bar{t}$  wyższe od przeciętnych dla kopalni, pochodzą z wyrobisk położonych na północny zachód od wspomnianego wcześniej pasa.

Uzyskana pomiarami temperatura  $\bar{t}$  na poz. 650 m wynosi od 31 do  $33^{\circ}\text{C}$ . Rozrzut punktów względem prostej (rys. 3) należy więc wiązać z ich rozmieszczeniem w różnych częściach obszaru górniczego. Potwierdza to także dalsza analiza. Rysunek 4 przedstawia lokalne zależności  $\bar{t}(z)$  uzyskane z pomiarów w różnych częściach kopalni. Do analizy wykorzystano podzbiory punktów pomiarowych cechujące się w danym podzbiornie małą odległością poziomą (rys. 2) poszczególnych miejsc pomiarów a możliwie dużą różnicą wysokości. Posiadany materiał pomiarowy umożliwił wybranie czterech takich miejsc (rys. 2):

- pomiary 14, 40, 43, 47 ze wschodniej części pola wschodniego z rejonu przekopu połowego do pokładu 355,
- pomiary 9, 16, 36, 56 z pola wschodniego - linia przekopów "C",



Rys. 4. Lokalne zależności temperatury pierwotnej skał  $t$  od głębokości  $h$  i wysokości niwelacyjnej  $Z$  w różnych miejscach obszaru górniczego kopalni

- pomiary 25, 27, 28, 31, 41, 46, 49, 51 z części zachodniej w rejonie przekopów K4E i L6E,
- pomiary 12, 13, 24 z pola zachodniego w rejonie Ab4E-S.

Wyniki tych pomiarów zestawione są w tablicy 2 w odpowiednich wierszach.

Dalsza obróbka statystyczna pozwoliła na wyznaczenie metodą najmniejszych kwadratów współczynników  $a$  i  $b$  prostej regresji dla każdego podzbioru obrazującej lokalne kształtowanie się temperatury pierwotnej skał w zależności od  $Z$  w poszczególnych miejscach górotworu:

$$t = a + bz$$

(7)

Tabela 3

Ważniejsze wyniki z opracowania pomiarów dla lotalnych złożeń  $\psi(z)$ 

		Pomiary nr 14, 40, 43, 47 z części mach.	Pomiary nr 9, 15, 16, 56 w linii przekroju -C	Pomiary nr 25, 27, 28, 31, 41, 45, 49, 51, 52, 53, 44E i 1, 5E	Pomiary nr 12, 13, 24 w rej. ABM	Dla wszystkich pomiarów
1	Wzrosty karbonu objęty pomiarami		dolno- orzemie rudzkie	rudzkie siódzkie	rudzkie	dolnoorzemie rudzkie siódzkie perłkowe
2	wysokość szczytowa	m nps	-372	-26	-197	-190,8
3	wysokość minimalna	m nps	-434	-380,6	-478	-331
4	Przedział wysokości	m	62	394,6	281	120,2
5	Liczba pomiarów	n	4	4	8	3
6	wyraz wolny	m	14,23	18,86	18,59	20,83
7	Współczynniki regresji	b	-0,02900	-0,03004	-0,03078	-0,02918
8	Gradient temperatury dla warstw karbonu	$^{\circ}\text{C}/\text{m}$	2,900	3,004	3,078	2,910
9	Stopień geotermiczny dla warstw karbonu	$\Gamma$	34,48	33,29	32,48	34,44
10	Stosunek gradientu do gradientu przeciętnego	Q/Q	0,998	1,034	1,060	1,008
11	Współczynnik korelacji	r	-0,998	-0,995	-0,992	-0,996
12	Średni błąd kwadratowy aproksymacji	$\delta$	0,04	0,44	0,41	0,13
13	$ r  >  r_c $ już przy poziomej istotności $\alpha$		0,01	0,01	0,001	0,1
14	Poziome ufności 1 - $\alpha$		0,99	0,99	0,999	0,9

Wyniki tych obliczeń oraz dalsze dodatkowe informacje zestawiono w tabelicy 3.

