

Michał CEMURKO

Walter MENZEL

Aleksander MYRCHA

UWAGI DOTYCZĄCE WYTĘŻENIA GEOTERMICZNEGO I JEGO ZASIĘGU W GÓROTWORZE NIENARUSZONYM KOPALNI "KACZYCE"

Streszczenie. Znając rozkład ziemskiego strumienia ciepła, stan potencjalnych naprężeń i odkształceń oraz wytrzymałość geotermomechaniczną górotworu kopalni "Kaczyce", scharakteryzowano w niniejszej pracy wytężenie (udarność) geotermiczne oraz zasięg wytężenia naprężeń i wytrzymałości. Przeprowadzono analizę statystyczną wyników przy uwzględnieniu litologii rozpoznawanego kompleksu skalnego (karbonu).

Uzyskane wyniki badań i wyliczeń zilustrowano jedynie w sposób poglądowy a uwagi na obszerność zagadnienia.

1. Wstęp

Poznanie złożonych zjawisk geomechanicznych i geotermicznych w górotworze pozwoli na pokonanie jednej z licznych barier technicznych warunkujących wydobycie i bezpieczne warunki pracy szafli kopalni na coraz to głębszych poziomach.

Istnieją różne metody określania własności geomechanicznych skał (M. Berecki, W. Budryk, M. Chudek, S. Knothe, R. Kochmański, A. Salatowicz i inni). Ostatnio rozwinięto badania w zakresie wykorzystania emanacji ziemskiego strumienia ciepła do prognozowania i ustalania warunków geotermoprężystych i geotermomechanicznych panujących w górotworze nienaruszonym i naruszonym (K. Chmura, M. Chudek, G. Lomax, N.D. Diergumow, O. Kappelmeier i inni).

Problematyka ta jest bardzo złożona i esywiście jest, iż zaprezentowane tutaj rozważania geotermiczne wymagać będą dalszych badań i uściśleń, o czym świadczą ochotliwie przeprowadzone dyskusje z prof. dr hab. inż. Kamiliarem Chmurą, któremu autorzy pragną podziękować za pomoc przy opracowywaniu niniejszego zagadnienia.

2. Wytężenie geotermiczne (udarność)

Analiza związków między rozkładem, mocą i emanacją ziemskiego strumienia ciepła z właściwościami cieplnymi i geotermomechanicznymi masywu skal-

nego wykazuje, że istnieją tutaj strefy wyiężeń geotermicznych K. Chmura, A. Myrcha, 1982) w obszarze kopalni "Kaczyce". Przyjęto, że:

$$W_T = \frac{\bar{Q} \rho c}{\lambda_c}, \frac{J}{m^2}$$

gdzie:

W_T - wyiężenie geotermiczne (udarność), $\frac{J}{m^2}$,

\bar{Q} - moc ziemskiego strumienia ciepła, W,

ρ - gęstość przestrzenna skał, $\frac{kg}{m^3}$,

c - właściwa pojemność ciepła skał, $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$,

λ_c - współczynnik przewodności cieplnej skał, $\frac{W}{m \cdot deg}$.

