Seria: GÓRNICTWO z. 87

Henryk GIL Sebastian CZYPIONKA Jan BIAŁEK

OKREŚLENIE IZOLINII DEFORMACJI I NAPRĘŻEN W GÓROTWORZE WYWOŁANYCH EKSPLOATACJĄ GÓRNICZĄ PRZY WYKORZYSTANIU ELEKTRONICZNEJ TECHNIKI OBLICZENIOWEJ

> <u>Streszczenie</u>. W artykule podano metodę szybkiego wyznaczania, w oparciu o opracowany program na maszynę cyfrową, izolinii deformacji i naprężeń w górotworze. Przedstawiona metoda pózwala na określenie wartości tych wskaźników dla czynnych i zatrzymanych frontów wybierkowych, przy wykorzystaniu rozwiązania zagadnienia ruchów i naprężeń górotworu, wywołanych eksploatacją górniczą, podanych w pracach [1], [2].

> Wykorzystując proponowaną metodę można dokonać, w oparciu o wyznaczone izolinie deformacji i naprężeń, oceny wpływu eksploatacji górniczej na obiekty usytuowane w górotworze lub na powierzchni, oraz wzajemnego wpływu czynnych i zatrzymanych frontów w przypadku ich krzyżowania się oraz przy projektowaniu i prowadzeniu eksploatacji w pokładach tąpiących i zagrożonych wyrzutami gazów i skał.

#### 1. Wstep

Przy projektowaniu i prowadzeniu eksploatacji górniczej bardzo często zachodzi.potrzeba szybkiej oceny wpływu tej eksploatacji na rozkład wartości wskaźników deformacji i naprężeń w górotworze. Ma to szczególne znaczenie. gdy eksploatacja swym wpływem obejmuje obiekty znajdujące się wewnatrz górotworu lub na powierzchni oraz przy wzajemnych wpływach czynnych i zatraymanych frontów wybierkowych z uwagi na występowanie takich zagadnień jak: tąpania, wyrzuty gazów i skał. Ponadto, bardzo często spotykamy przypadki konieczności oceny możliwości wzajemnego krzyżowania się czynnych frontów eksploatacji prowadzenej w kilku pokładach położonych w stosunku do siebie w różnych odległościach. W takich przypadkach, określanie wartości wskaźników deformacji i naprężeń, przy użyciu metod tradycyjnych, jest długotrwałe i pracochłonne. Wohec szerokiego rozpowszechnienia i stosowania elektronicznej techniki obliczeniowej, w resortowych ośrodkach obliczeniowych wymagane jest dla szybkiego i dokładnego wyznaczania rozkładu wskaźników deformacji i naprężeń w postaci izolinii opracowanie metody obliczeń w oparciu o tę technikę. Tym przesłankom wychodzi naprzeciw metode podana w niniejszym artykule. W oparciu o rozwiązanie zagad~

1977

Nr kol. 558

nienia ruchów i naprężeń w górotworze wywołanych eksploatacją górniczą pedane w pracach [1], [2], opracowano program na maszynę cyfrową. Program ten, wykorzystując wyżej przytoczone rozwiązanie, pozwala na określenie izolinii rozkładu wskaźników deformacji i naprężeń w górotworze dla czynnych i zatrzymanych frontów wybierkowych.

Stosując zasadę superpozycji wpływów uzyskać można rozkłady tych wskaźników dla kilku układów frontów, jeżcli sytuacja górnicza odpowiada załow żeniom, przy których rozwiązano zagadnienie ruchów i naprężeń w górotworze podane w pracach [1], [2].

# 2. Konstrukcja algorytmu obliczeniowego

Podstawę teoretyczną dla konstrukcji algorytmu obliczeniowego stanowią rozwiązania podane w pracach [1], [2]. Z uwagi na nierozszerzanie objętości artykułu nie cytujemy postaci tych rozwiązań. Zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 1, można dla punktu P (x,z,t), w oparciu o wzory cytowanego wyżej rozwiązania, wyznaczyć wartości wskaźników deformacji i naprężeń. W tym celu wymagane jest określenie wielkości geometrycznych charakteryzujących eksploatację oraz parametrów określających własności górotworu, związanych z założenym modelem.





