

Jan BIAŁEK

Andrzej JAWORSKI

Józef WĘKLAR

METODA PROGNOZOWANIA ROZKŁADÓW IZOLINII NAPRĘŻEN PIONOWYCH
W GÓROTWORZE PRZY WYKORZYSTANIU KOMPUTERA OSOBISTEGO

Streszczenie. W artykule podano metodę szybkiego prognozowania przy użyciu minikomputera osobistego, rozkładów składowej pionowej naprężenia w polach eksploatacji ścianowej i warstwach górotworu, objętych oddziaływaniem złożonego układu pól i krawędzi wybierkowych.

Przedstawiono formuły matematyczne, stanowiące podstawę analityczną opracowanej metody prognozowania, uzyskane na gruncie przestrzennego modelu sprężystego, pozwalające z wystarczającym dla praktyki górniczej przybliżeniem opisywać końcowy stan naprężeń w obszarach górotworu naruszonych robotami górniczymi.

Na bazie tych rozwiązań opracowano system programów obliczeniowych, przystosowanych do minikomputera osobistego ZX SPECTRUM 48 k, przy użyciu których można w dużych obszarach górotworu prognozować w czytelnej formie komputerowych map izolinii, naprężenia wytwarzane wielopokładową eksploatacją dokonaną o dowolnych kształtach i określonych wymiarach.

Podano przykład praktycznego zastosowania metody prognozowania dla konkretnych warunków górniczo-geologicznych w pokładzie 504 KWK "Szombierki".

1. WPROWADZENIE

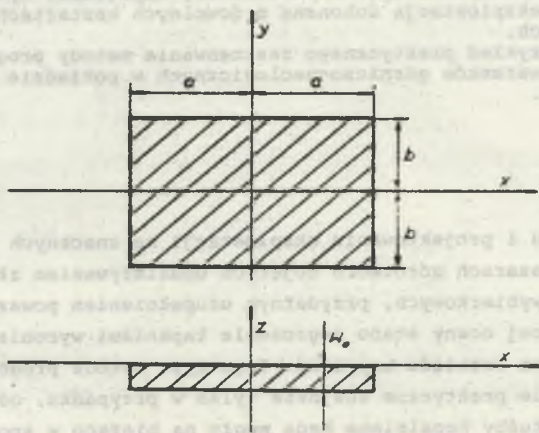
Przy prowadzeniu i projektowaniu eksploatacji na znacznych głębokościach, a szczególnie w obszarach górotworu objętych oddziaływaniem złożonego układu pól i krawędzi wybierkowych, przydatnym uzupełnieniem powszechnie stosowanych metod bieżącej oceny stanu zagrożenia tapaniami wyrobisk może być komputerowa prognoza rozkładu naprężeń. Tego typu metoda prognozowania szersze zastosowanie praktyczne znajdzie tylko w przypadku, gdy za jej pomocą odpowiednie służby kopalniane będą mogły na bieżąco w sposób prosty, szybki i czytelny prognozować rozkłady naprężenia w analizowanych obszarach górotworu. Wymaga to opracowania na dostępne minikomputery osobiste odpowiednich programów, umożliwiających wykonywanie bieżących, a także wyprzedzających prognoz rozkładów naprężenia w sąsiedztwie wyrobisk i na ich wybiegach lub np. w wyżej zalegających mocnych, akumulujących energię sprężystą warstwach skalnych.

Prognozowanie rozkładów naprężenia z uwzględnieniem kształtu, wymiarów i przestrzennego usytuowania zasłójności eksploatacyjnych, pozwala wstępnie wymiarować na wybiegach projektowanych lub prowadzonych wyrobisk, strefy

wzmóżonej koncentracji naprężeń. Może to ułatwiać prognozowanie z odpowiednim wyprzedzeniem stref silnie zagrożonych tapaniami i wstrząsami, a tym samym ułatwiać odpowiednio wczesne stosowanie środków profilaktycznych. Dla założonego modelu górotworu proponowana metoda prognozowania spełnia powyższe postulaty, przy czym wynik prognozy uzyskuje się w czytelnej formie komputerowej mapy - wydruku izolinii naprężeń pionowych. Przedstawienie wyników obliczeń w powyższej formie ułatwia prowadzenie analiz porównawczych, np. prognozowanych rozkładów izolinii naprężeń (mapy - wydruki) na wybiegach rozpatrywanych pól ścianowych z wykształtowaniem krawędzi eksploatacyjnych (mapy pokładowe).

2. PODSTAWY METODY PROGNOZOWANIA

Podstawę proponowanej metody prognozowania rozkładu naprężeń pionowych stanowi rozwiązanie przemieszczeniowe trójwymiarowego zadania teorii sprężystości, podane w postaci ogólnej w pracy [4]. Rozwiązanie to określa rozkład przemieszczeń i naprężeń wokół prostokątnego wybrania pola o wymiarach $2a \times 2b \times w_0$ (rys. 1).



