ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1984

Seria: BUDOWNICTWO z. 59 Nr kol. 813

Stanisław LESSAER
Adam NOWAKOWSKI
Barbara TUMIDAJEWICZ

GRAFICZNA INTERPRETACJA UPROSZCZONEGO SPOSOBU WYZNACZANIA ODKSZTAŁCEŃ I PRZEMIESZCZEŃ TRAS KOMUNIKACYJNYCH NAD NAROŻEM GÓRNICZEGO WYROBISKA

Streszczenie. W artykule podano sposób obliczania poziomych przemieszczeń i odkształceń powierzchni terenu nad narożem górniczego wyrobiska. Ten przybliżony sposób obliczania, wystarczająco jednak dokładny dla celów budownictwa, przydatny jest szczególnie przy projektowaniu budowli o charakterze liniowym, poddanych wpływom górniczej deformacji terenu. W opracowaniu podane zostały tablice oraz graficzna interpretacja pola stanu poziomego przemieszczania i odkształcenia powierzchni terenu nad narożem eksploatowanego pola pokładu. Analityczno-obliczeniowy materiał ujęty w tablicach oraz opracowane rysunki pozwalają na sprawne i szybkie wyznaczanie poziomych przemieszczeń i odkształceń tras obiektów liniowych znajdujących się w obrębie oddziaływania wpływów górniczych odbiegających od typowego przypadku ściany lub krawędzi wyrobiska w kształcie prostoliniowego odcinka znaczniejszej długości.

1. Wstęp

Przedstawiony sposób obliczeń deformacji powierzchni terenu i znajdujących się na nim obiektów, nad narożem górniczego wyrobiska nawiązuje do uproszczonego opisu niecki obniżeniowej [1]. Skorzystano z założeń analitycznego przedstawienia niecki, ujętego w pracach [1], [2], wprowadzających pojęcie elementarnego, składowego zbocza stożkowego. Zbocze takie powstałoby przy dokonaniu eksploatacji w trzech "ćwiartkach" pokładu (rys.1); można by w uproszczeniu przedstawić je jako powierzchnię wynikającą z obrotu tworzącej niecki wokół pionowej osi.

Dla tak przyjętego cząstkowego zbocza stożkowego określone zostały:

- rzędne tworzącej

$$w = w_{max}\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{s}{r} - \frac{1}{\pi}\sin\frac{\pi s}{r}\right)\right], \tag{1}$$

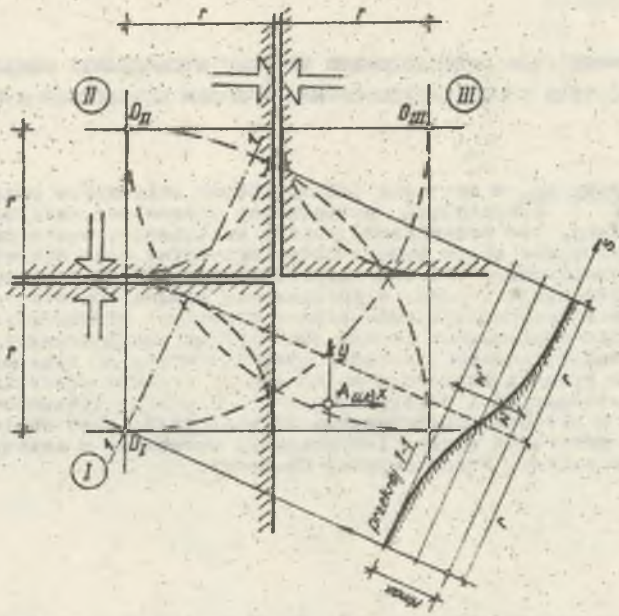
- odkształcenia poziome

$$\varepsilon = 0{,}2\,\frac{\pi w_{max}}{r}\sin\frac{\pi s}{r}, \tag{2}$$

- przemieszczenia poziome

$$u = 0{,}2\,w_{max}\left(1 - \cos\frac{\pi s}{r}\right). \tag{3}$$

Odkształcenia i przemieszczenia dla naroża wyrobiska uzyskano poprzez "zsunięcie" trzech zboczy stożkowych. Koncepcja ta sprowadza się więc do wyznaczenia wartości wymienionych wskaźników deformacji terenu poprzez superpozycję wpływów trzech zboczy oznaczonych w pracy symbolem I, II i III (rys. 1).