Wielkości charakterystyczne to:

- x, y współrzędne punktu obliczeniowego (m),
- t czas liczony od momentu rozpoczęcia eksploatacji (rok),
- v prędkość postępu frontu wybierkowego (m/rok),
- vT wybieg frontu wybierkowego (m) -
- T czas, jaki upłynął od momentu rozpoczęcia eksploatacji do momentu określającego aktualne położenie frontu (lata).

w. - końcowa wielkość osiedania stropu (m),

G - średni ważony moduł sprężystości odkształcenia postaciowego górotworu (N/m<sup>2</sup>).

### Określenie isolacji deformacji i naprężeń ....

✓ - liczba Poissona dla górotworu,

B - stała charakterysująca własności plastyczne górotworu (1/rok).

Jeżeli rozważymy układ frontów wybierkowych zgodny s podanym na rysunku 2, to aby oblicsyć wartości interesujących wskaźników w punkcie P (X,Z) s zależności:

 $x = X - D_1,$   $g = Z - z_1,$ 

a następnie określić wartości interesującego wskaźnika, po csym dokonać tych samych csynności dla pokładu drugiego i sgodnie z zasadą superposycji wartości te dodać.





Stosując ten sam schemat, można wysnaczyć wartości wskaźników deformacji i naprężeń dla dowolnej ilości wybrań frontami czynnymi i zatrzymanymi.

Położenie possczególnych punktów representowane jest przez położenie snaków drukarskich wierszowej maszyny cyfrowej względem przyjętego układu wzpółrzędnych X.Z. Przyporządkowując każdemu znakowi drukarki pewien zakres wartości obliczanego wskaźnika i dokonując obliczeń dla wszystkich punktów (znaków) mieszczących się w granicach założonego obszaru obliczeniowego, otrzymamy wydruk wyników obliczeń w postaci zbiorów znaków, któ

rym grazice pomiędzy kolejnymi różnymi znakami stanowią miejsce geometryczne punktów spełniających zależność:

$$f(x,z) = c$$
.

Jest to szukana izolinia obliczonego wskaźnika. Taki sposób wyznaczania izolinii wynika z możliwości technicznych drukarek wierszowych, w które wyposażone są maszyny cyfrowe. Dokładność określenia położenia izolinii wskaźnika równa się połowie wielkości pola zajętego przez dany znak drukarki, w założonej skali obliczeniowej.

Wymiary te przedstawia tablica 1:

Tablica 1

Skala	Wymiary pół znakowych w skali			
DRAID	poziomy, (m)	pionowy, (m)		
1 : 1	0,00254	0,003175		
1 : 500	1,270	1,5875		
1 : 1900	2,540	3,175		
1 : 2000	5,080	6,350		

Cały cykl obliczeń dokonywany jest automatycznie, po wprowadzeniu danych opisujących sytuację górniczo-geologiczną. Ponadto, maszyna drukuje dla kontroli wszystkie wprowadzone dane oraz legendę objaśniającą znaczenie poszczególnych znaków. Na wydrukach obliczeń zaznaczone są położenia frontów wybierkowych poszczególnych pokładów (jeśli znajdują się w granicach obszaru obliczeniowego), a wykreślone izolinie mogą być w dowolnie przyjętej skali.

W grzypadku, gdy długość DX obszaru obliczeniowego przekracza szerokość arkusza papieru (120 znaków), wówczas naszyna cyfrowa dzieli obszar obliczeniowy na pionowe pasy, które trzeba potem odpowiednio skleić w jedną całość.

### 5. Przygotowanie danych do obliczeń

Dla określenia rozkładu izolinii wskaźników deformacji i naprężeń w wyznaczonym przekroju pionowym w górotworze wymagane jest założenie dla danej sytuacji górniczej układu współrzędnych X,Z, którego osie stanowić będą odpowiednio dolną i lewą granicę obszaru obliczeniowego.Względem tak przyjętego układu podajemy położenie kolejnych wybrań w poszczególnych pokładach, zgodnie z rysunkiem 2. Następnie określamy wartości takich parametrów, jak: G,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\gamma$ , dla rozpatrywanego obszaru obliczeniowego. Szczegółowy sposób przygotowania danych dla maszyny cyfrowej, przy uwzględnieniu sytuacji górniczej pokasanej na rysunku 2, przedstawia tablica 2.

