ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1977

Seria: GÓRNICTWO z. 85 Nr kol. 555

Teodor LUBINA

ZALEŻNOŚĆ WARTOŚCI SKŁADOWEJ POZIOMEJ PRZEMIESZCZENIA PUNKTU OD WARTOŚCI NACHYLENIA NIECKI POEKSPLOATACYJNEJ NA PODSTAWIE GEODEZYJNYCH POMIARÓW DEFORMACJI POWIERZCHNI TERENU

Streszczenie. Na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych deformacji powierzchni terenu w rejonie kopalni K. Obliczono wartość stosunku składowej poziomej przemieszczenia do wartości nachylenia w danym punkcie niecki poeksploatacyjnej. Stwierdzono zmienność tego stosunku w płaszczyznie poziomej (x, y). Określono błąd przyjęcia stałej wartości tego stosunku dla całego profilu niecki osiadania.

1. Wstęp

W. Budryk [3] rozwijając teorię S. Knothego [4] wprowadził tzw. równanie przemieszczeń poziomych:

$$u = B \cdot \frac{dw}{dx} \tag{1}$$

oraz tzw. równanie względnych odkształceń poziomych w postaci:

$$\varepsilon = B \cdot \frac{d^2 w}{dx} = B \cdot K \tag{2}$$

gdzie:

- u - wartość przesunięcia poziomego w kierunku x, mm,
- w - funkcja opisująca profil niecki osiadania, mm,
- ε - wartość odkształceń poziomych, mm/m,
- K - krzywizna pionowa profilu niecki osiadania, km^{-1},
- B - współczynnik proporcjonalności, m.

Równanie (1) wprowadził W. Budryk na podstawie prac S.G. Awierszyna [1, 2], który na podstawie pomiarów stwierdził, że przemieszczenia poziome (u) są proporcjonalne do pierwszej pochodnej przemieszczeń pionowych (w) - w szczególności w obszarze, w którym występują największe odkształcenia [3].

Wartość współczynnika proporcjonalności B nazywanego również "współczynnikiem poziomego odkształcenia" waha się od 5 do 20 m i w większości przypadków jest równy 10-12 m [1, 3].

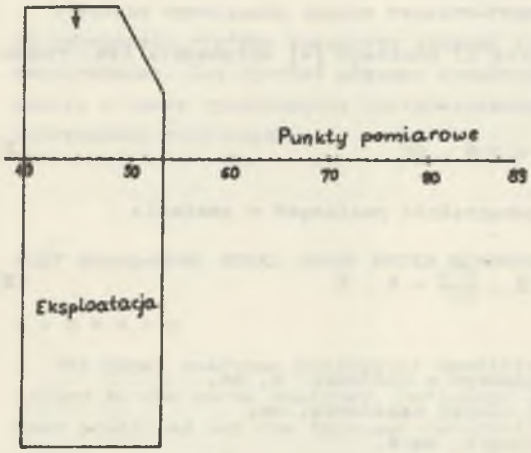
J. Litwiniszyn [5] również wykorzystał w swojej teorii związek empiryczny (1) S.G. Awierszyna, zakładając jednorodność górotworu w płaszczyznie poziomej i niezmienność jego własności w czasie:

$$B(x,y,z,t) = B(z) \tag{3}$$

W dotychczasowej literaturze nie podano, z jakim błędem określona jest wartość B. W pracy niniejszej obliczono wartość B w 45 punktach profilu niecki osiadania na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych z rejonu kopalni K. Obliczono błąd, z jakim określona jest wartość $B_{śr}$ (wartość średnia arytmetyczna), stała dla całego profilu niecki osiadania.

2. Charakterystyka eksploatacji i pomiarów geodezyjnych

Kopalnia Węgla Kamiennego K. eksploatowała systemem ścianowym z zawałem stropu partię pokładu węgla o kształcie, jak na rys. 1, o średniej grubości g = 1,5 m, zalegającą na głębokości średnio H = 92 m. Na powierzchni terenu prowadzono okresowe pomiary geodezyjne punktów obserwacyjnych (niwelacja - KONI 007, pomiar długości boków - taśmą mierniczą). Usytuowanie punktów linii pomiarowej względem eksploatacji przedstawiono na rys. 1. Odległości między punktami wynoszą średnio 5 m.



Rys. 1. Szkic pola eksploatacyjnego i usytuowanie punktów pomiarowych na powierzchni terenu

Analizę końcowych wartości osiadań przeprowadzono w pracach [6, 7], wyznaczając wartości parametrów "a" i "r_o" teorii T. Kochmańskiego. Natomiast analizę końcowych wartości przesunięć poziomych przedstawiono w pracy [8].