Rys. 1. Schemat przyjęty do obliczeń
Fig. 1. A scheme adapted for calculations

Wzór określający wielkość naprężenia w dowolnym punkcie P o współrzędnych x, y, z wyprowadzony został dla następujących warunków brzegowych:

$$\left. \begin{aligned}
 u_3(x, y, 0) = w &= \begin{cases} -w_0 & \text{wewnątrz prostokąta} \\ 0 & \text{na pozostałym obszarze} \end{cases} \\
 \tau_{zx} = \tau_{zy} = 0 & \quad \text{dla całej płaszczyzny } z = 0 \\
 \sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{xy} = \tau & \rightarrow 0 \quad \text{dla } z \rightarrow \infty
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Przyjmując powyższe warunki brzegowe zadane na brzegu półprzestrzeni sprężystej uzyskano następujący wzór na obliczanie naprężeń pionowych:

$$\sigma_z(x, y, z) = \frac{G}{1-\nu} \left[\frac{\partial f_3}{\partial z} - z \frac{\partial^2 f_3}{\partial x^2} \right] + P_z \quad (2)$$

gdzie:

$$f_3(x, y, z) = \frac{-w_0}{2\pi} \left\{ \arctg \frac{(a-x)(b-y)}{zr_1} + \arctg \frac{(a+x)(b-y)}{zr_2} \right. \\
 \left. + \arctg \frac{(a+x)(b+y)}{zr_3} + \arctg \frac{(a-x)(b+y)}{zr_4} \right\}$$

$$r_1^2 = (a-x)^2 + (b-y)^2 + z^2$$

$$r_2^2 = (a+x)^2 + (b-y)^2 + z^2$$

$$r_3^2 = (a+x)^2 + (b+y)^2 + z^2$$

$$r_4^2 = (a-x)^2 + (b+y)^2 + z^2$$

$$P_z = -\gamma H (\cos^2 \alpha + n \sin^2 \alpha)$$

ν - współczynnik Poissona,

G - zastępczy moduł sprężystości postaciowej górotworu,

w_0 - maksymalne osiadanie końcowe w zrobach,

$2a$ - szerokość wybranego pola,

$2b$ - długość wybranego pola,

x, y, z - współrzędne punktu obliczeniowego,

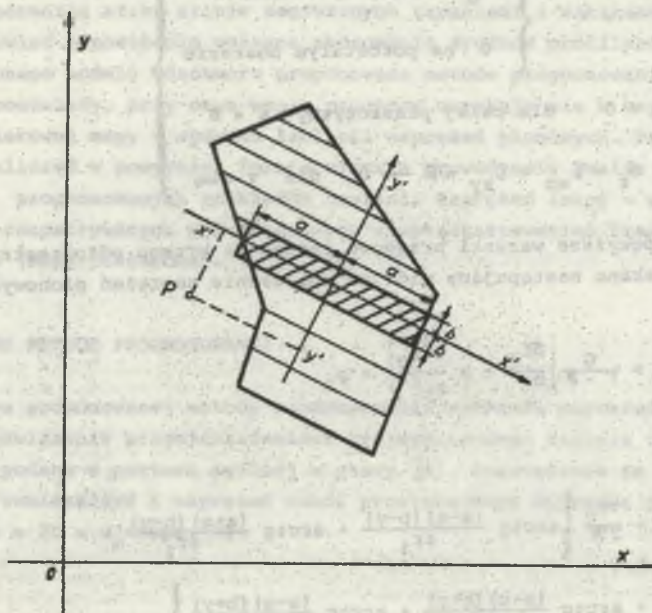
P_z - składowa pionowa naprężenia pierwotnego,

γ - średni ciężar objętościowy skał,

H - głębokość punktu obliczeniowego,

α - kąt nachylenia pokładu lub warstwy,

$n = \nu(1-\nu)$ współczynnik boczny rozpierania.



Rys. 2. Podział dowolnego wieloboku na elementarne prostokąty
Fig. 2. The division of any polygon into elementary rectangulars

Obliczając kolejne pochodne funkcji f_3 względem zmiennej "z" i wstawiając do wzoru (2) uzyskujemy ostateczne wyrażenie określające naprężenie pionowe w punkcie $P(x, y, z)$. Z uwagi na obszerność tego wyrażenia zrezygnowano z jego zamieszczenia.

Dysponując wyrażeniem rozpisany w wzoru (2) określającym wielkość naprężenia pionowego wokół wybranego pola o kształcie prostokąta, możliwe jest obliczenie naprężenia pionowego spowodowanego wybieraniem parceli o dowolnym kształcie. W tym celu należy wykonać następujące czynności:

- Aproksymować zroby wyeksploatowanej parceli pokładem wielobokiem. Współrzędne x, y wierzchołków tego wieloboku, wielkość w_0 oraz głębokość parceli są danymi wejściowymi.
- Dokonać podziału parceli (wieloboku) na wąskie pasy. Każdy z pasów jest w ogólnym przypadku trapezem. Jeśli pas jest dostatecznie wąski, to popełniamy mały błąd w odwzorowaniu brzegu parceli zastępując pas o kształcie trapezu pasem o kształcie prostokąta (rys. 2).
- Założyć w środku każdego z elementarnych prostokątów lokalny układ współrzędnych x', y' .