Tablica 2

Dane do EMC	Numer pozycji objaśnienia w tekście
260, 2000, 2000, 400, 255, 120,	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
3, 6, 5000, 0, 0.15, 2	7, 8, 9, 10, 11, 12
Przykład obliczeń dla jednoczesnej eksploatacji dwóch frontów ściano-	and the second se
wych/	13
504, 40, 1, -100, 0.6, 350, 400, 0	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
510, 15, 1, -50, 0.45, 250, 300, 0	14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
1, -1000, 50, 0	22, 23, 24, 25

Objaśnienia do tablicy 2

- 1 głębokość przyjętego układu współrzędnych liczona od powierschni (m),
- 2 skala posioma, w jakiej będsie drukowany przez drukarkę wierszową przekrój.
- 3 skala pionowa dla drukowanego przekroju obliczeniowego,
- 4 DX długość posioma prostokątna przekroju, który będzie drukowany przez drukarkę wierszową,
- 5 DZ wysokość prostokąta przekroju obliczeniowego,
- 6 maksymalna ilość pól znakowych drukarki wierszowej, parametrowi temu nadajemy wartość 120.
- 7 parametr, od którego zależy dokładność drukowania izolinii, wartość tego parametru musi być większa od 1. Jeżeli wartość tego parametru wynosi np. 3. oznacza to, że wartości wskaźników obliczame są dla co trzeciego znaku, a dla pośrednich znaków są interpretowane liniowo,
- 8  $\beta$  przyjmuje wartość 1,5 ÷ 10,0 (1/rok),
- 9 G jak wynika z badań Instytutu Techniki Eksploatacji Złóż Politeckniki Śląskiej dla warunków Górnośląskiego Zagłębia Węglowego przyjmuje wartość równa 5.10<sup>8</sup> (N/m<sup>2</sup>).
- 10 γ 0.2 ÷ 0.45 dla górotworu karbońskiego,
- 11  $\chi$  ciężar właściwy górotworu (podając wartość O, przy obliczeniach wielkości naprężeń nie będzie uwzględnione naprężenie pierwotne),  $(N/m^3)$ .
- 12 ilość ścian,
- 13 tytuł obliczeń sakończony znakiem [/] lecz nie zawierający wewnątrz tego znaku,
- 14 numer pokładu (maksymalnie czterocyfrowa liczba),
- 15 Z<sub>1</sub> odległość pionowa pokładu od przyjętego układu współrzędnych (m),

H. Gil, S. Czypionka, J. Białek

- 16 parametr, któremu nadajemy wartość 1, gdy kierunek postępu ściany jest zgodny z kierunkiem osi X, lub -1, gdy jest przeciwny,
- 17 D<sub>1</sub> odległość punktu rozpoczęcia ściany od osi Z, (m), wartość tego parametru jest dodatnia, gdy punkt rozpoczęcia ściany znajduje się na prawo od osi Z oraz ujemna, gdy znajduje się na lewo od osi Z,
- 18 Woi maksymalne osiadanie stropu (m),
- 19 vT, wybieg ściany (m),
- 20 v, prędkość postępu frontu ścianowego (m/rok),
- 21 parametr sterujący, który przyjmuje jedną z podanych niżej wartości:
  0 dla frontu czynnego,
  - 1 dla frontu zatrzymanego,
  - 2 dla frontu zatrzymanego, gdy czasjaki upłynął od chwili zatrzymania eksploatacji jest większy od  $\frac{5}{2}$ ,
- 21'- czas, jaki upłynął od chwili zatrzymania frontu wybierkowego (rok). Liczbę tę podajemy tylko wtedy, gdy parametr sterujący nr 21 przyjął wartość 1,
- 22 parametr sterujący określający, który z wybranych wskaźników będzie obliczany i drukowany w postaci izolinii:
  - 1 izolinie osiadań (mm),
  - 2 izolinie przemieszczeń poziomych (mm),
  - 3 izolinie odkształceń poziomych (mm/m),
  - 4 izolinie składowej pionowej naprężenia  $\mathfrak{S}_{\mathbf{z}}$  (wymiar taki, jak wymiar G).
  - 5 izolinie składowej poziomej naprężenia  $G_x$  (wymiar taki, jak wymiar G),
- 23 wartość początkowa skali znakowej,
- 24 różnica wartości pomiędzy kolejnymi znakami skali znakowej,
- 25 parametr sterujący, któremu nadajemy wartość:
  - 0 zakończenie obliczeń.
  - 1 należy podać następne dane począwszy od pozycji 1.