Na podkreślenia zasługuje duża zbieżność uzyskanego gradientu temperatury z różnych miejsc obszaru kopalni. Lokalna gradienty temperatury w objętych pomiarami przedziałach wysokości, gdzie występowały różne warstwy karbonu w kopalni, różnią się nie więcej niż 6% od wyznaczonego poprzednio gradientu przeciętnego dla karbonu (tablica 3 wiersz 10). Świadczy to o dość regularnym narastaniu temperatury  $\bar{t}$  w warstwach karbońskich wraz ze wzrostem głębokości w różnych miejscach obszaru górniczego kopalni. Prawdopodobnie ta nie dotyczy oczywiście całego złoża w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Wyznaczone współczynniki korelacji są duże przy wysokim, trudnym do osiągnięcia w badaniach technicznych poziomie ufności, mimo małej liczby pomiarów. Jedynie dla punktów w rejonie Ab4E-S uzyskany poziom ufności jest niższy:  $1 - \alpha = 0,9$  z uwagi na możliwość wykonania w tym rejonie jedynie trzech pomiarów.

Poczyniona wyżej uwagi ilustruje rys. 4, gdzie poszczególne proste  $\bar{t}(z)$  są względem siebie prawie równoległe.

#### 4. OBLICZENIA TEMPERATURY PIERWOTNEJ SKAŁ DLA POZ. 850 m

W literaturze oraz w praktyce znane są liczne metody prognozowania temperatury pierwotnej skał (petrotemperatury) dla poszczególnych poziomów kopalni. Dla kopalń nowych korzysta się z prognoz uzyskanych w oparciu o dane z otworów wiertniczych lub oblicza się temperatury  $\bar{t}$  z odpowiednich zależności wykorzystując przy tym przebadane laboratoryjnie własności cieplne skał danego profilu. Chaura K. w licznych pracach [4, 5, 6] stosuje następującą zależność na wyznaczenie  $\bar{t}$ :

$$\bar{t} = \bar{t}_{\text{sr}} + \sum \frac{d_1}{\lambda_1} \dot{q}_1 \quad (8)$$

gdzie:

$\bar{t}_{\text{sr}}$  - średnia temperatura roczna dla danego obszaru, °C,

$\dot{q}_1$  - jednostkowy współczynnik zagęszczenia ciepła w strumieniu dla skał i-tej warstwy, W/m<sup>2</sup>,

$\lambda_1$  - współczynnik przewodzenia ciepła dla skał i-tej warstwy, W/m deg,

$d_1$  - grubość danej warstwy, m.

Dla kopalń czynnych prowadzących eksploatację na różnych poziomach możliwe jest także wykorzystanie w obliczeniach temperatury  $\bar{t}$  skał poziomu głębszego, rozkładu temperatury i gradientu  $G$  uzyskanych z pomiarów dołowych [7, 11, 17]. Stosuje się wtedy ekstrapolację zakładając podobne

własności skał. Lepiej gdy współczynniki przewodzenia ciepła zostały przebadane laboratoryjnie [3].

Metodę tę zastosowano do wyznaczenia temperatury  $\psi$  dla nowego poziomu 850 m w kopalni. Obecnie dysponujemy tylko kilkoma pomiarami z wyrobisk tego poziomu. Przy ekstrapolacji wykorzystano zależność:

$$\psi_{850} = \psi_1 + \frac{G}{100} (h_{850} - h_1), \quad (9)$$

gdzie:

$\psi_{850}$  - temperatura pierwotna skał w poz. 850 m, °C,

$\psi_1$  - temperatura pierwotna skał w poziomie wyższym 650 m z pomiarów, °C,

$h_{850}$  - głębokość poziomu 850 m, m,

$h_1$  - głębokość miejsca 1-tego pomiaru w poz. 650 m, m,

$G$  - lokalny gradient temperatury w danej części kopalni, °C/100 m.

Po małych przekształceniach zależność ta przyjmie następującą postać:

$$\psi_{850} = \psi_1 + b(z_{850} - z_1) \quad (10)$$

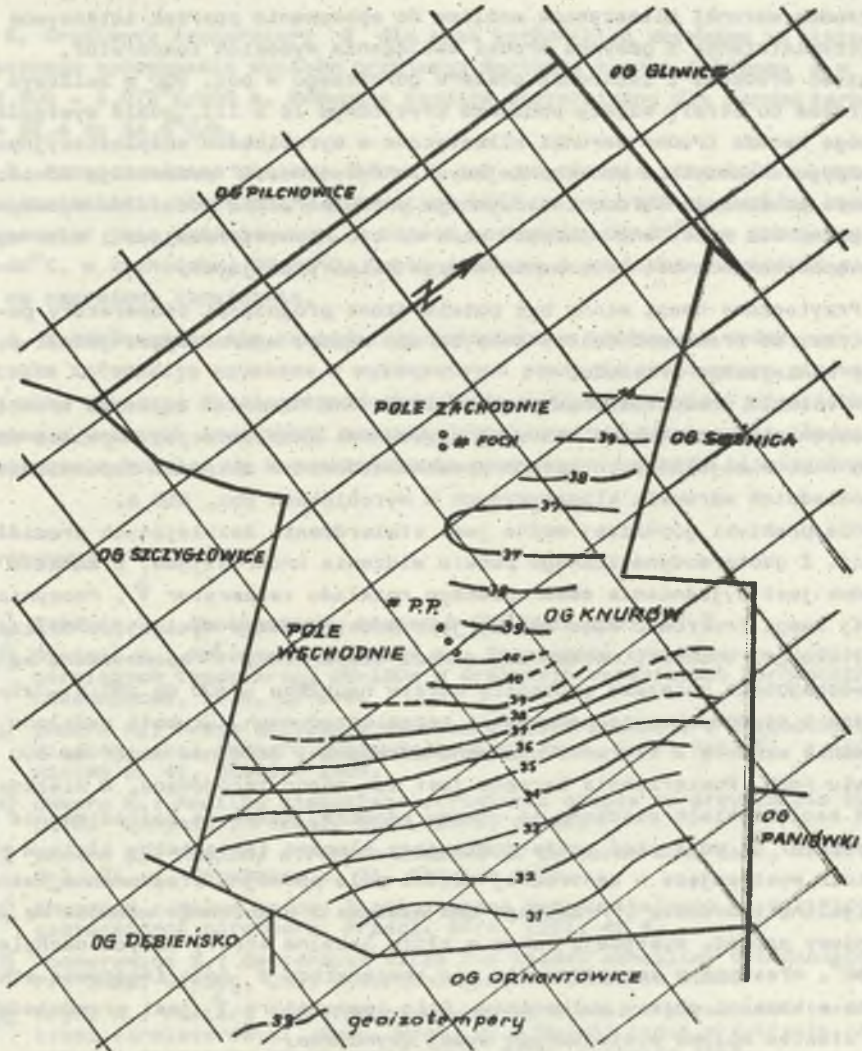
gdzie:

$b$  - współczynnik prostej regresji  $\psi$  ( $z$ ) w danej części kopalni związany z gradientem temperatury  $G$  (tablica 3),

$z_{850} = -600$  m n.p.m - wysokość niwelacyjna poz. 850.

Przeprowadzone obliczenia pozwoliły na opracowanie izol linii temperatury pierwotnej skał dla dużej powierzchni poz. 850 m (rys. 5). W części wschodniej temperatura  $\psi$  narasta stopniowo od  $\psi = 31^\circ\text{C}$  na wschodzie do  $40^\circ\text{C}$  w części środkowej. Geozotempery układają się w przybliżeniu równolegle do rozciągłości warstw. Ich zagęszczenie wzrasta w miarę przesuwania się na północny zachód, gdzie w pobliżu szybów Piotr i Paweł prawdopodobnie występuje lokalne maksimum. Temperatura  $\psi$  osiąga tu wartość 40 do  $41^\circ\text{C}$ . Dalej na północny zachód między szybami Piotr, Paweł i Foch występuje lokalne obniżenie temperatury do  $37^\circ\text{C}$ . Ponowne jej narastanie do wartości  $40^\circ\text{C}$  obserwujemy w kierunku północno-zachodnim.

Dla niektórych części obszaru wymagane jest zagęszczenie pomiarów by można poprawnie wnioskować o dalszym przebiegu geozotemper. Porównując uzyskany dla obszaru górniczego kopalni "Knurów" rozkład temperatury pierwotnej skał z tzw. poziomami krytycznymi [19, 2] wyciągnąć można następująca wnioski:



Rys. 5. Izolinie temperatury pierwotnej skał  $\bar{t}$  na poz. 850 m

- w chwili obecnej eksploatacja w kopalni prowadzona jest powyżej i poniżej poziomu krytycznego I, dla którego temperaturę pierwotną skał w "Wytocznych..." [19] na podstawie badań przyjęto  $\bar{t} = 30^{\circ}\text{C}$ . Poziom krytyczny I występuje w kopalni na dużej powierzchni poziomu 650 m,
- roboty udostępniające poz. 850 m prowadzone są między tzw. II i III poziomem krytycznym, dla których przyjęto  $\bar{t}$  odpowiednio 35 i  $40^{\circ}\text{C}$ ,
- wschodnią część pola wschodniego (rys. 5) poz. 850 m traktować trzeba jako leżącą w strefie między poziomem krytycznym I i II, gdzie występie

trudne warunki klimatyczne możliwe do opanowania poprzez intensywne przewietrzanie i pasywne środki zwalczania wysokich temperatur, - część środkową i zachodnią obszaru górniczego w poz. 850 m zaliczyć trzeba do strefy między poziomem krytycznym II i III, gdzie wystąpić mogą bardzo trudne warunki klimatyczne w wyrobiskach eksploatacyjnych, przygotowawczych i udostępniających. "Wytyczne..." przewidują konieczność stosowania bardzo intensywnego przewietrzania oddziałów wydobywczych. Dla robót chodnikowych może to być niewystarczające i może wystąpić konieczność stosowania maszyn klimatyzacyjnych.