- Obliczyć wielkości a i b określające wymiary prostokąta oraz współrzędne x' , y' punktu obliczeniowego P w lokalnym układzie współrzędnych x' , y' . Obliczyć współrzędną z' traktowaną jako różnicę głębokości punktu obliczeniowego i elementarnego prostokąta.
- d) Stosując wzór (2) obliczyć wielkość przyrostu naprężenia spowodowanego wyeksploatowaniem pojedynczego prostokąta.
 - e) Dokonując czynności c-d dla każdego z pasów, zakładając możliwość sumowania naprężeń pionowych spowodowanych wybieraniem każdego z pasków, możliwe jest obliczanie w punkcie P naprężenia pionowego spowodowanego wybieraniem całej parceli.
 - f) Uogólniając postępowanie a-e na dowolną ilość parcel możliwe jest, przy założeniu liniowej superpozycji wpływów, obliczanie naprężeń pionowych spowodowanych praktycznie dowolnym układem zaszczości eksploatacyjnych.
 - g) Wykonując obliczenia dla siatki punktów obliczeniowych P_{ij} , drogą interpolacji można wyznaczyć warstwicę naprężeń pionowych.

Powyższe postępowanie jest praktycznie możliwe do zrealizowania tylko przy użyciu komputera, po skonstruowaniu odpowiednich programów obliczeniowych. Odrębnym zagadnieniem jest sprawa doboru stałych materiałowych G , φ , γ .

Występujące we wzorach obliczeniowych stałe materiałowe charakteryzujące ściśliwość (ν) i sprężystość postaciową (G) ośrodka, należy traktować jako średnie statystyczne lokalnie niejednorodnych i anizotropowych własności górotworu rzeczywistego. Ich przybliżone, "zastępcze" wartości można też określać przeprowadzając obliczenia testowe. Sprowadza się to do wyspecyfikowania takich wartości parametrów, przy których wyniki prognozy naprężeniowej (testu) najbardziej odpowiadają stwierdzonemu pomiarowi i robotami górniczymi, np. wykształtowaniu i zasięgowi stref wzmożonej koncentracji naprężeń w określonym rejonie eksploatacyjnym.

Posługując się proponowaną metodą, przed przystąpieniem do prognozowania rozkładów naprężenia w rejonach aktualnie prowadzonej oraz projektowanej eksploatacji, celowe jest wykonanie szeregu prognoz dla rejonów o już rozzezanym stanie zagrożenia, rozpoznanych przejawach ciśnienia górotworu i budowie geologicznej.

Analizując rozkłady naprężeń prognozowanych dla obszarów, w których wystąpiły np. tąpnięcia i wstrząsy i w których ich nie rejestrowano oraz wykonując prognozę dla rejonu projektowanej lub prowadzonej eksploatacji, można drogą porównania oceniać zagrożenia, jakie mogą wystąpić w trakcie jej prowadzenia.

Przyjęty porównawczy tok postępowania częściowo minimalizuje błędy związane z szacowaniem stałych charakteryzujących własności mechaniczne skał oraz wynikających z niedoskonałości przyjętego modelu matematycznego.

3. PROGRAMY OBLICZENIOWE DO PROGNOZOWANIA ROZKŁADÓW NAPRĘŻEŃ PIONOWYCH PRZY UŻYCIU MINIKOMPUTERA ZX SPECTRUM

Wykonanie prognozy naprężeniowej pomimo wykorzystywania stosunkowo prostych wzorów rozwiązania podstawowego opisujących rozkład naprężenia pionowego spowodowanego wybraniem pola w kształcie prostokąta, wymaga użycia komputera. Skonstruowany system dwóch programów obliczeniowych przystosowany jest do popularnego minikomputera ZX SPECTRUM 48 k.

Korzystając z tych programów można prognozować rozkłady składowej pionowej naprężenia na wybranych poziomach (Z) w górotworze, praktycznie w dowolnym obszarze i przy uwzględnieniu nawet bardzo złożonego układu krawędzi wybierkowych wytworzonych dotychczasową, wielopokładową eksploatacją.

Pierwszy z tych programów o nazwie "danesz" został napisany w języku Basic i służy do wprowadzania danych o eksploatacji dokonanej. Założono, że eksploatację tę można opisać dzieląc parcele na dowolne czworoboki, dla których podaje się: nr pokładu, nr parceli, współczynnik osiadania stropu, wysokość wybranego pola, datę rozpoczęcia eksploatacji, datę zakończenia eksploatacji oraz współrzędne x, y czterech wierzchołków czworoboku.

W przypadku parcel nieregularnie wykształtowanych, odtworzenie ich konturów (opis eksploatacji) jest tym wierniejsze, im gęściej zostaną one podzielone na odpowiednie czworoboki. Program "danesz" spełnia funkcję specjalistycznego edytora tekstu, a jego zakres działania obejmuje między innymi:

- wprowadzanie danych o parcelach,
- poprawianie danych o parcelach,
- usuwanie wybranych parcel z utworzonego zbioru danych,
- wstawianie nowych danych o parcelach w dowolne miejsce zbioru,
- zapis i odczyt (na i z magnetofonu),
- drukowanie danych o parcelach przez drukarkę,
- rysowanie konturów wprowadzonych parcel i wyświetlanie ich na ekranie monitora.

