ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979

Seria: GÓRNICTWO z.96 Nr kol.595

Teodor LUBINA
Zbigniew ORDYSIŃSKI
Józef RUBINOWSKI

ANALIZA WARTOŚCI OSIADAŃ OBLICZONYCH GRAFIKONAMI O RÓŻNYM PODZIALE RADIALNYM I KĄTOWYM

Streszczenie. W pracy analizowano wartości osiadań obliczone grafikonami o różnym podziale /120,240 i 800 elementarnych pól/i porównano z wynikami osiadań obliczonymi na maszynie cyfrowej. Stwierdzono niewielki błąd obliczeń w granicach 1,4 do 2%.

1. WSTĘP

Analiza wpływu projektowanej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu i górotwór jest istotnym elementem w procesie projektowania racjonalnego zagospodarowania złoża.

Obliczenia i analizę wartości deformacji górotworu przeprowadza się stosując najczęściej całkowe teorie ruchów górotworu S.Knothego [4] lub T.Kochmańskiego [5]. Teorie te operują wzorami matematycznymi, których stosowanie w praktyce projektowej i górniczej jest niewygodne, dlatego stosujemy często wzory uproszczone lub obliczamy ekstremalne wartości wskaźników deformacji. Obliczanie wartości poszczególnych wskaźników deformacji powierzchni terenu i górotworu wymaga dużego nakładu żmudnej i czasochłonnej pracy. Stąd wprowadzono szereg metod ułatwiających proces rachunkowy, np. metoda nomogramów lub tablic /odczytuje się wartości danej funkcji w założonych granicach [5], metoda grafikonów /graficzne całkowanie powierzchniowe [6,8,9] /obliczenia wg programów na maszynach cyfrowych /całkowanie numeryczne [2,10] , obliczenia na maszynach analogowych [11] i analogach fizycznych [3].

Obliczenia na maszynach cyfrowych i wydruki wyników obliczeń wykonuje się bardzo szybko, jednak przygotowanie danych, perforacja kart lub taśmy, sprawdzanie i korekta kart informacyjnych wymagają również określonego czasu, niewspółmiernie dłuższego aniżeli same obliczenia. W tej sytuacji wydaje się słuszne, że w przypadku wstępnego, przybliżonego określenia wpływów projektowanej eksploatacji można obliczenia przeprowadzić, stosując proste do wykreślenia grafikony z niewielkim podziałem

W niniejszej pracy przeprowadzono analizę obliczonych wartości osiadań punktów pod wpływem eksploatacji grafikonami, o różnym podziale radialnym i kątowym /120, 240, 800 pól elementarnych/.

Podstawą porównania dokładności obliczeń poszczególnymi grafikonami były wyniki obliczeń przeprowadzonych na maszynie cyfrowej Odra 1305 wg programu DRUK, którego twórcą jest W.Piwowarski [10].

2. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA DOKŁADNOŚĆ OBLICZEŃ WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW DEFORMACJI PRZY ZASTOSOWANIU GRAFIKONÓW

W teorii statystyczno-całkowej T.Kochmańskiego wzór na obliczanie jednego ze wskaźników deformacji, np. osiadań, ma postać:

$$w_A = a\,g\,\varphi/b, r_0, x, y, P/ \qquad /1/$$

gdzie:

- w_A - wartość osiadania końcowego punktu A pod wpływem eksploatacji pola P, mm,
- a - współczynnik eksploatacyjny zależny m.in. od sposobu kierowania stropem, wielkość bezwymiarowa,
- φ - funkcja określająca wpływ wybranego pola P na osiadanie punktu A, tzw. funkcja osiadań T.Kochmańskiego, bzw,
- b - parametr teorii T.Kochmańskiego, zależny od głębokości /H/ eksploatacji,
- r_0 - parametr teorii T.Kochmańskiego charakteryzujący własności fizyko-mechaniczne górotworu nad eksploatowanym pokładem, m,
- x,y- współrzędne prostokątne, określające odległość punktu A od pola eksploatacyjnego P,
- P - powierzchnia rzutu poziomego pola eksploatacyjnego.