Ponieważ program napisany jest w języku algorytmicznym ALGOL-1900 należy, dziurkując dane na kartach, oddzielać poszczególne pozycje liczbowe od siebie dwoma spacjami (przerwami) lub przecinkiem. Część całkowitą od części dziesiętnej liczby oddzielamy kropką.

#### 4. Przykład zastosowania podanej metody obliczeń

W celu przedstawienia zastosowanej metody przyjęto sytuację górniczą pokazaną na rysunku 2. Przedstawia on układ dwóch frontów wybierkowych przesuwających się z prędkością 400 i 300 m/rok. Aktualna odległość czynnych frontów ścianowych, pokazanych na ww. rysunku, wynosi 50 metrćw. Eronty ścianowe znajdują się w pokładach 504 i 510, przy czym odległość picnowe między tymi pokładami wynosi 25 metrów. Dla takiej sytuacji górni-

# Określenie izolinii deformacji i naprężeń....

SKALA DOV	CATUL SCIANDS APAMETRUN: 18 IGMA=1: 200	YCH TALTFULE A. SALA FIC	(	.15 C.EL.P.	ru∖L.[T/Ps]= 0.	0 u	
- Color 1 - Co	DANE G HASE TA'A I GITEOR NR. I PHKEA	ALJI CSU L CPL. PC DLL JERSFL.CP	ZF. IFI(R LS1 ZI _C	PCSTFII 1ME	S-SSLA ICLIGOS	CANYLIFGEL MCD/	AJ SPEATE
*** <u>\$</u>	7 1 24	-100	1260D			250 02	¥ 6 8 ¥
PREKRUJ SVT	LACJI GUNNICA	SCI USTATAN G	1+* L.L.1.20 L	С № Ч С Н [ № ]			
P(S{72+ UPL6 3 5 0 7 7 7 8 8 0 7 7 8 8 0 7 8 1 8 8 1 8 1 1	E Zhaki Un Ai - Yon Ri -	2 A J A A SAFICE C 0 C 0 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1 C 1	μ [ ] ( 2 ( Ν Ε Ο Ο Ι Ι Ι Ι Ι Ι Ι Ι Ι Ι Ι Ι			ALE	
τε[*] Ι ωιεκυνος	C UC * 70853 +	CZ <sup>P</sup> +CZE1( (EL1	LZENIA H= ₽LSEJAD		FFF WEAR DECCE GAR	86	
	C UC * TUREJ *	C2PuC2E1C ( EL I					
	C DE + TORET	C2 <sup>ρ</sup> νCχετί (ειι			F + + 400 ( 1 0 0 0 0 F G + H F + F + 6 0 ( 0 0 0 0 6 G G + H F + 6 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		
		ζχνυζχετί (ειι			F + + 400 ( 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		

21







Rys. 5. Izolinie osiadań górotworu - front zatrzymany t = 🕫 W = 450 mm



W = 450 mm



Rys. 8. Naprężenia poziome – front czynny G =  $5 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> /<sup>3</sup> = 6 (1/rok)v = 300 m/rok

czej wyznaczono przykładowo izolinie osiadań wywołanych dwoma czynnymi frontami ścianowymi pokładów 504 i 510. Wykonane obliczenia przedstawia rysunek 3. Jak widać z tego rysunku, wydruk rozpoczyna się od legendy opisującej sytuację górniczą oraz objaśnienia znaczenia znaków.

Dalsze rysunki (4 ÷ 8) nie zawierają, z uwagi na zbyt rozbudowaną objętość artykułu wydrukowanej legendy.