Rys. 1

W obecnym postępowaniu naroże górniczego wyrobiska opisane jest za pomocą siatki punktów w polu kwadratu o bokach 2r x 2r. W rejonie naroża wyrobiska wystąpią zatem punkty siatki znajdujące się w zasięgu trzech zboczy składowych ale istnieją także strefy w których punkty siatki znajdują się w zasięgu tylko dwóch a nawet jednego zbocza stożkowego.

Dla odkształceń i przemieszczeń warunek występowania bądź niewystępowania składowej ε^n, u^n zapisać można następująco:

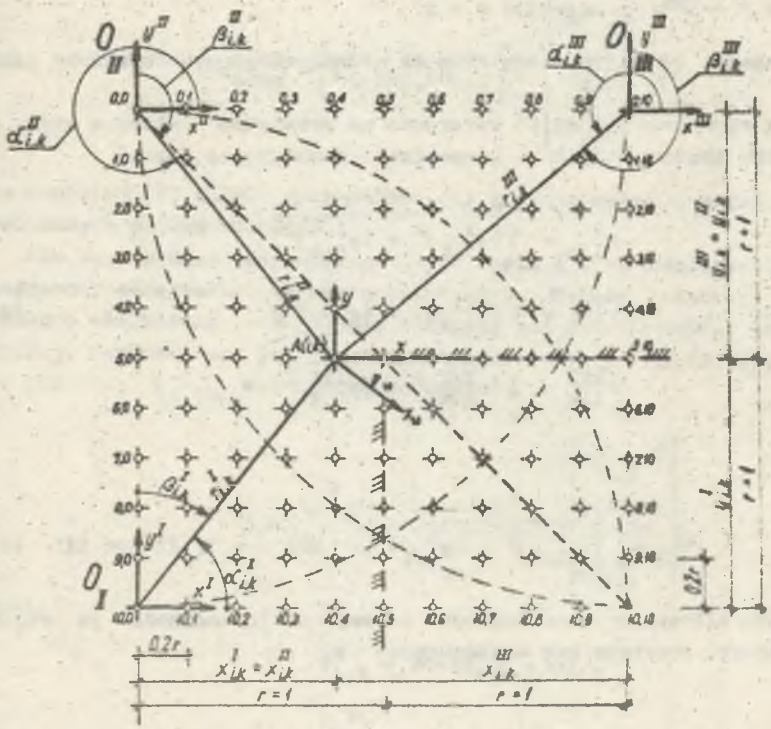
$$\text{dla} \quad r^n \geqslant 2r \quad \varepsilon^n = 0, \qquad u^n = 0.$$

W niniejszej pracy, opierając się na ogólnym wywodzie zawartym w cytowanym już opracowaniu [2], omówiony zostanie sposób budowy algorytmu i programu do obliczania przemieszczeń i odkształceń, w rejonie naroża wyrobiska oraz zostaną przedstawione wyniki obliczeń w postaci graficznej. Ta interpretacja graficzna ma nie tylko znaczenie poglądowe lecz także, łącznie z tablicami obliczonych wartości odkształceń głównych i przemieszczeń

w kierunkach głównych, pozwoli na dogodniejsze określenie deformacji dowolnych, liniowych tras w rejonie naroża górniczego wyrobiska.