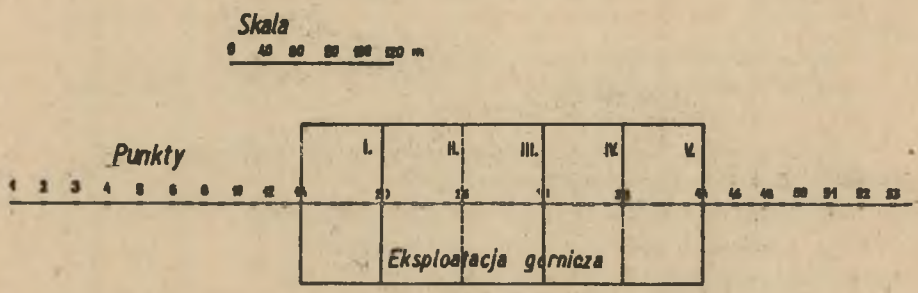
Najistotniejszy wpływ na błąd określenia wartości osiadania punktu A pod wpływem eksploatacji pola P ma dokładność określenia wartości parametrów teorii a,b,r_0, błąd określenia funkcji φ, błąd określenia objętości złoża /g.P/ i określenie odległości punktu A od pola P. Dokładna analiza wpływu wszystkich czynników jest trudna.

W przypadku obliczania np. osiadań za pomocą grafikonów, obok wpływu ww. czynników dużą rolę odgrywa również dokładność wykreślania grafikonu /dokładność obliczenia wartości promieni bezwymiarowych "ϱ", grubość linii w przypadku małej skali grafikonu, podział grafikonu itd/

3. OBLICZANIE WARTOŚCI OSIADAŃ GRAFIKONAMI

3.1. Charakterystyka eksploatacji

Na głębokości ok. 400 m eksploatowano pokład 416 o grubości ok.1,25m systemem ścianowym z zawałem stropu /a = 0,8/. Pole eksploatacyjne o wymiarach 500 m x 200 m podzielono na pięć parcel charakteryzujących kolejne pozycje frontu górniczego /rys.1/. Wartość parametru r_0, charakteryzującego własności fizyko-mechaniczne górotworu nad eksploatowanym pokładem, wynosi 30 m.



Rys.1. Schemat pola eksploatacyjnego i usytuowanie punktów obliczeniowych na powierzchni terenu

3.2. Konstrukcja grafikonów

Wartość parametru "b" obliczono wg wzoru:

$$b\ /z/ = \frac{5 - 1,12 \log z}{1 + 0,672 \log z} \qquad /2/$$

gdzie:

z - wysokość punktu obliczeniowego nad stropem eksploatowanego pokładu.

W naszym przypadku, gdy punkty znajdują się na powierzchni terenu z = H = 400 m, po podstawieniu do wzoru /2/, otrzymujemy:

$$b = 0,759 \approx 0,76$$

Zgodnie z instrukcją [7] skonstruowano grafikony równych osiadań dla założonych podziałów radialnych i kątowych /dla b = 0,76/. Grafikon z podziałem na 5 współśrodkowych okręgów oznaczono cyfrą rzymską V, analogicznie oznaczono dla podziału na 10 i 20 okręgów odpowiednio X i XX. Fragmenty tych grafikonów przedstawiono na rys.2.

3.3. Obliczanie osiadań grafikonami

Wartości osiadań obliczono w punktach na powierzchni terenu, których usytuowanie względem eksploatacji przedstawiono na rys.1. Obliczenia przeprowadzono dla parceli I, I+II+III i dla całości eksploatacji. Zliczanie elementarnych pól grafikonu, obejmujących przedmiotową eksploatację, wykonywały niezależnie dwie osoby. Do dalszych obliczeń przyjmowano wartość średnią arytmetyczną. Wartości osiadań obliczono wg wzoru:

$$w_i = n_{śr} \cdot \delta_w \qquad /3/$$

$$\delta w = a g \cdot \frac{\varphi_{max}}{n_o} \cdot \frac{\alpha}{360^o} \qquad /4/$$

gdzie:

w_i - wartość osiadania w i-tym punkcie,

$n_{śr}$ - ilość elementarnych pól grafikonu obejmująca dane pole eksploatacyjne,