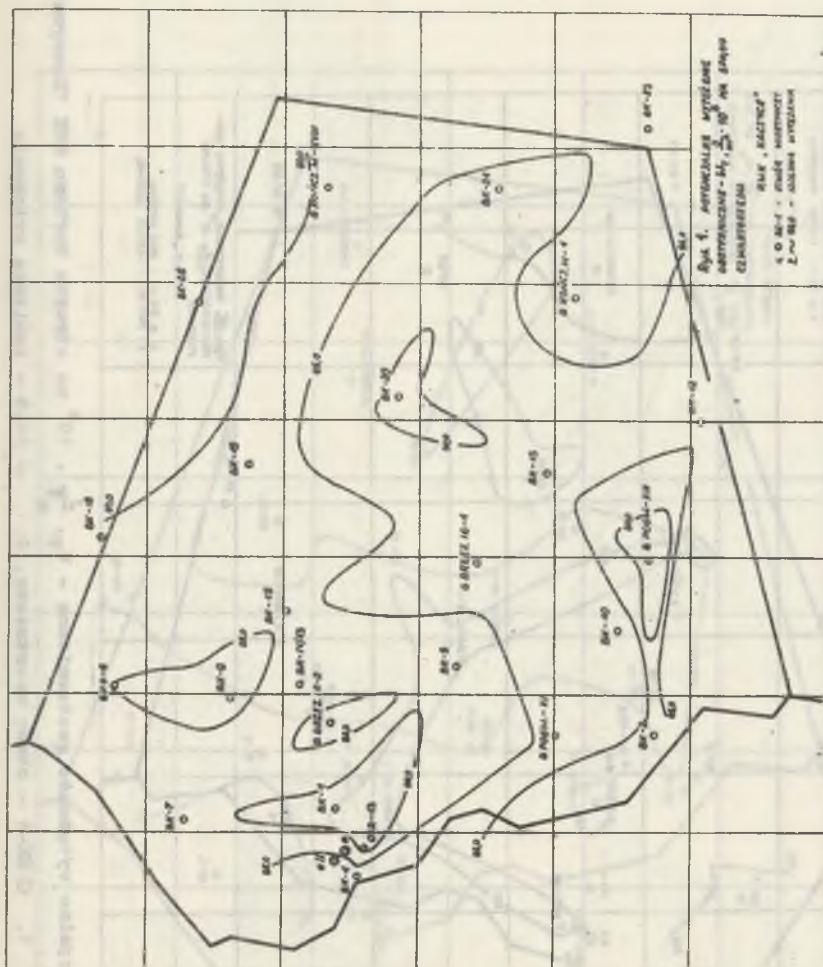
Rozkład potencjalnego wyiężenia geotermicznego (udarności) na przyjętych poziomach górotworu kopalni "Kaczyce" (rys. 1-4) jest mało zróżnicowany. Na spęgu czwartorzędu (rys. 1) wartości wyiężenia zmieniają się od 80,0 do 90,0 $\frac{J}{m^2} 10^3$. Wokół otworu B. Kaczyce - 20 wyróżnia się forma antyklinalna w rozkładzie tej wielkości. Na stropie karbonu (rys. 2) wartości zmieniają się od 90,0 do 95,0 $\frac{J}{m^2} 10^3$, przy czym zaznaczają się dwie antykliny rozkładu wyiężenia w części wschodniej i zachodniej obszaru kopalni. Na poz. - 800, m npm zauważa się (rys. 3) stopniowy wzrost wyiężenia ku wschodnim granicom obszaru. Bardziej zróżnicowany (rys. 4) rozkład izoliny wyiężenia geotermicznego istnieje na poz. - 1000,0 m npm. Wartości tej oechy wahają się od 85,0 do 95,0 $\frac{J}{m^2} 10^3$. Synklinalna anomalia znajduje się w południowej części obszaru. Ku granicom obszaru następuje wzrost wyiężenia do maksymalnie 99,0 $\frac{J}{m^2} 10^3$ (otwór wiertniczy Kaczyce D-6). Dla skał karbonu zebrano wartości wyiężenia w tablicy 1.

Tablica 1

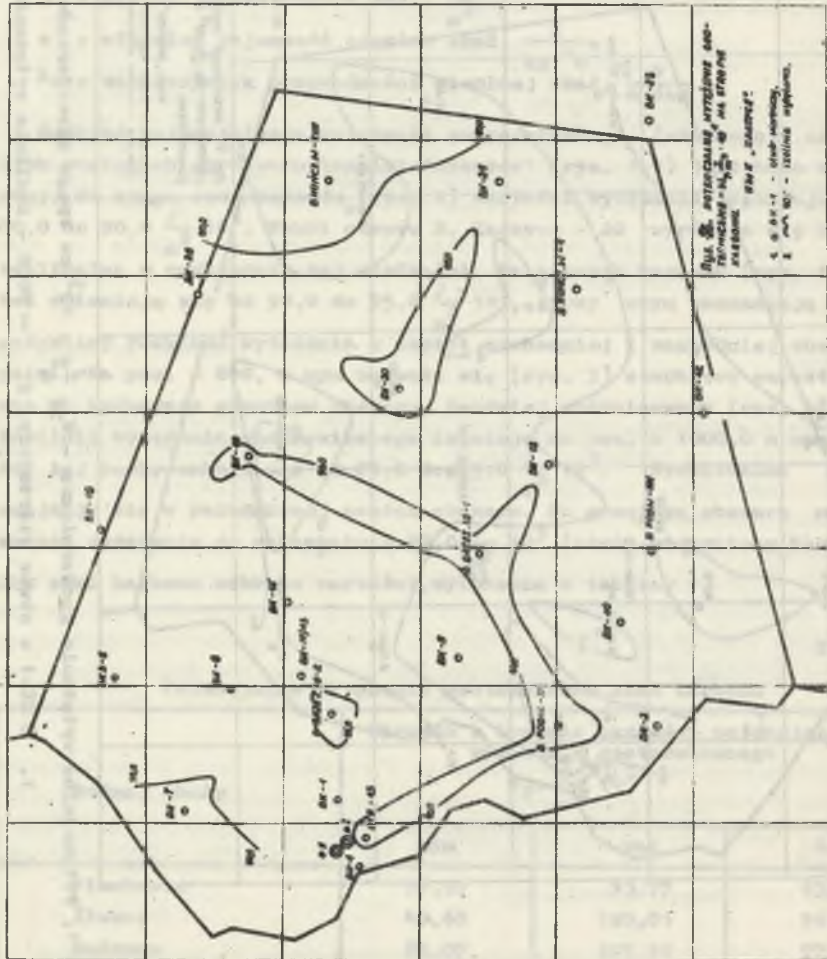
Potencjalne wyiężenie geotermiczne skał karbonu