Przykładowy fragment wydruku zbioru danych o parcelach (dane do przykładu obliczeniowego) przedstawia tablica 1, natomiast rysunek 5 pokazuje skopiowany przez drukarkę kontrolny obraz konturów jednej z parcel tego zbioru. Edycje danych można prowadzić dla 400 parcel, natomiast jednocześnie obliczenia dla 250 parcel (czworoboków), co praktycznie wystarcza do odwzorowania dowolnej eksploatacji. Drugi z programów o nazwie "mapasz", sterując drukarką znakową, służy do drukowania w zadanej skali i obszarze map izolinii naprężeń pionowych.

Danymi wejściowymi do tego programu jest zbiór danych o eksploatacji utworzony przez program "danesz" oraz dodatkowo dane wprowadzone w trybie interakcyjnym określające między innymi:

Tablica 1

Komputerowy wydruk wprowadzonych danych obliczeniowych dla przykładowego pola w pokładzie 418

KWK Szombierki-analiza stanu naprężenia w Pokl. 504

1	418	1	520	10	2700	22	1	1	2311	1	520	135
											585	435
											490	462
											396	192
2	418	2	520	10	2700	21	1	1	211230		585	435
											595	590
											412	580
											490	462
3	418	3	520	20	2700	2011	1		201230		595	590
											535	630
											340	680
											372	578
4	418	4	520	10	2700	20	5	1	201030		535	630
											600	650
											385	700
											340	680
5	418	5	520	10	2700	20	1	1	20	430	600	650
											600	800
											310	800
											385	700

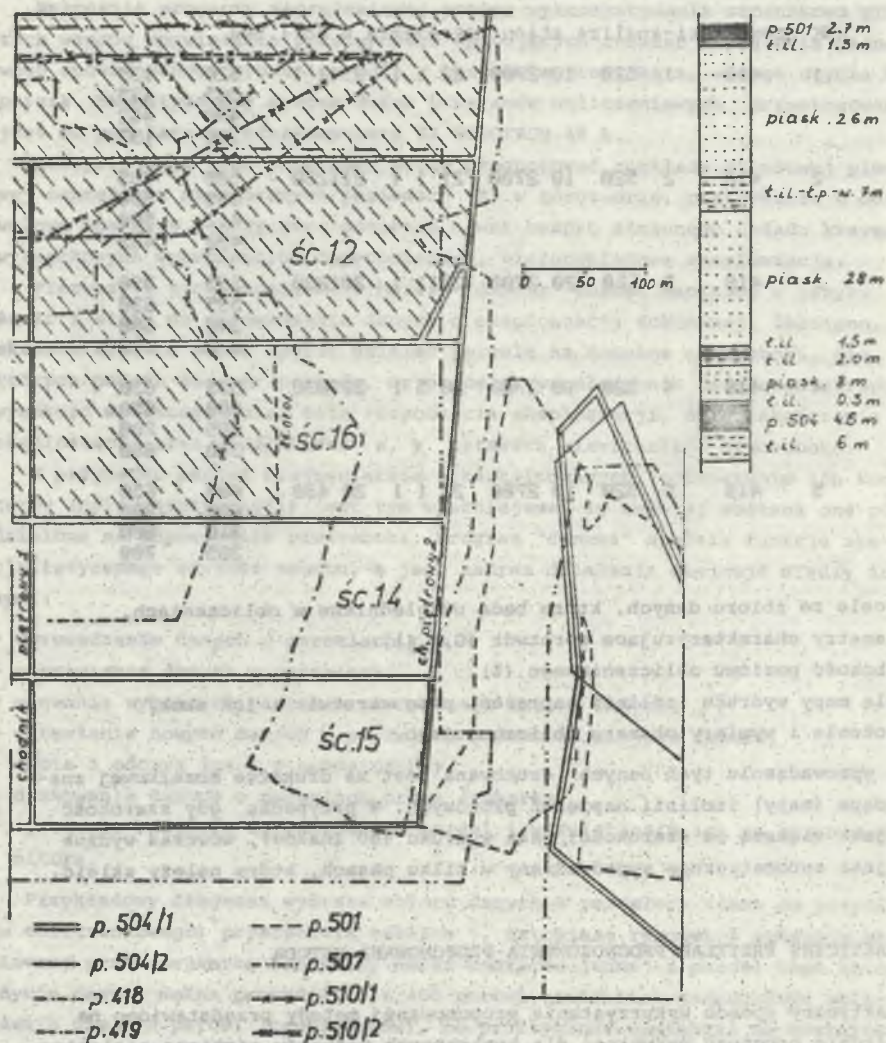
- parcele ze zbioru danych, które będą uwzględniane w obliczeniach,
- parametry charakteryzujące górotwór (G, φ, δ),
- głębokość poziomu obliczeniowego (Z),
- skalę mapy wydruku izolinii naprężeń, próg warstwic i ich skok,
- położenie i wymiary obszaru obliczeniowego.

Po wprowadzeniu tych danych drukowana jest na drukarce mozaikowej znakowa mapa (mapy) izolinii naprężeń pionowych. W przypadku gdy szerokość mapy jest większa od szerokości pasa wydruku (80 znaków), wówczas wydruk mapy jest automatycznie wyprowadzany w kilku pasach, które należy skleić.