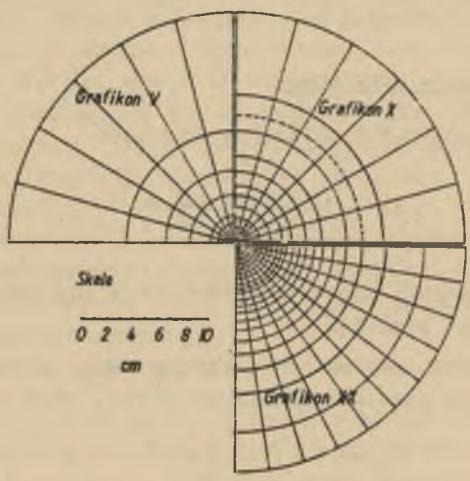
δw - wartość osiadania jednostkowego pola grafikonu,

φ_{max} - maksymalna wartość funkcji φ,

n_o - ilość współśrodkowych okręgów grafikonu,

α - wartość kąta podziału sektorowego.

Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 1.



Rys.2. Fragmenty grafikonów dla obliczania osiadań z różnym podziałem radialnym i kątowym

4. ANALIZA WYNIKÓW OBLICZEŃ

Podstawą porównania dokładności obliczeń poszczególnymi grafikonami były wartości osiadań obliczone na maszynie cyfrowej wg programu DRUK, które ujęto w tablicy 1.

Błąd standardowy dla wszystkich 42 punktów, w których obliczono osiadania, wynosi:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} \qquad /5/$$

gdzie:

σ - wartość błędu standardowego, mm

n - ilość punktów obliczeniowych,

Tablica 1

WYNIKI OBLICZEŃ WARTOŚCI OSIADAŃ GRAFIKONAMI I NA MASZYNIE CYFROWEJ

Lp.	Nr pkt.	Eksploatacja parceli I				Eksploatacja parceli I+II+III				Eksploatacja całego pola			
		w_{MC}	w_V	w_X	w_{XX}	w_{MC}	w_V	w_X	w_{XX}	w_{MC}	w_V	w_X	w_{XX}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1o	11	12	13	14
1.	3	4	9,2	6,7	5,5	5	9,2	6,7	5,0	5	9,3	6,7	5,0
2.	4	7	12,9	8,3	8,6	9	14,2	10,0	10,9	9	13,8	10,4	10,6
3.	5	12	12,9	11,9	8,4	16	20,0	16,7	16,3	16	20,4	17,1	16,3
4.	6	22	15,8	21,3	21,9	29	30,0	32,5	25,0	29	30,4	32,3	25,0
5.	7	31	26,3	29,2	30,9	39	41,7	40,2	39,4	39	42,5	40,8	40,0
6.	8	42	39,6	34,6	38,8	53	56,2	49,2	56,3	54	58,8	49,0	56,3
7.	9	58	51,7	53,8	53,1	73	71,3	70,0	71,3	74	70,4	70,2	71,3
8.	10	81	79,1	78,8	82,5	101	101,3	103,3	98,1	102	103,5	102,0	100,0
9.	11	112	110,8	113,6	111,3	140	138,8	140,8	133,8	141	136,7	141,3	135,0
10.	12	157	155,0	154,6	157,5	194	195,8	191,3	202,5	196	198,3	192,1	202,5
11.	13	219	222,1	214,2	215,0	270	270,8	264,6	262,5	273	277,5	267,5	262,5
12.	14	302	297,5	294,6	305,0	372	360,0	363,8	355,0	375	367,5	368,6	355,0
13.	15	377	364,6	359,2	372,5	474	457,5	445,5	443,8	478	467,5	453,4	471,3
14.	16	414	404,9	406,3	422,5	547	532,5	539,6	563,8	554	546,7	546,7	557,5
15.	17	418	406,5	412,1	438,3	577	563,3	563,4	580,0	558	576,6	573,8	580,0
16.	18	414	404,9	405,8	422,5	601	584,6	586,7	605,0	609	601,6	595,5	621,3
17.	19	377	359,9	357,5	372,5	637	617,5	611,5	648,8	648	639,6	618,4	657,5
18.	20	302	303,3	298,8	305,0	661	664,4	645,5	670,0	676	675,0	666,3	688,8
19.	21	219	226,2	215,6	215,0	676	660,0	649,2	677,5	696	679,1	668,8	700,0
20.	22	157	152,5	152,5	157,5	683	665,8	664,6	677,5	710	690,0	687,1	716,3