Rodzaj skały	Skrajne i średnie wartości potencjalnego wyiężenia geotermicznego $W_T, \frac{J}{m^2} 10^3$		
	min	max	śr
Piaskowce	77,27	93,77	83,69
Iłowce	49,69	120,01	96,87
Mułowce	89,07	107,50	97,79
Węgle	48,97	67,13	61,79

Wyznaczono równania prostych regresji (rys. 5) potencjalnego wyiężenia geotermicznego w zależności od gęstości przestrzennej różnych odmian lito-

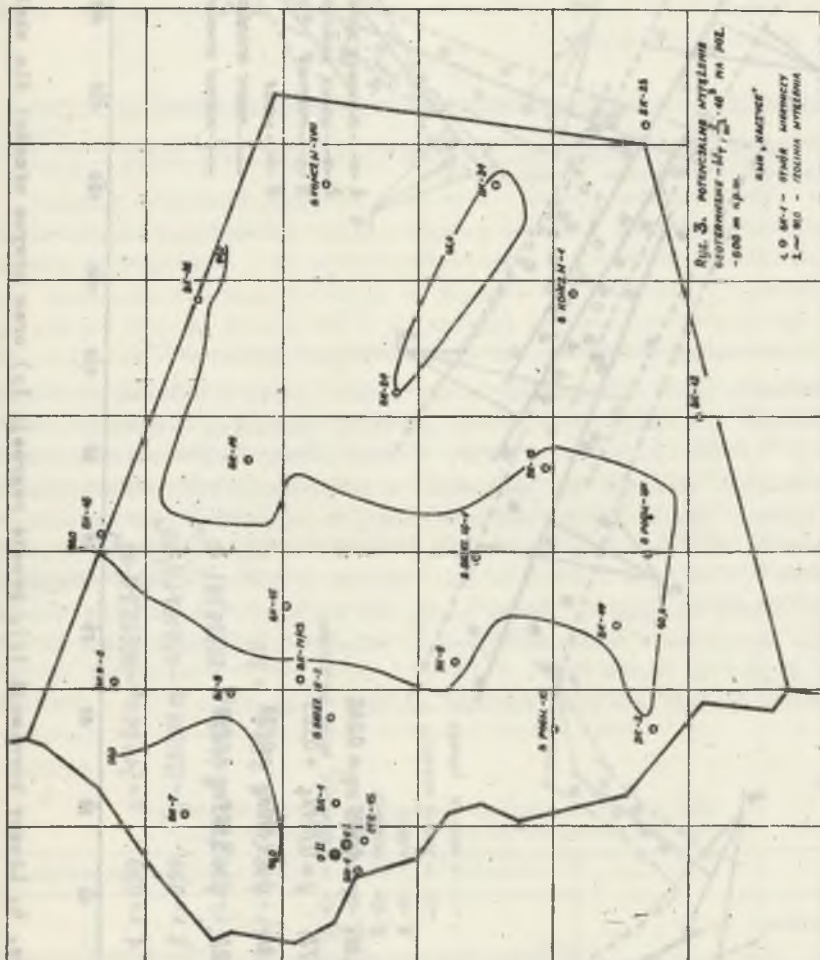


Rys. 1. Potencjalne wyłączenie geotermiczne - $V_T, \frac{J}{m^2} \cdot 10^3$ na spęgu osłaberszku KWK "Kaczyca"
 1. O EK-1 - otwór wiertniczy, 2. $\approx 90,0$ - izolacja wyłączenia