W niniejszej pracy skonstruowano wykres wartości B w zależności od odległości poziomej "x" od eksploatacji.

3. Obliczenie wartości B

W tablicy 1 w kolumnie 3 ujęto wyniki obniżeń statycznych (końcowych) punktów na powierzchni terenu, natomiast w kolumnie 4 wyniki pomiaru od-

Tablica 1

Wyniki obliczeń wartości współczynnika B

Lp.	Pkt	Osiad. w_{zm} [mm]	Odległ. pkt-pkt [m]	Nachyl. T_x [mm/m]	Przesun. u_{zm} [mm]	$B = \frac{u_{zm}}{T_x}$
1	2	3	4	5	6	7
1	38	466	5,087	17,50	-395	22,58
2	39	555	4,998	20,01	-409	20,44
3	40	655	5,053	21,18	-408	19,27
4	41	762	4,973	21,11	-387	18,33
5	42	867	5,019	20,72	-358	17,28
6	43	971	5,022	17,52	-308	17,58
7	44	1059	4,681	12,82	-253	19,74
8	45	1119	8,891	9,67	-205	21,19
9	46	1205	5,004	3,20	-93	29,09
10	47	1221	4,990	0,80	-48	59,88
11	48	1217	5,034	1,59	+13	8,18
12	49	1199	4,995	12,41	81	6,53
13	50	1137	5,448	22,58	151	6,69
14	51	1014	4,549	34,07	240	7,04
15	52	859	5,013	37,90	305	8,05
16	53	669	4,999	37,01	326	8,81
17	54	484	5,013	28,53	253	10,69
18	55	341	5,002	19,99	253	12,66
19	56	241	5,067	13,22	198	14,97
20	57	174	4,995	9,01	148	16,43
21	58	129	5,075	4,93	104	21,11
22	59	104	4,966	3,83	77	20,13
23	60	85	5,023	2,39	56	23,44
24	61	73	5,035	2,78	44	15,82
25	62	59	5,020	1,39	34	24,38
26	63	52	5,012	1,60	27	16,92
27	64	44	5,046	0,99	19	19,17
28	65	39	6,241	0,96	17	17,68
29	66	33	3,714	0,81	14	17,33
30	67	30	4,935	0,81	14	17,27
31	68	26	5,037	0,40	11	27,70
32	69	24	4,948	0,41	9	22,26
33	70	22	5,020	0,20	7	35,14

cd. tablicy 1

1	2	3	4	5	6	7
34	71	21	4,524	0,66	4	6,03
35	72	18	5,456	0,18	3	16,37
36	73	19	4,987	0,60	1	1,66
37	74	16	4,968	0	0	0
38	75	16	5,017	0,20	-1	5,02
39	76	15	4,971	0,20	-3	14,91
40	77	14	4,962	0,20	-2	9,93
41	78	13	5,078	0	-3	-
42	79	13	4,955	0,40	-2	4,96
43	80	11	4,447	0,23	-1	4,45
44	81	10	5,460	0	0	0
45	82	10	5,062	0,40	-4	10,12
46	83	8	4,985	-	+1	-
47	84	-	5,035	-	-1	-
48	85	-	6,112	-	-8	-
49	86	0	3,973	0,25	-5	19,86
50	87	1	4,954	0,20	-3	14,86
51	88	0	5,052	0,20	-3	15,16
52	89	1			0	

ległości między sąsiednimi punktami linii obserwacyjnej przed rozpoczęciem eksploatacji. Wartość nachylenia T_x niecki poeksploatacyjnej obliczono jako nachylenie średnie wg wzoru:

$$\frac{dw}{dx} = T_x \approx (T_x)_{śr} = \frac{w_n - w_{n+1}}{d} \qquad (4)$$

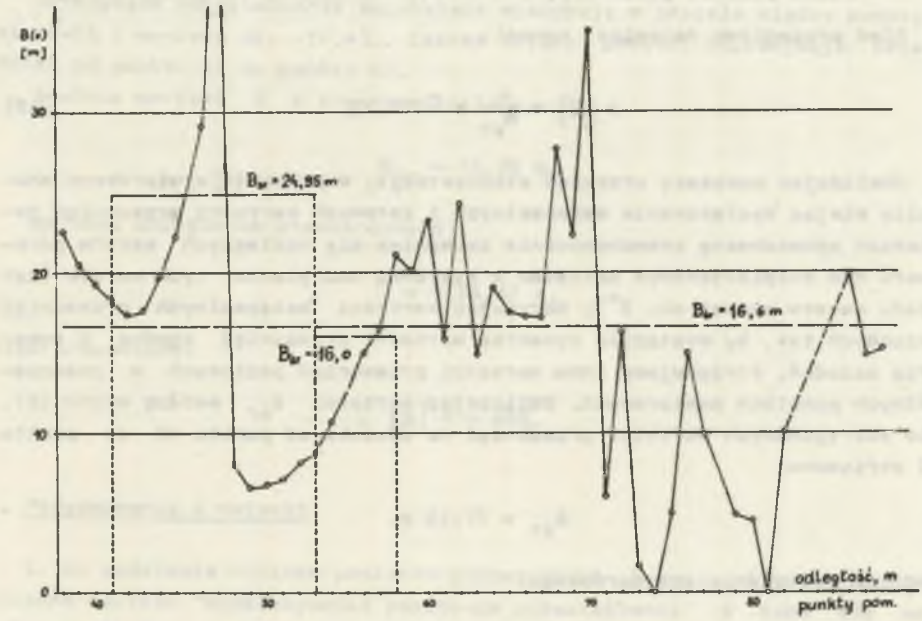
gdzie:

T_x - wartość nachylenia niecki, mm/m,
w_n, w_{n+1} - wartość osiadania punktów (n) i (n+1), mm,
d - odległość między sąsiednimi punktami (n) i (n+1), m,
n - numer kolejny punktu pomiarowego.

Analiza wartości osiadań ostatniego punktu linii - punktu 89 - pozwala przyjąć, z niewielkim błędem, że punkt 89 znajduje się poza wpływem eksploatacji górniczej - jest więc punktem stałym. Począwszy od punktu 89 sumowano różnice długości (Δu) między pomiarem odległości przed rozpoczęciem eksploatacji i po uspokojeniu się ruchów powierzchni terenu. Otrzymano w ten sposób wartość "bezwzględnego" przesunięcia poziomego (u_{zm}) poszczególnego punktu linii obserwacyjnej. Wyniki obliczeń zestawiono w kolumnie 6 tablicy 1. Obliczone wartości stosunku przesunięć poziomych (u_{zm}) do nachyleń $(T_x)_{śr}$ wg wzoru

$$\frac{u_{zm}}{(T_x)_{śr}} = B \tag{5}$$

zestawiono w kolumnie 7 tablicy 1 dla poszczególnych punktów i zilustrowano na rys. 2.



Rys. 2. Wykres wartości "współczynnika poziomego odkształcenia" B dla poszczególnych punktów pomiarowych

Średnia arytmetyczna dla wszystkich punktów linii obserwacyjnej wynosi:

$$B_{śr} = \frac{\sum B_n}{n} = 16{,}60 \text{ m.} \tag{6}$$

Błąd standardowy przyjęcia:

$$B(x) = B_{śr} = \text{const.} \tag{7}$$

wynosi:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}} = \pm 9{,}74 \text{ m} \tag{8}$$

gdzie:

σ - wartość odchylenia standardowego, m,

v - różnica między wartością średnią $B_{śr}$ a wartością B(x) w danym punkcie, m,

$$v = B_{śr} - B(x) \tag{9}$$

n - ilość punktów pomiarowych, w których obliczono wartości B(x).

Błąd procentowy natomiast wynosi:

$$\sigma\,[\%] = \frac{\sigma}{B_{śr}} = \pm\ 58{,}7\% \tag{10}$$

Analizując powyższy przykład eksploatacji, w pracy [8] stwierdzono anomalię miejsc występowania maksymalnych i zerowych wartości przesunięć poziomych spowodowaną prawdopodobnie zsuwaniem się nadległych warstw górotworu nad eksploatowanym pokładem w kierunku nachylenia tych warstw (kąt upadu warstw wynosi ok. 3°). Korygując wartości maksymalnych przesunięć poziomych tak, by wystąpiła symetria wartości przesunięć zgodna z symetrią osiadań, otrzymujemy inne wartości przesunięć poziomych w poszczególnych punktach pomiarowych. Obliczając wartości $B_{śr}$ według wzoru (6), dla skorygowanych wartości przesunięć na odcinku od punktu 48 do punktu 82 otrzymano:

$$B_{śr} = 77{,}16\ \text{m},$$

wartość odchylenia standardowego:

$$\sigma = \pm\ 72{,}54\ \text{m},$$

natomiast błąd procentowy:

$$\sigma\,[\%] = \pm\ 94\%.$$

Błędy rzędu 59% (oraz 94% - w przypadku korekty przesunięć) są błędami dość dużymi, które należy uwzględniać przy stosowaniu wzoru (1) do analizy wpływów eksploatacyjnych.