Przytoczone uwagi winny być potwierdzone prognozami temperatury powietrza, co traktować należy jako bardzo ważne, wykraczające jednak poza ramy niniejszego artykułu.

W świetle przedstawionych faktów złożę KWK "Knurów" zaliczyć trzeba do gorących mimo stosunkowo niedużej głębokości eksploatacji. Kopalnię czekają więc w najbliższych latach poważne zadania w zakresie zapewnienia odpowiednich warunków klimatycznych w wyrobiskach poz. 850 m.

Dla praktyki górniczej ważne jest stwierdzenie istniejących prawidłowości. Z geotermodynamicznego punktu widzenia interesujące, a zarazem trudne jest wyjaśnienie obserwowanego rozkładu temperatur  $\vartheta$ . Poczynione dalej uwagi traktować więc należy jako spostrzeżenia wymagające dalszej weryfikacji. W części wschodniej niższe temperatury  $\vartheta$  spowodowane są prawdopodobnie mniejszą grubością warstw nadkładu - 100 do 180 m - złożonego z osadów czwartorzędowych i trzeciorzędowych. Grubość nadkładu znacznie wzrasta w kierunku północno-zachodnim, lokalnie nawet do 600 m w polu Foch. Powierzchnia karbonu jest tam mocno zerodowana. W nieckowatych zagłębieniach osadzone są utwory młodsze. Wpływ na kształtowanie się temperatur  $\vartheta$  może mieć także dominujący element tektoniczny złoża, a mianowicie występujące w centralnej części pola podwójne sfałdowanie, zwane "antykliną knurowską". Przebiega ono właśnie z północnego wschodu na południowy zachód. Występują także w złożu lokalne strefy dużych nachyleń do 60°. Wreszcie w kształtowanie się temperatury  $\vartheta$  mogą ingerować stwierdzone w kopalni objawy wulkanizmu. Pole temperatury  $\vartheta$  jest prawdopodobnie efektem wpływu wymienionych wyżej czynników.

## 5. WNIOSKI

Wykonane pomiary oraz przeprowadzona analiza upoważniają do sprecyzowania następujących wniosków i spostrzeżeń:

1. Wyznaczone z pomiarów wartości stopnia geotermicznego średniego  $\Gamma_{\text{sr}}$  ujmujące w sposób zastępczy wszystkie warstwy nadkładu i karbonu nad miejscem pomiaru zmieniają się w obszarze górniczym kopalni a także wraz z głębokością, od 21,3 do 34,8 m/°C. Średnio wynoszą: w części wschodniej 34 m/°C, w części środkowej 24 m/°C, w części północno-zachodniej 22 m/°C.



2. Gradienty temperatury  $\Theta$  dla skał karbońskich uzyskane ze statystycznego opracowania wyników przyjąwszy wartości bardzo zbliżone  $G = 2,900 - 3,078^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$ . Podobnie stopień geotermiczny dla warstwa karbonu  $\Gamma = 32,4$  do  $34,5^{\circ}\text{C}/\text{m}$ .

3. Przeprowadzona pomiary dołowe i ich opracowania pozwoliła na wyznaczenia izolinii temperatury pierwotnej skał na poz. 850 m. Rozkład tych temperatur jest zróżnicowany, w części wschodniej  $31-35^{\circ}\text{C}$ , w środkowej  $35-40^{\circ}\text{C}$ , w zachodniej  $37-40^{\circ}\text{C}$ . Część środkową i zachodnią traktować należy za zagrożone termicznie.

4. Kształtowania się temperatury powietrza w oddziałach wydobywczych, a także informacje uzyskana z wykonywanych pomiarów temperatury pierwotnej skał zmuszają do ciągłego doskonalenie systemu wentylacyjnego i kontynuowania dalszych inwestycji zapewniających znacznie zwiększenie ilości powietrza w kopalni do zagwarantowania poprawnych warunków klimatycznych.