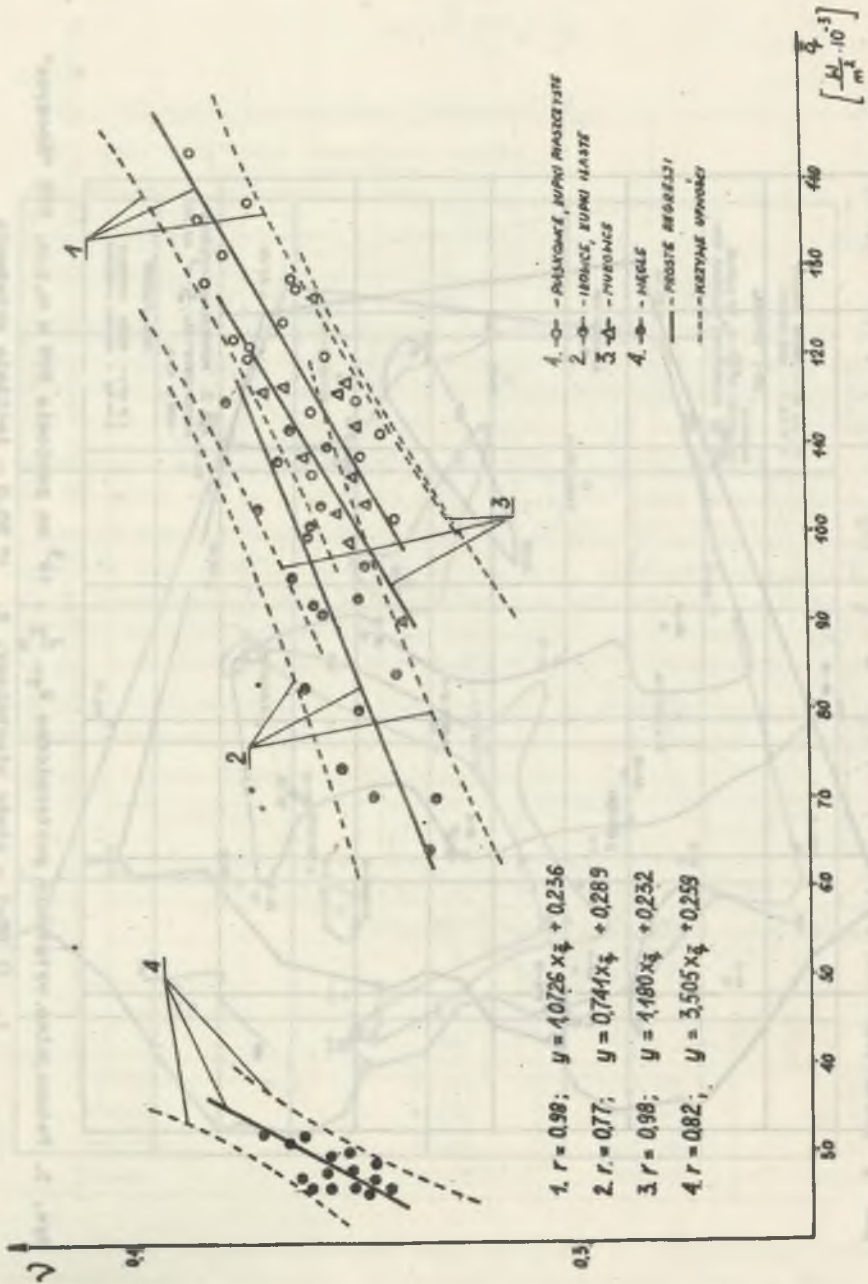


Rys. 3. Potencjalne wyżejście geotermalne - V_T , 10^3 na stopie karbonu KWK "Kaczyce"