c.d. Tablicy 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
21.	23	133	130,8	126,3	145,0	684	668,3	667,1	678,8	716	701,6	703,0	713,8
22.	24	112	110,4	114,4	112,5	683	668,3	668,8	675,0	720,	705,0	705,5	717,5
23.	25	81	79,2	80,8	70,0	676	655,0	660,5	670,0	727	705,0	708,4	722,5
24.	26	58	52,5	55,4	51,3	661	655,0	639,6	667,5	731	704,6	699,0	727,5
25.	28	31	25,0	30,2	31,0	601	589,6	567,1	608,8	736	702,9	709,2	736,3
26.	31	16	12,5	16,7	27,8	474	461,7	451,7	435,0	734	702,9	708,4	735,0
27.	32	12	12,5	11,9	16,2	372	361,7	363,0	350,0	731	702,5	707,6	728,8
28.	34	7	12,5	8,8	9,8	194	196,7	191,5	196,3	720	705,0	705,5	722,5
29.	37	4	9,2	6,7	7,3	101	102,5	100,4	97,5	696	681,2	664,6	693,8
30.	38	3	6,8	5,0	5,0	73	71,7	72,1	71,3	676	682,5	659,4	670,0
31.	40	2	2,5	1,5	0,6	39	40,8	40,4	38,8	609	599,1	597,6	612,5
32.	43	1	-	-	0	21	23,3	26,9	21,3	478	469,1	545,5	478,8
33.	44	1	-	-	0	16	19,2	17,1	16,3	375	366,6	366,5	405,0
34.	46	0	-	-	0	9	14,2	10,8	10,9	196	198,3	194,2	186,3
35.	48	-	-	-	-	5	9,2	6,3	3,1	102	102,5	100,8	106,3
36.	50	0	-	-	-	3	4,2	2,5	-	54	59,2	55,4	53,8
37.	51	0	-	-	-	2	-	-	-	29	30,0	28,5	30,0
38.	52	0	-	-	-	1	-	-	-	16	20,0	16,7	20,0
39.	53	0	-	-	-	0	-	-	-	9	14,2	9,2	10,0
40.	54	0	-	-	-	0	-	-	-	5	9,2	6,7	6,3
41.	55	0	-	-	-	0	-	-	-	3	4,2	2,5	2,5
42.	56	0	-	-	-	0	-	-	-	2	0	-	-

v - różnica między wartością osiadania, obliczoną poszczególnymi grafikonami /w_V, w_X, w_{XX}/, a wartością osiadania obliczoną na maszynie cyfrowej /w_{MC}/:

$$v = w_{MC} - w_X \qquad /6/$$

Natomiast błąd procentowy obliczono wg wzoru:

$$\sigma[\%] = \frac{\sigma}{w_m} \qquad /7/$$

gdzie:

σ - wartość błędu standardowego wg wzoru /6/, mm

w_m - największa wartość osiadania punktu w profilu niecki osiadania, obliczona na maszynie cyfrowej:

w_m = 418 mm, /pkt.17/ - dla parceli I,
w_m = 684 mm, /pkt.23/ - dla parceli I+II+III,
w_m = 736 mm, /pkt.28/ - dla całości eksploatacji.

Dla poszczególnych parcel eksploatacyjnych w.w. wartości błędów wynoszą:

- parcela I: grafikon V; σ = ± 5,98 mm, σ = 1,43 %,
  grafikon X; σ = ± 5,90 mm, σ = 1,41 %,
  grafikon XX; σ = ± 6,07 mm, σ = 1,45 %,
- parcela I+II+III
  grafikon V; σ = ± 9,69 mm, σ = 1,42 %,
  grafikon X; σ = ±12,91 mm, σ = 1,89 %,
  grafikon XX; σ = ±10,53 mm, σ = 1,54 %,
- całe pole eksploatacyjne:
  grafikon V; σ = ±12,93 mm, σ = 1,76 %,
  grafikon X; σ = ±14,77 mm, σ = 2,01 %,
  grafikon XX; σ = ± 8,22 mm, σ = 1,12 %.