Rysunek 4 przedstawia izolinie osiadań, jakie wywoła w górotworze sam czynny front pokładu 510. Jeżeli front pokładu 510 ulegnie zatrzymaniu po czasie dostatecznie dużym  $(t - \cdot \cdot \cdot)$ , wówczas rozkład izolinii osiadań wywołanych tym wybraniem będzie zgodny z rysunkiem 5. Rysunek 6 przedstawia wykreślone izolinie przemieszczeń poziomych w górotworze, jakie wywoła front zatrzymany pokładu 510, w przypadku gdy od momentu zatrzymania upłynie okres czasu równy trzy miesiące. Dalsze rysunki (7 i 8) obrazują wyznaczone izolinie odkształceń poziomych dla frontu zatrzymanego oraz izolinie naprężeń poziomych przy czynnym froncie pokładu 510.

Dla zwiększenia przejrzystości wykreślono na granicach pół znakowych izolinie w postaci linii ciągłych. Jak widać z wyżej przytoczonego krótkiego przykładu zastosowania proponowanej metody, zakres jej stosowalności jest bardzo duży. Szczegółowa ocena, np. możliwości krzyżowania się czynnych i zatrzymanych frontów wybierkowych w kilku pokładach z uwagi na stan naprężeń w górotworze i bezpieczeństwo pracy, będzie tematem odrębnego artykułu.

### 5. Zakończenie

Podana w nipiejszym artykule metoda szybkiego wyznaczania izolinii wskaźników deformacji i naprężeń w górotworze pozwala w oparciu o istniejące rozwiązania ruchów i naprężeń górotworu,wywołanych czynnym i zatrzymanym frontem wybierkowym podane w pracach [1] i [2], na analizowanie różnych złożonych sytuacji górniczych.

Jest ona szczególnie przydatna przy ocenie wpływów frontów zatrzymanych w pokładach sąsiednich lub górnym poziomie bądź piętrze tego samego pokładu, na wybierany pokład tąpiący względnie zagrożony wyrzutami gazów i skał. Ponadto istnieje możliwość szybkiej oceny stanu naprężeń i deformacji górotworu dla takich sytuacji, jak:

- wybieranie pod obiektami górotworu lub powierzchni,
- krzyżowanie się czynnych i zatrzymanych frontów wybierkowych.

Podany w artykule sposób przygotowania danych do obliczeń pozwala w praktyce górniczej na wykonanie tego typu obliczeń przez osoby o średnim technicznym wykształceniu, a uwzględniając szerokie możliwości obliczeniowe resortowych ośrodków obliczeniowych, na powszechne jej stosowanie przy projektowaniu i prowądzeniu eksploatacji górniczej.

## LITERATURA

- [1] Gil H., Kraj W.: The distribution of displacements and stresses around a longwall working. Arch. Górn. t. XVII, z. 3, 1972.
- [2] Gil H., Kraj W.: Rozkład naprężeń i przemieszczeń w górotworze w przypadku zatrzymania czynnego frontu eksploatacji. Arch. Górn. t. XIX,z. 1, 1974.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОЛИНИИ ДЕФОРМАЦИИ И НАНЕЖЖЕНИЙ В ГОРНОМ МАССИВЕ ВЫЗВАННЫХ ГОРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

#### Резюме

В статье принедён практический способ определения изолинии показателей деформации и напряжений для любой плоскости системы действующих и задержанных горных работ при пемещи вычислительной цифровой машины. Показатели эти вычисляются, а затем печатаются в форме изолинии по формуле Г. Гиля, В. Края. Знание распределения изолинии этих показателей даёт возможность оценки состояния опасности горными ударами и выбросами угля и горной породы, а также влияния эксплуатации на объекты горного массива и поверхности.

DETERMINING ISOMETRIC DEFORMATION AND OROGEN STRESSES INDUCED BY DRAWING WITH THE AID OF COMPUTER TECHNIQUES

# Summary

The paper presents a practical means for determining isometric strain and stress indications for any given system of active and dead draw workings with the aid of computer techniques. The indications are calculated and then printed as isolines according to H. Gil's and W. Kraj's formulas. Knowledge of the distribution of the isolines enables assessment of bounce hazard states as well as hazards due to potential rock and coal disruptions and also draw influence on orogen and day ground objects.