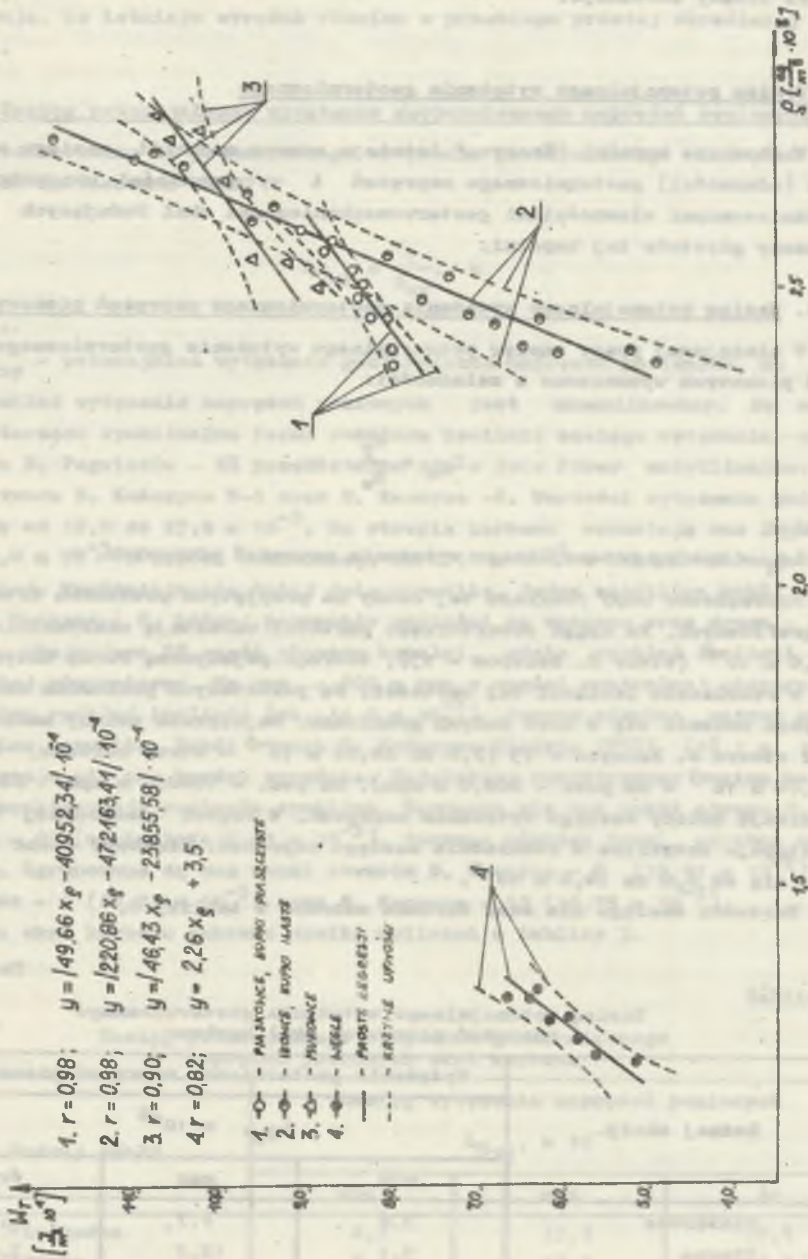
1. O KWK-1 - otwór wierceniowy, 2. - izolinia wyżejścia



Rys. 3. Potencjalne wyłączenie geotermiczne $V_T, \frac{J}{m^2} \cdot 10^3$ na poziomie 800 m n.p.m. KWK "Kaczyce"
 1. \circ BK-1 - otwór wiertniczy, 2. \sim 90,0 - izolinia wyłączenia



Rys. 4. Liczby korelacji (r), proste regresji (y) oraz krzywe ufnosci dla skal karbonu



Rys. 5. Liczby korelacji (r), proste regresji (y) oraz krzywe ufnosci dla skal karbonu

logicznych skał karbonu. Wyliczono dla piaskowców, ilowców, mułowców i węgla liczby korelacji.

3. Zasięg potencjalnego wyłączenia geotermicznego

W obszarze kopalni "Kaocyce" istnieje szereg anomalii zasięgu wyłączenia (udarności) geotermicznego naprężeń i wytrzymałości uwarunkowanych zróżnicowanymi własnościami geotermomechanicznymi skał budujących nienużony górotwór tej kopalni.

3.1. Zasięg potencjalnego wyłączenia geotermicznego naprężeń pionowych

W niniejszej pracy zasięg potencjalnego wyłączenia geotermicznego naprężeń pionowych wyznaczono z zależności:

$$L_{\sigma_z} = \frac{V_T}{\sigma_z}, \text{ m}$$

gdzie:

L_{σ_z} - zasięg potencjalnego wyłączenia naprężeń pionowych, m.