4. PRAKTYCZNY PRZYKŁAD PROGNOZOWANIA PROPONOWANĄ METODĄ

Praktyczny sposób wykorzystania proponowanej metody przedstawiono na przykładzie prognozy wykonanej dla konkretnych warunków górniczo-geologicznych. Prognoza ta została wykonana w ramach współpracy Instytutu Techniki Eksploatacji Złóż i KWK "Szombierki" dla oceny stanu zagrożenia tapaniami przy dochodzeniu ścian podsadzkowych w pokładzie 504 do chodnika piętrowego.

Omawianą metodą zaprognozowano rozkład izolinii naprężeń pionowych (rys. 6) w obszarze pokładu 504, obejmującym końcowe odcinki wybiegów ścian 16, 14 i 15 (rys. 3) oraz w warstwie piaskowca nad tymi wybraniami.



Rys. 3. Analizowany obszar pokładu 504 z naniesionymi krawędziami pokładów sąsiednich

Fig. 3. Analysed area of seam 504 along with the adges of neighbouring seams

Celem prognozy było m.in. oszacowanie (w naprężeniach) oddziaływania złożonego układu krawędzi eksploatacyjnych od zrobów w pokładach sąsiednich i pozostawionych resztek, na zawężony pas calizny przy chodniku piętrowym 2.

Front ściany 16 w momencie wykonywania prognozy znajdował się ok. 150 m od chodnika piętrowego 2 i niewybranej kostki węglowej (rów tektoniczny), natomiast fronty kolejnych ścian 14 i 15 dochodzić będą do tego chodnika w przyszłości.

Dla celów porównawczych prognozą objęto także pole zakończonej już ściany 12 (rys. 3) i obszar, w którym ściany 12 i 16 dochodziły do chodnika piętrowego 1, tj. rejonu, gdzie eksploatację przeprowadzono w podobnych warunkach górniczo-geologicznych i przy podobnym wykształtowaniu krawędzi.

4.1. Wykonanie prognozy naprężeniowej

Wszystkie zaszczości (krawędzie eksploatacyjne w pokł. 504, 501, 507, 510, 419, 418, 417) mogące wpływać na warunki wybierania w analizowanym rejonie pokł. 504 zdjęto, tj. opisano liczbowo, wprowadzając te dane do pamięci minikomputera.

W tym celu na poszczególnych mapach pokładowych naniesiono wspólny układ współrzędnych, podzielono poszczególne wybrane pola na czworoboczne parcele, określono współrzędne ich wierzchołków oraz pozostałe (rozdział 3) dane opisujące eksploatację. Przykładowo, zrob w pokł. 418 o rzeczywistych krawędziach, jak na rys. 3 i 4, podzielono wprowadzając identyfikacyjne oznaczenia, jak na rys. 4. Dla każdego z tych czworoboków nr 1, 2, 3, 4, 5 określono głębokość zalegania (H_g [m]), współczynnik osiadania (a_g [%]), wysokość eksploatacji (g_g [mm]), datę rozpoczęcia (t_p) i zakończenia (t_k) wybierania oraz współrzędne czterech wierzchołków (x_i, y_i , [m]).

Fragment wydruku danych (list danych), dotyczący wybranego pola pokazanego na rys. 4, przedstawia wg schematu:

nr pokładu, nr parceli, H, a, g, t_p , t_k , x_1 y_1

x_2 y_2

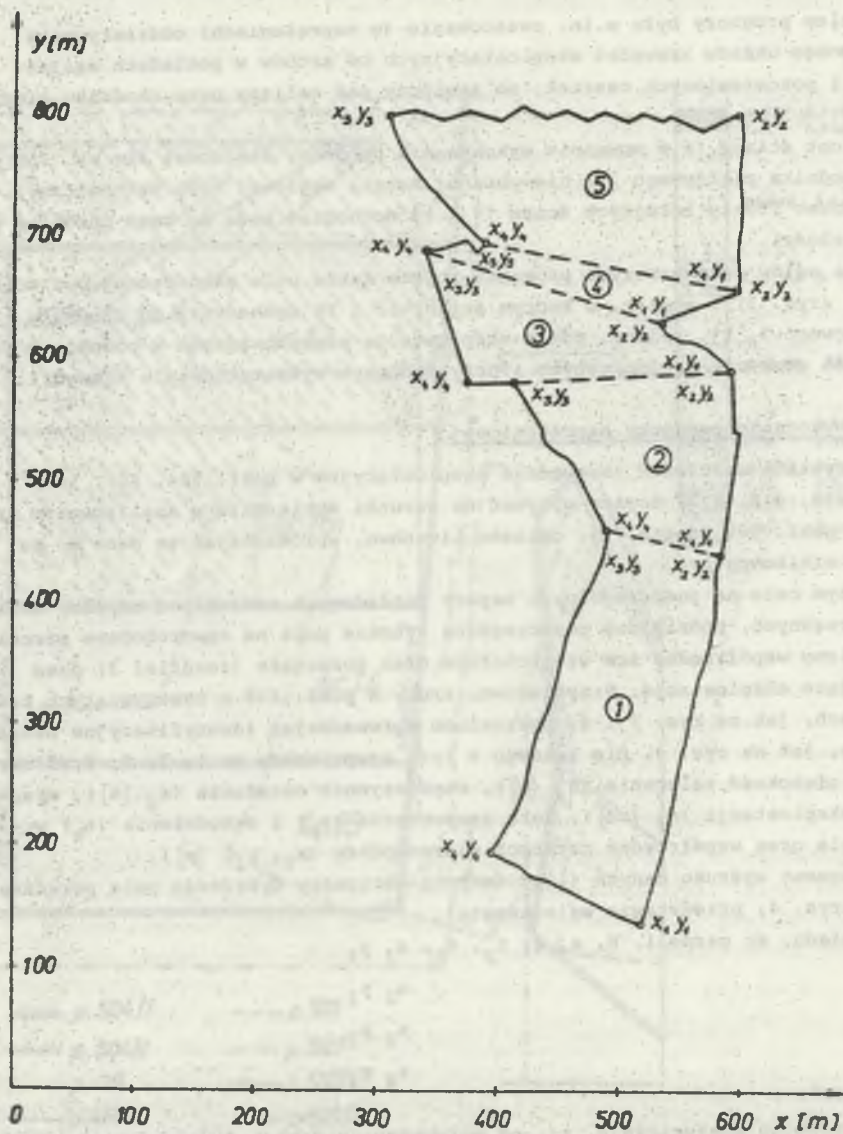
x_3 y_3

x_4 y_4

tablica 1.

Postępując analogicznie, tj. po wprowadzeniu danych o pozostałych wybranych polach, drukarka drukuje pełny list danych oraz sporządza kontrolny obraz konturów poszczególnych pól (krawędzi) uwzględnianych w obliczeniach. Odzworowanie kontrolne dla przykładowego wybranego pola w pokł. 418 (pokazanego na rys. 4) przedstawia rys. 5.

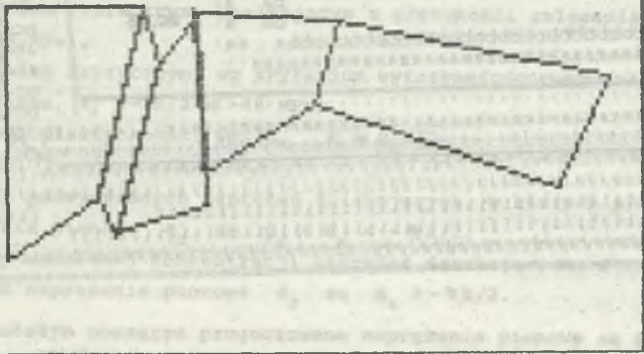
Wprowadzone w trybie interakcyjnym do pamięci minikomputera dane charakteryzujące górotwór ($G = 600$ MPa, $\varphi = 0.3$, $p = 0.025$) oraz określające głębokość poziomu obliczeniowego ($z = 600$ m), położenie i wymiary obszaru obliczeniowego, próg i skok warstw drukowane są w nagłówku mapy - wydruku prognozowanych izolinii naprężeń pionowych, który podaje tablica 2.



Rys. 4. Podział przykładowego wybranego pola w pokładzie 418 na czworoboczne parcele obliczeniowe

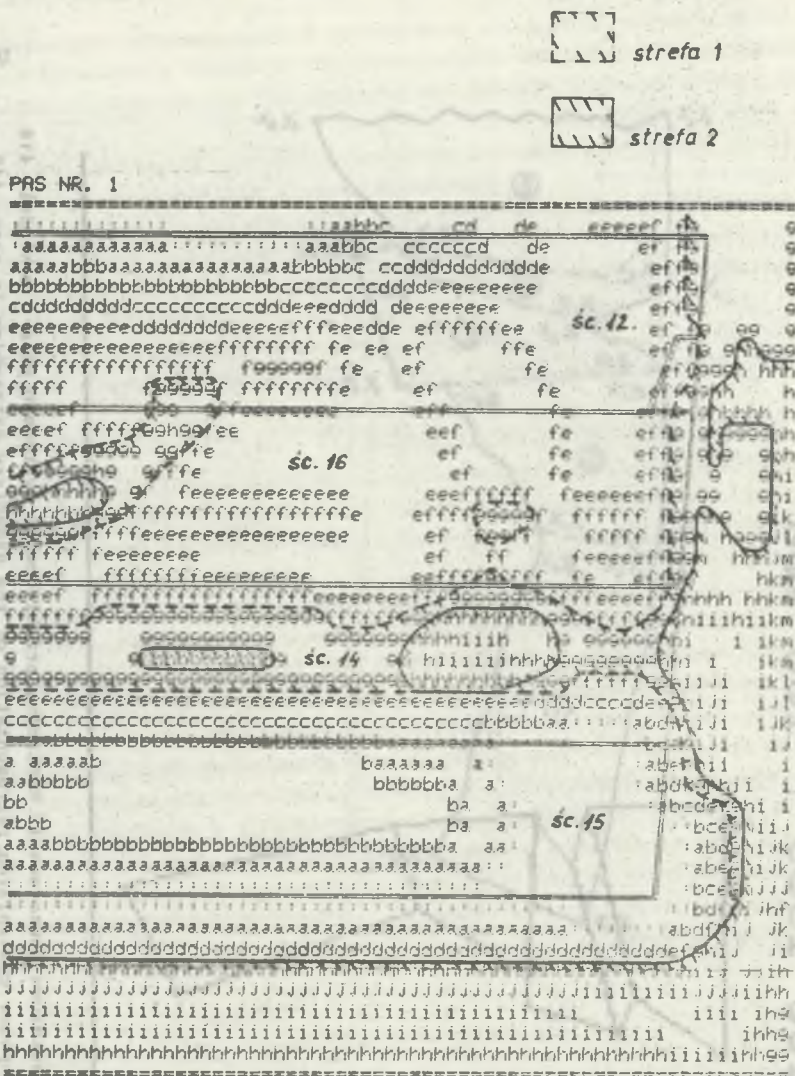
Fig. 4. Division of the exemplary extraction in seam 418 into quadrilateral analytical plots