#### LITERATURA

- [1] Brudnik J.: Geotermiczny stopień w OKR Uhli 1957, nr 2.
- [2] Bystron H., Maciejewska-Bołtys W.: Stosowanie przodkowych ziębiarek górniczych typoszerzegu WK-120s w drążonych wyrobiskach górniczych. Chłodnictwo, 1976, z. 8-9.
- [3] Chaura K.: Uwagi dotyczące gradientu geotermicznego i przewodności cieplnej skał obszaru Lubin-Polkowice. Zesz. Nauk. Pol. Śl. s. Górnictwo z. 41, Gliwice 1969.
- [4] Chaura K.: Analiza ziemskiego strumienia ciepła na przykładzie kopalni "Borynia". Przegl. Górn. 1975, nr 12.
- [5] Chaura K.: Ciepły strumień ziemski na obszarze ROW. Zesz. Nauk. Pol. Śl. s. Górnictwo z. 71, Gliwice 1976.
- [6] Chaura K.: Wpływ budowy litologicznej masywu skalnego na anizotropię geotermiczną górotworu. Przegl. Górn. 1981, nr 4.
- [7] Downorowicz S.: Geoterma złoza rud miedzi monokliny przedsudackiej. Pr. Inst. Geolog. CVI, Wyd. Geologiczne, Warszawa 1983.
- [8] Frycz A.: Pomiary temperatury powietrza i skał w kopalniach termometriami termistorowymi. Symp. Nauk. nt.: "Rozwój badań w zakresie nowych metod i aparatury pomiarowej". Wyd. SITG, Katowice 1965.
- [9] Frycz A.: Klimatyzacja Kopalń, Wyd. 2 Śląsk, Katowice 1981.
- [10] Hwałek H., Hwałek S.: Próba analizy rozkładu temperatury pierwotnej i przewodności cieplnej górotworu Centralnego Okręgu Węglowego Zagłębia Lubelskiego. Przegl. Górn. 1980, nr 11.
- [11] Knechtal J., Markefka P., Zgryza S.: Mapy pierwotnej temperatury skał Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego dla horyzontów -450, -550, -650 i -750 m. Komunikat GIG nr 719, Katowice 1980.
- [12] Kowalczyk J., Pałyś J.: Wstępne wyniki badań geotermicznych na Górnym Śląsku. Przegl. Geol. 1967, nr 2.
- [13] Łukaszek W.: Podstawy statystycznego opracowania pomiarów. Skrypt Pol. Śl. nr 527, Gliwice 1975.
- [14] Majorowicz J.: Warunki geotermiczne Lubelskiego Zagłębia Węglowego w rejonie łącznej. Przegl. Geolog. 1975, nr 12.

- [15] Michaleki L., Eckeradorf E.: *Pomiary temperatury*. WNT, Warszawa 1969.
- [16] *Praca zbiorowe: Opracowanie map izolinii pierwotnej temperatury skał dla poziomów 650 i 850 m*. SITG, Katowice 1977.
- [17] Voss J.: *Grubenklime. Glückauf-Betriebsbücher*. Band 27, Essen 1981.
- [18] Wacławik J., Roczynialski W.: *Aerologia Górnicza*, PWN, Warszawa 1983.
- [19] *Wytyczne projektowania wentylacji i klimatyzacji oraz zasady prowadzenia robót górniczych w warunkach zagrożenia klimatycznego*. Praca zb. GIG, Katowice 1984.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej FRYCZ

Wpłynęło do Redakcji w październiku 1984 r.

#### ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРВИЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ СКАЛ В ШАХТЕ КАМЕННОГО УГЛЯ "КНУРОВ"

##### Резюме

В работе кратко схарактеризованно нарастание тепловой угрозы в шахте. За неотложное признано проведение дальнейших измерений первичной температуры скал в виду постройки нового уровня 850 м. Оговорён ход измерений в шахте в низу. Обработка результатов дала возможность определить распределение первичной температуры скал, градиентов и геотермических ступеней. Обращено внимание на имеющиеся закономерности. Залежи являются горячими - это ставит перед шахтой серьёзные задачи по борьбе с тепловой угрозой.

#### TESTING OF VIRGIN ROCKS TEMPERATURE AT THE "KNUROW" COAL MINE

##### Summary

In the paper the characteristic of the increase of heat hazard in the mine is given briefly. The necessity to carry on further measurements of virgin rocks temperature is stated taking into consideration the construction of a new level at 850 m. The course of underground measurements is discussed. The elaboration of results made possible the determination of virgin rocks temperature distributions, geothermal degrees and gradients. The occurring regularities are emphasised. The coal seam is hot and poses problems concerning the fighting of heat hazards.