2. Odkształcenia i przemieszczenia poziome terenu

Obliczenia numeryczne składowych odkształcenia i przemieszczenia zaprogramowano dla punktów ortogonalnej siatki. Ta siatka punktów w obszarze naroża przedstawiona na rys. 2 ma kształt kwadratu o bokach 2r x 2r i po-



Rys. 2

dzielona została na oczka 0,2r x 0,2r. Dowolny, ogólnie przyjęty punkt A siatki naroża (rys. 2) ma swoje oznaczenie wynikłe z numeracji rzędów - przez k oraz kolumn - przez i. Z kolei określono biegunowe współrzędne punktu A względem każdego z trzech zboczy stożkowych oznaczonych przez I, II i III. Dla wybranego punktu A(i,k) określone zostały odkształcenia poziome względem każdego z trzech zboczy stożkowych (n = I, II lub III). W obliczeniach skorzystano ze wzoru (2), który w dostosowaniu do wprowadzonych obecnie oznaczeń na rys. 2 - ma postać

$$\varepsilon^{n}_{i,k} = 0{,}2\,\frac{\pi W_{max}}{r}\,\sin\frac{\pi}{r}\,r^{n}_{i,k}, \quad (\text{dla } n = \text{I,II,III}). \tag{4}$$

W celu uogólnienia obliczeń uniezależniono je od czynnika we wzorze (4) przy funkcji trygonometrycznej, czyli

$$\varepsilon^{n}_{i,k} = m\,\sin\frac{\pi}{r}\,r^{n}_{i,k}, \tag{5}$$

gdzie $m = 0{,}2\,\frac{\pi W_{max}}{r}$, przyjmując $m = 1$.

Pominięty czynnik ($m = 1$) - pozostanie do późniejszego wykorzystania jako mnożnik.

Wchodzące do wzorów (4) i (5) wyrażenia na promienie wodzące mają, z uwzględnieniem obecnej symboliki i oznaczeń, następującą postać

$$\begin{aligned} r^{I}_{i,k} &= \sqrt{(x^{I}_{i,k})^2 + (y^{I}_{i,k})^2}, \\ r^{II}_{i,k} &= \sqrt{(x^{II}_{i,k})^2 + (y^{II}_{i,k})^2}, \\ r^{III}_{i,k} &= \sqrt{(x^{III}_{i,k})^2 + (y^{III}_{i,k})^2}, \end{aligned} \tag{6}$$

lub ogólnie

$$r^{n}_{i,k} = \sqrt{(x^{n}_{i,k})^2 + (y^{n}_{i,k})^2}, \quad \text{dla } n = \text{I, II lub III} \tag{7}$$

Kosinusy kątów kierunkowych odkładanych od osi x (przeciwnie do ruchu wskazówek zegara) wyrażają się następująco:

$$\cos\alpha^{n}_{i,k} = a^{n}_{i,k} = \frac{x^{n}_{i,k}}{r^{n}_{i,k}}, \tag{7}$$

zaś kosinusy kątów kierunkowych odkładanych od osi y, tym razem zgodnie z ruchem wskazówek zegara, odpowiednio

$$\cos\beta^{n}_{i,k} = b^{n}_{i,k} = \frac{y^{n}_{i,k}}{r^{n}_{i,k}}. \tag{8}$$

W następnym etapie rozwiązywania zadania obliczono składowe odkształcenia poziomego wzdłuż ortogonalnego układu x i y. Wynosiły one

$$\varepsilon_{i,kx} = \left[\varepsilon^{I}_{i,k}\varepsilon^{II}_{i,k}\varepsilon^{III}_{i,k}\right] \cdot \begin{bmatrix} (a^{I}_{i,k})^2 \\ (a^{II}_{i,k})^2 \\ (a^{III}_{i,k})^2 \end{bmatrix}, \tag{9}$$

$$\varepsilon_{i,ky} = \left[\varepsilon^{I}_{i,k}\varepsilon^{II}_{i,k}\varepsilon^{III}_{i,k}\right] \cdot \begin{bmatrix} (b^{I}_{i,k})^2 \\ (b^{II}_{i,k})^2 \\ (b^{III}_{i,k})^2 \end{bmatrix}. \tag{10}$$

Do macierzy (9) i (10) wprowadzono już zostaje składowe odkształcen jednostkowych według wzoru (5).