Sporządzono mapy rozkładu tej cechy na przyjętych poziomach lito-stratygraficznych. Na spągu oswartorzędu wartości warstają maksymalnie do ok 16,0 m 10^{-5} (otwór B. Kaocyce - 13), tworząc pojedynczą formę antyklinalną w rozkładzie isolinii tej wartości. Na pozostałych poziomach zasięg naprężeń zmienia się w doół dużych granicach. Największe zmiany zachodzą wokół otworu B. Kaocyce - 13 (7,0 do 20,86 m 10^{-5} - strop karbonu, 6,0 do 27,84 m 10^{-5} - na poz. - 800,0 m npm). Na poz. - 1000,0 m npm stopniowo zanikają zmiany zasięgu wyłączenia naprężeń. W części zachodniej obszaru występuje antyklina w rozkładzie zasięgu naprężeń. Liczbowo cecha ta zmienia się od 6,0 do 14,0 m 10^{-5} .

Wartości zasięgu dla skał karbonu zebrano w tablicy 2.

Tablica 2

Zasięg potencjalnego wyłączenia geotermicznego naprężeń pionowych skał karbonu

Rodzaj skały	Wyłączenie geotermiczne naprężeń pionowych		
	$L_{\sigma_z}, \text{ m} = 10^{-6}$		
	min	max	śr
Piaskowiec	3,6	8,7	5,9
Iłowce	3,1	12,5	7,4
Mułowce	4,4	9,1	6,4
Węgle	32,6	179,3	69,9

Wyznaczone równania prostych regresji zasięgu wyęteżenia naprężeń w funkcji ziemskiego strumienia ciepła oraz potencjalnych naprężeń pionowych wykazują, że istnieje wyraźna różnica w przebiegu prostej określonej dla węgla.

3.2. Zasięg potencjalnego wyęteżenia geotermicznego naprężeń poziomych

W odniesieniu do potencjalnego wyęteżenia geotermicznego naprężeń poziomych zastosowane wzór:

$$L_{G_{xy}} = \frac{V_T}{G_{xy}}, =$$

gdzie:

$L_{G_{xy}}$ - potencjalne wyęteżenie geotermiczne naprężeń poziomych, m.

Rozkład wyęteżenia naprężeń poziomych jest skomplikowany. Na spągu czwartorzędu synklinalna forma rozkładu izolacji zasięgu wyęteżenia wokół otworu B. Pogwizdów - XII przekształca się w dwie formy antyklinalne: wokół otworu B. Końszyce W-1 oraz B. Kaoszyce - 8. Wartości wyęteżenia zmieniają się od 18,0 do 27,0 m 10^{-5} . Na stropie karbonu wznoszą one łagodnie od 12,0 m 10^{-5} w części wschodniej, do 27,0 m 10^{-5} w części północno-zachodniej. Wyróżniają się tutaj dwie anomalie. Jedną antyklina wokół otworu B. Kaoszyce - 8, której przyrosty wartości są znaczne oraz druga - synklina, obejmująca SE część obszaru kopalni, gdzie rozkład izolacji jest bardziej równomierny. Na pos. - 800 m n.p.m. w części centralnej obszaru synklinalny rozkład izolacji (ok. 11,0 m 10^{-5}) tworzy odrębne ostre antyklinalne anomalie. Wokół otworu B. Końszyce Wielkie XVIII (18,1 m 10^{-5}) zaznacza się one bardzo wyraźnie. Najgłębiej rozpatrywany poziom karbonu charakteryzuje rozległa synklina. Zaznacza się ona wokół otworu B. Kaoszyce - 20 (minimalnie 7,91 m 10^{-5}), tworząc również trzy odrębne antykliny. Zgrupowane są one wokół otworów B. Kaoszyce - 8 (19,01 m 10^{-5}), B. Kaoszyce - 9 (26,71 m 10^{-5}) oraz B. Kaoszyce - 13 (16,55 m 10^{-5}).

Dla skał karbonu zebrane wyniki wyliczeń w tabelicy 3.