W przypadku prognozowania skutków projektowanej eksploatacji górniczej najczęściej oblicza się wartości maksymalne (np. odkształceń poziomych ε_x). W związku z tym obliczamy błąd przyjęcia B(x) = const w obszarze największych odkształceń dla naszego przykładu.

Największe odkształcenia rozciągające występują między punktami 55-56 i wynoszą ok. +11‰. Zakres 50% wartości $(\varepsilon_x)_{max}$ obejmuje przedział od pkt. 53 do pkt. 59. Średnia wartość B w tym przedziale wynosi:

$$B_{śr} = 16{,}0\ \text{m}.$$

Wartość odchylenia standardowego:

$$\sigma = \pm 4{,}09 \text{ m},$$

błąd procentowy:

$$\sigma\,[\%] = \pm 25{,}6\%.$$

Największe odkształcenia ściskające występują w przęśle między punktami 50-51 i wynoszą ok. -16,4‰. Zakres ściskań powyżej 6‰ obejmuje przedział od punktu 41 do punktu 53.

Średnia wartość B w tym przedziale wynosi:

$$B_{śr} = 24{,}95 \text{ m}.$$

Wartość odchylenia standardowego:

$$\sigma = \pm 16{,}47 \text{ m},$$

błąd procentowy:

$$\sigma\,[\%] = \pm 66\%.$$

4. Podsumowanie i wnioski

1. Na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych z rejonu kopalni K. obliczona wartość "współczynnika poziomego odkształcenia" B waha się od 4,5 m do 59,9 m w zależności od punktu profilu niecki osiadania. Na odcinku największych odkształceń poziomych rozciągających (od +6‰ do +11‰) wartość współczynnika B waha się od 10,7 m do 21,2 m.

Średnia arytmetyczna wartości B w całym profilu niecki osiadania wynosi 16,6 m i jest określona z błędem 58,7%, natomiast średnia arytmetyczna B na odcinku największych odkształceń poziomych rozciągających wynosi 16,0 m i określona jest z błędem 25,6%.

Wynika stąd wniosek, że w przypadku przyjęcia:

$$B(x) = B_{śr} = \text{const}$$

przy obliczaniu wartości przesunięć poziomych i odkształceń poziomych należy się liczyć z błędem ok. 25% - dla rejonu o największych odkształceniach.

2. W przypadku szczegółowej analizy deformacji powierzchni terenu i górotworu dla celów naukowych należy uwzględnić zmienność wartości B w płaszczyznie poziomej (x,y).

LITERATURA

[1] Awierszyn S.G.: Zdwiżenije gornych porod pri podzjemnych rozrabotkach. Uglatiechizdad. Moskwa 1947.

[2] Awierszyn S.G.: Razcziet zdwiżenij gornych porod. Metalurgizdat, Leningrad-Moskwa 1950.

[3] Budryk W.: Wyznaczanie wielkości poziomych odkształceń terenu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, t. I, z. 1, PWN, Warszawa 1953.

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

[5] Litwiniszyn J.: Równanie różniczkowe przemieszczeń górotworu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa, t. I, z. 1, PWN, Warszawa 1953.

[6] Lubina T.: Uwagi wynikające z analizy dynamicznych niecek osiadania. Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej. Geodezja, 31, PWN, Warszawa-Kraków 1976.

[7] Lubina T.: Określenie wartości parametru r_o z poeksploatacyjnej niecki osiadania. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo, z. 64, Gliwice 1974.

[8] Lubina T.: Analiza wyników geodezyjnych pomiarów przesunięć poziomych punktów na powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo, z. 79, Gliwice 1977.

ЗАВИСИМОСТЬ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ВЕЛИЧИНЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ТОЧКИ ОТ ВЕЛИЧИНЫ НАКЛОНА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ МУЛЬДЫ НА ОСНОВЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЕФОРМАЦИИ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Р е з ю м е

На основе результатов геодезических измерений деформации поверхности земли в районе шахты К. произведено рассчеты величины отношения составляющей горизонтальной перемещения к величине наклона в данной точке эксплуатационной мульды. Определено изменение этого отношения в горизонтальной плоскости x, y . Определено ошибку приёма постоянной величины этого отношения для всего профиля мульды осадки.

DEPENDENCE OF THE HORIZONTAL DISPLACEMENT COMPONENT VALUE FOR A POINT ON THE INCLINATION OF A WORKED - OUT BASIN AS OBTAINED FROM DAY-GROUND DEFORMATION SURVEYS

S u m m a r y

Basing on survey results in the vicinity of K. coalmine the value of the relationship of the horizontal displacement component to that of the inclination of the basin has been calculated. Variability of the relationship has been stated in the horizontal plane (x,y) Error in assuming the constant value of the relationship has been determined for the total profile of the subsidence.