X 200 1355 Y 100 900



Rys. 5. Komputerowe odwzorowanie kontrolne przykładowego wybranego pola w pokładzie 418
Fig. 5. Computer controlling representation of the exemplary extraction in seam 418

Rys. 6.



Rys. 6. Komputerowy wydruk mapy izolinii naprężeń pionowych w stropie pokładu 504 z wrysowanymi polami analizowanych ścian i konturami charakterystycznych naprężeniowo stref

Fig. 6. Computer printout of isoline maps of vertical stresses in the roof at seam 504 along with the drawn-in fields of analysed extraction and outlines of stress characteristic zones

Tablica 2

Komputerowy wydruk nagłówka mapy izolinii naprężeń pionowych

GRUPA PARCEL OD NR 1 DO 26

 $Z = 600.0 \text{ Gama} = 0.250$
 $\text{modul } G = 6000 \text{ ni} = 0.30$

SKALA MAPY 1: 4000.00

WSPÓLRZEDNE LEWEGO DOLNEGO ROGU
 $X = 0.0 \text{ } Y = 0.0 \text{ KAT} = 0.0$
 $Dx = 650.0 \text{ } Dy = 700.0$

i	-10.0	0.0	i	0.0	10.0
a	-25.0	-10.0	A	10.0	25.0
b	-50.0	-25.0	B	25.0	50.0
c	-75.0	-50.0	C	50.0	75.0
d	-100.0	-75.0	D	75.0	100.0
e	-125.0	-100.0	E	100.0	125.0
f	-150.0	-125.0	F	125.0	150.0
g	-175.0	-150.0	G	150.0	175.0
h	-200.0	-175.0	H	175.0	200.0
i	-225.0	-200.0	I	200.0	225.0
j	-250.0	-225.0	J	225.0	250.0
k	-275.0	-250.0	K	250.0	275.0

Rysunek 6 przedstawia komputerowy wydruk mapy izolinii naprężeń pionowych prognozowanych w stropie pokł. 504. Dla uzyskania lepszej czytelności mapy - wydruku izolinii naprężeń, wrysowano na nią kontury pół ścianowych 12, 16, 14 i 15 oraz zwympiarowano charakterystyczne naprężeniowo strefy.

Strefy te (rys. 6) zwympiarowano, porównując naprężenia prognozowane z:

- naprężeniem pierwotnym, wynikającym z głębokości zalegania ($H = 600 \text{ m}$, $p_z = -15 \text{ MPa}$),
- naprężeniem krytycznym, wg kryterium wytrzymałościowego na ściskanie kruchego pasma [6] ($-\pi k/2 \approx -18 \text{ MPa}$)
- k - stała plastyczności węgla, $k \approx R_c/\sqrt{3}$

oznaczając:

- 1 - strefy podwyższonych naprężeń ściskających, w których prognozowane naprężenia pionowe σ_z są $p_z < \sigma_z < -\pi k/2$,
- 2 - strefy wzmożonej koncentracji naprężeń ściskających, w których prognozowane naprężenia pionowe σ_z są $\sigma_z > -\pi k/2$.

W pozostałym obszarze prognozowane naprężenia pionowe są mniejsze lub równe pierwotnym, tj. wg prognozy partie pokładu poza strefami 1 i 2 można traktować jako częściowo odprężone (prognoza nie uwzględnia relaksacji naprężeń i rekonsolidacji zrobów, w każdym jednak punkcie dodaje składową pionową naprężenia pierwotnego).

Wyniki prognozy wskazują na przykład, że ściana nr 16 będzie dochodziła do chodnika piętrowego 2 w podobnych naprężeniowo warunkach, jak zakończona

już ściana nr 12, tj. w końcowym biegu przejdzie przez strefę podwyższonych naprężeń ściskających (strefa 1, rys. 6), lecz mniejszych od krytycznych wg kryterium $\sigma_k/2$.