Tabela 3

Zasięg potencjalnego wyęteżenia geotermicznego naprężeń poziomych skał karbonu

Rodzaj skały	Zasięg wyęteżenia naprężeń poziomych		
	$L_{G_{xy}}, m \cdot 10^{-6}$		
	min	max	śr
Piaskowce	6,7	15,3	10,4
Iłowce	6,1	23,2	13,2
Mułowce	7,3	16,2	11,1
Węgle	56,6	320,8	128,5

Związki funkcyjne pomiędzy zasięgiem wyęteżenia potencjalnych poziomych naprężeń geotermicznych a ziemskim strumieniem ciepła obrazuje wykres. Liczby korelacji określone dla tego związku są bliskie jedności. Podane charakterystyki statystyczne związków między zasięgiem a naprężeniami pionowymi określono liczbami korelacji, które dla skał karbonu zmieniają się od 0,89 (węgle) do 0,96 (piaskowce, ilowce). Równania prostych regresji są podobne dla ilowców, mułowców i piaskowców. Proste regresji tych skał tworzą wiązkę, od której wyraźnie odbiega prosta wyznaczona dla węgla.

3.3. Zasięg potencjalnego wyęteżenia geotermicznego wytrzymałości

Przed wyznaczeniem zasięgu wyęteżenia wytrzymałości, dla skał karbonu górotworu nienaruszonego kopalni "Kaczyce" wyznaczono proste regresji pomiędzy wytrzymałością geotermomechaniczną skał a ziemskim strumieniem ciepła. Określone liczby korelacji są wysokie. Zauważa się odrębny przebieg prostej węgla w stosunku do innych skał. Zasięg wyęteżenia wytrzymałości określono zgodnie ze wzorem:

$$L_{RG} = \frac{W_T}{R_G}, \text{ m}$$

gdzie:

L_{RG} - zasięg potencjalnego wyęteżenia geotermicznego wytrzymałości, m.

Rozkład izolinii na przyjętych poziomach kopalni ma w zasadzie przebieg południkowy. Na stropie czwartorzędu wzrost wartości izolinii zachodzi ku granicom obszaru. Maksymalne wartości ($7,5 \text{ m} \cdot 10^{-3}$) notuje się wokół otworu B. Kaczyce - 1 i B. Berezówka IG - 2. Podobny przebieg izolinii zachodzi na stropie karbonu. Istnieje tutaj antyklina w rozkładzie tej cechy o maksymalnej wartości $5,0 \text{ m} \cdot 10^{-3}$. Na poz. - 800,0 m npm zauważa się synklinę, w pobliżu otworu B. Berezówka IG - 1. Od otworu tego, położonego w centralnej części obszaru, wzrastają (max. $3,0 \text{ m} \cdot 10^{-3}$) wartości izolinii ku granicom obszaru. Na poz. - 1000,0 m npm istnieje nieznaczne zróżnicowanie wartości - od 2,5 do $3,0 \text{ m} \cdot 10^{-3}$. Nie można wyróżnić anomalii w rozkładzie tej cechy, co świadczy o stabilnym stanie geotermomechanicznym górotworu na tym poziomie.

W tabelicy 4 zebrano wyniki liczebne zasięgu wytrzymałości.

Wyliczone proste regresji zasięgu wytrzymałości w funkcji ziemskiego strumienia ciepła świadczą o związkach tych wielkości. Natomiast brak wyraźnych zależności pomiędzy zasięgiem wytrzymałości a wytrzymałością geotermomechaniczną, co związane jest z rozpatrywaniem tego zagadnienia w górotworze nienaruszonym.

	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0
	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0
	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0
	2,25	2,5	2,75	3,0	3,25	3,5	3,75	4,0

Tablica 4

Zasięg potencjalnego wyłączenia geotermicznego
wytrzymałości skał karbonu

Rodzaj skał	Zasięg potencjalnego wyłączenia geotermicznego wytrzymałości		
	$L_{RG}, m \cdot 10^{-3}$		
	min	max	śr
Piaskowce	2,1	5,3	3,9
Iłowce	2,2	7,4	5,6
Mułowce	2,4	5,1	3,7
Węgle	1,7	4,3	3,1

4. Uwagi końcowe

Przeprowadzone w niniejszej pracy rozważania są próbą wykorzystania właściwości geotermodynamicznych skał do określenia stanu geotermomechanicznego górotworu nienaruszonego. Z tego względu podane dalej uwagi traktować należy jako podstawę dalszej, krytycznej dyskusji.