Porównując wyniki obliczonych osiadań grafikonami i na maszynie cyfrowej, można stwierdzić dużą ich zbieżność /średni błąd σ = ± 9,67 mm, $\sigma[\%]$ = 1,56 %/.

5. WNIOSKI

Analiza wartości osiadań obliczonych grafikonami o różnym podziale /na 120, 240, i 800 elementarnych pól/ wskazuje na niewielki wpływ podziału grafikonu na wartości osiadań. Błąd względny dla analizowanego przykładu wynosił od 1,4% do 2%.

W związku z powyższym nasuwa się wniosek, że w przypadku wstępnego, przybliżonego określenia wpływów projektowanej eksploatacji można przeprowadzić obliczenia, stosując grafikony z niewielkim podziałem radialnym i kątowym. Wystarczający wydaje się podział na 5 okręgów i 24 kąty po 15°.

LITERATURA

[1] BORECKI M., CHUDEK M.: Mechanika górotworu. Śląsk, Katowice 1972.

[2] DRZĘŻLA B.: Informacja o programach dla maszyny cyfrowej do obliczania deformacji górotworu przy eksploatacji górniczej. Przegląd Górniczy, t.30 /1974/, nr 3 s.164-170.

[3] GREŃ K.: Analog fotoelektryczny jako czasoprzestrzenny model rozchodzenia się wpływów nad eksploatacją górniczą. Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej. Geodezja z.24, Kraków 1973.

[4] KNOTHE S.: Równanie profilu ostatecznie wykształconej niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, t.I, z.1, PWN Warszawa 1953.

[5] KOCHMAŃSKI T.: Obliczanie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. PWN, Warszawa 1956.

[6] KOCHMAŃSKI T., MAGDZIORZ J.: Zmniejszenie odkształceń przez kształtowanie frontu eksploatacji górniczej. ZN Politechniki Śląskiej . Górnictwo z.39, Gliwice 1969.

[7] KOCHMAŃSKI T., ZYCH J., MAGDZIORZ J., JĘDRZEJEC E., SZCZERBA J.: Instrukcja konstrukcji i posługiwania się grafikonami dla obliczenia wskaźników deformacji wg teorii T.Kochmańskiego. /Praca nie publikowana/. Gliwice 1972.

[8] KOCHMAŃSKI T., MAGDZIORZ J.:Neue Methoden der Berechnung von Bewegungen und Verformungen der Tagesoberfläche und des Gebirges als Folge untertägigen Abbaues. Freiberger Forschungshefte A 537 /1972/

[9] MAGDZIORZ J.: Nowe metody obliczania wskaźników deformacji górotworu. Ochrona Terenów Górniczych nr 11, Katowice 1970.

[10] PIWOWARSKI W.: Prognozowanie przemieszczeń pionowych powstałych w procesie rozwijającej się eksploatacji górniczej w oparciu o liniowy model matematyczny zjawiska. Praca doktorska /nie publikowana/. Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 1977.

[11] SMOLARSKI A.Z., TRUTWIN W.: Analogue Computer for Solving Equations of Stochastic Media. Biuletin de l'Academie Polonaise des Sciences. Serie des Sciences Techniques. Vol. VIII, nr 10, 1960.

АНАЛИЗВЕЛИЧИНЫ ОСЕДАНИЙ ВЫЧИСЛЕННЫХ ГРАФИКОНАМИ РАЗНОГО РАДИАЛЬНОГО И УГЛОВОВО РАЗДЕЛЕНИЯ

Резюме:

В статье дан анализ оседаний вычисленных графиконами разного разделения / 120, 240 и 800 элементарных полей/ и произведено сравнение с результатами оседаний вычисленными на цифровой машине. Была обнаружена небольшая ошибка вычислений в пределах 1,4 до 2 %.

THE ANALYSIS OF SUBSIDENCE VALUES COMPUTATED USING THE GRAPHICONES METHOD, OF DIFFERING RADIAL AND ANGULAR DIVISIONS

S u m m a r y

The paper analyses the subsidence values computated using graphicones of differing radial and angular divisions /120, 240, and 800 elementary areas/. The computation was made by a computer. The small computation error was revealed, contained between 1.4 and 2.0 %.