Powyższe oraz fakt, że front ściany 16 przechodził już, dochodząc do chodnika piętrowego 1, przez podobne naprężeniowo strefy bez widocznego wzrostu zagrożenia tapaniami, stanowiły dodatkową przesłankę skłaniającą do podjęcia decyzji o doprowadzeniu tej ściany do chodnika piętrowego 2. Na uwagę zasługuje to, że ściana podsadzkowa nr 16 została już bezpiecznie doprowadzona do tego chodnika, a w trakcie dochodzenia nie rejestrowano tapani i większych wstrząsów. Należy podkreślić, że prognozowany rozkład naprężeń ściskających w stropie pokładu na wybiegu prowadzonych lub projektowanych ścian (jak w powyższym przykładzie), po przeprowadzeniu odpowiedniej analizy, może dostarczyć istotnych informacji tylko o potencjalnym zagrożeniu tapaniami pokładowymi - naprężeniowymi. Natomiast informacje o potencjalnym zagrożeniu wysokoenergetycznymi wstrząsami i związanymi z nimi tapaniami, można uzyskać prognozując naprężenia w wybranych warstwach górotworu, np. w mocnej ławie piaskowca nad rozpatrywanym polem wybierania.

5. ZAKOŃCZENIE

Przedstawiona metoda prognozowania może stanowić wartościowy, praktycznie użyteczny, uzupełniający element kompleksowych metod określania (prognozowania) stanu zagrożenia tapaniami i wstrząsami.

Korzystając z niej odpowiednie służby kopalniane mogą bowiem w sposób prosty, przy użyciu minikomputera, prognozować rozkłady naprężeń pionowych w warstwach górotworu objętych oddziaływaniem zaszłości eksploatacyjnych. Ponadto obliczenia przeprowadzane są z uwzględnieniem kształtu i wymiarów nawet bardzo złożonego układu pól i krawędzi wybierkowych, a wynik obliczeń uzyskuje się w czytelnej formie mapy - wydruku izolinii naprężeń pionowych.

Z kolei, weryfikując odpowiednio wyniki prognozy, można wstępnie wymiarować w górotworze strefy zagrożone, o wzmożonej koncentracji naprężeń ściskających. Wskazują na to przeprowadzone testy obliczeniowe i analiza porównawcza rozkładów izolinii naprężeń pionowych prognozowanych dla określonych sytuacji górniczych, ze stwierdzonym w trakcie eksploatacji zagrożeniem tapaniami i wstrząsami.

LITERATURA

1. Drzeźła B., Białek J., Jaworski A., Węklar J.: Podstawy analityczne metody numerycznego prognozowania obszarów koncentracji naprężeń w górotworze, z uwzględnieniem dowolnie złożonego, przestrzennego usytuowania pól i krawędzi wybierkowych. ZN Pol. Sl. s. Górnictwo, oddano do druku.
2. Chudek M.: Mechanika górotworu. Gliwice, 1981.

3. Dymek F.: Przemieszczeniowe zadanie brzegowe przestrzennej teorii sprężystości i jego zastosowanie do zagadnień mechaniki górotworu. Arch. Górn. t. XIV, z. 3, 1969.
4. Gil H.: Mechanika górotworu cz. I - Teoria ruchu górotworu. Oddano do druku, PWN, Warszawa.
5. Kupradze W.O.: Tiechmiernyje zadaczi matematycznej teorii uprugosti i termouprugosti. Izd. Nauka, Moskwa 1976.
6. Panasiuk W.W.: Priedielnoje rownowiesije chрупkich tieł z trieszczinami. Izd. Nauka, Kijów, 1968.

Recenzent: Doc. dr inż. Władysław Konopko

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1987 r.

МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗОЛИНИЙ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ГОРНОМ МАССИВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛИЧНОГО КОМПЬЮТЕРА

Резюме

В статье приведён метод быстрого прогнозирования при использовании личного миникомпьютера разложения вертикальной составной напряжения в полях разработки лавами и слоях горного массива, охваченных воздействием сложной системы полей и внеочных бровок.

Представлены математические формулы, являющиеся аналитической основой разработанного метода прогнозирования, полученного на основе пространственной упругой модели, позволяющей в горной практике с достаточным приближением описать конечный этап напряжений в зоне горного массива, нарушенных горными работами.

На базе этих решений разработана система расчётных программ, приспособленных к личному миникомпьютеру ZX SPECTRUM при употреблении которых можно прогнозировать на больших зонах горного массива в чёткой форме компьютерных карт изолиний, напряжения, образуемые разработкой многопластового месторождения, сделаны разной формы и определённых размеров.

В работе приведён пример практического применения метода прогнозирования для конкретных горно-геологических условий в пластах 504 каменноугольной шахты "Домберки".

A METHOD OF PERSONAL COMPUTER AIDED FORECASTING OF VERTICAL STRESS ISOLINES DISTRIBUTION IN THE ROCK MASS

S u m m a r y

The paper presents the method of fast personal minicomputer aided forecasting of the distributions of vertical component of the stress in the areas of longwall exploitation and in the surrounding strata which are influenced by a complex system of extraction fields and edges. Mathematical formulae were presented being the analytical basis for the worked out method of forecasting obtained due to the flexible spatial model. They allow for the approximate description of the final state of stresses in the areas of rock mass disturbed by underground working.

On the basis of these solutions the system of analytical programs was elaborated adapted for the personal minicomputer ZX SPECTRUM 48 k.

Due to them it is possible to forecast stress induced by multi-seam exploitation with any forms and definite dimensions carried out in large areas of rock mass in the legible computer form of maps-isolines. The example of practical use of the forecasting method for specific mining-geological conditions in seam 504 at the "Szombierki" coal mine was presented.