1. Istnieją zależności, wyprowadzone w pracy w postaci prostych regresji, pomiędzy rozkładem ziemskiego strumienia ciepła a wyłączeniem (udarnością) geotermiczną i jego zasięgiem tak w odniesieniu do naprężeń jak i wytrzymałości skał.

2. Analiza związków wykazała istnienie stref o zróżnicowanych wielkościach wyłączenia i zasięgu wyłączenia w górotworze nienaruszonym kopalni "Kaczyce", co uwarunkowane jest własnościami geotermomechanicznymi tego kompleksu skalnego.

3. Wyliczone, metodami statystycznymi, zależności świadczą o odrębnych własnościach węgla w stosunku do pozostałych skał, co zgodne jest z innymi ustaleniami w tym zakresie.

LITERATURA

- [1] Chudek M.: Mechanika górotworu. "Śląsk", Katowice, 1973.
- [2] Chmura K.: Własności fizykotermiczne skał niektórych polskich zagłębi górniczych. "Śląsk", Katowice 1970.
- [3] Chmura K.: Wpływ zmienności masywu skalnego na warunki cieplne i rozkład temperatury w profilu pionowym górotworu. Przegląd Górniczy nr 10, Katowice 1977.
- [4] Chmura K., Dusik L., Frączek M.: Wpływ ciśnienia na wielkość współczynnika przewodzenia ciepła skał. Przegląd Górniczy nr 10, Katowice 1977.

- [5] Chmura K., Myrocha A.: Związki funkcyjne między ziemskim strumieniem ciepła a własnościami geotermomechanicznymi skał w górotworze. Mat. Konf. Międz. Biura Gór. Fiz. Ciepł. Gr. Robocza nr 1, MG-GIG, Katowice 9-13 czerwca 1980.
- [6] Chmura K.: Właściwości cieplne i geotermomechaniczne skał obszaru kopalni "Kaczyce". Pol. Sl. Inst. PBK10P (biblioteka Inst.). Gliwice 1980.
- [7] Chmura K., Myrocha A.: pośrednia metoda określania własności mechanicznych w górotworze nienaruszonym. Materiały X Sympozjum: Zastosowanie metod matematycznych i informatyki w geologii. AGH, Kraków 21 - 22 czerwca 1982.
- [8] Chmura K., Myrocha A.: Związki funkcyjne między ziemskim strumieniem ciepła a własnościami geotermomechanicznymi skał w górotworze. Przegląd Górniczy nr 9, Katowice 1982.
- [9] Chudek M., Moros R.: Wytrzymałość skał karbońskich w trójosiowym stanie naprężenia. Archiwum Górnictwa 1971, t. XVI, z. 3.
- [10] Karwasiecka M.: Atlas geologiczny Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Wyd. Geologiczne, Warszawa 1980.
- [11] Węsierska M.: A study of terrestrial heat flux density in Poland. Publ. Inst. Geophys. Acad. Sci. GO, 135, Warszawa 1973.

Recenzent: Doc. dr inż. Leonard PLUTA

Wpłynęło do redakcji w maju 1983 r.

**ЗАМЕЧАНИЯ ПО ПОВОДУ ГЕОТЕРМИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ЕГО ПРЕДЕЛА
В НЕВЗРУШЕНОМ ГОРООБРАЗОВАНИИ ШАХТЫ "КАЩИЦЕ"**

Р е з ю м е

В данной работе, зная поток земного тепла, состояние потенциальных напряжений и деформаций а также геотермомеханическое сопротивление горообразования шахты "Кашнице", охарактеризовано геотермическое напряжение а также предел напряжений и сопротивления. Приведён статистический анализ результатов с учётом литологии рассматриваемого комплекса горообразования карбона

Полученные результаты исследований и расчётов иллюстрированы только наглядным образом в связи с обширностью проблемы.

**REMARKS ON A GEOTHERMIC EFFORT AND ITS RANGE IN AN UNDISTURED ROCK MASS
OF THE COAL MINE KACZYCE**

S u m m a r y

Basing on the knowledge of a distribution of a earth heat flux, a state of potential stresses and strains and geothermic strenght of a rock mass of the coal mine Kaczyce a geothermic effort and its range has been characterized. Statistical analysis of results has been given including lithology of the considered rock complex. The results of experiments and computation has been illustrated only demonstratively because of the broad range of the problem.