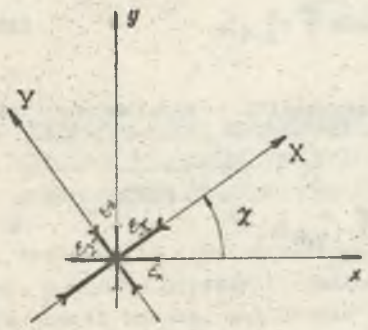
Dla wyznaczenia kierunków głównych (osie X i Y) niewystarczające jest znajomość odkształceń na kierunkach x i y. Należy dodatkowo dysponować trzecią wielkością - $\varepsilon_{x\omega}$ dla dowolnej osi x_{ω}. Odnośnie tej osi obowiązuje warunek, aby jej kąt odchylenia od osi x był różny od n . $\frac{\pi}{4}$.

Składową $\varepsilon_{i,k\omega}$ wyznaczono ze wzoru

$$\varepsilon_{i,k\omega} = \left[\varepsilon^{I}_{i,k}\varepsilon^{II}_{i,k}\varepsilon^{III}_{i,k}\right] \cdot \begin{bmatrix} (\bar{a}^{I}_{i,k})^2 \\ (\bar{a}^{II}_{i,k})^2 \\ (\bar{a}^{III}_{i,k})^2 \end{bmatrix}, \tag{11}$$

gdzie

$$\bar{a}^{n}_{i,k} = \cos(\alpha^{n}_{i,k} + \omega). \tag{12}$$



Rys. 3

Dysponując już składowymi odkształcen $\varepsilon_{i,kx}$ $\varepsilon_{i,ky}$ oraz $\varepsilon_{i,k}$ wyznaczono z kolei odkształcenia główne $\varepsilon_{i,kX}$ i $\varepsilon_{i,kY}$ oraz kąt χ określający położenie osi głównych (rys. 3). Korzystano przy tym ze wzorów

$$\varepsilon_{i,kX} = \frac{\varepsilon_{i,kx} - \varepsilon_{i,ky}\,tg^2\chi_{i,k}}{1 - tg^2\chi_{i,k}} \tag{13}$$

$$\varepsilon_{i,kY} = \frac{\varepsilon_{i,ky} - \varepsilon_{i,kx}\,tg^2\chi_{i,k}}{1 - tg^2\chi_{i,k}} \tag{14}$$

Natomiast kąt $\chi_{i,k}$ odchylenia osi głównych obliczano z zależności

$$tg2\chi_{i,k} = \frac{\varepsilon_{i,k\omega} - (\varepsilon_{i,kx} \cdot a_\omega^2 + \varepsilon_{i,ky} b_\omega^2)}{(\varepsilon_{i,ky} - \varepsilon_{i,kx}) \cdot a_\omega b_\omega}, \tag{15}$$

gdzie:

$$a_\omega = \cos_\omega, \quad b_\omega = \sin_\omega.$$

Możliwość posłużenia się wzorami (13), (14) i (15) istniała dla wszystkich punktów wyznaczonej siatki, z wyjątkiem punktów na przekątnej, czyli dla $i = k$. W punktach tych znając z góry przebieg kierunków głównych korzystano ze wzorów:

$$\varepsilon_{i,kX} = \varepsilon_{i,k}^{II} + \varepsilon_{i,k}^{I} \sin^2\vartheta_{i,k} + \varepsilon_{i,k}^{III} \sin^2\vartheta_{i,k}, \tag{16}$$

$$\varepsilon_{i,kY} = \varepsilon_{i,k}^{I} \cos^2\vartheta_{i,k} + \varepsilon_{i,k}^{III} \cos^2\vartheta_{i,k}. \tag{17}$$

Występujący we wzorach (16) i (17) kąt ϑ jest różnicą pomiędzy kątem odchylenia osi głównych χ a kątem kierunkowym β^I

$$\vartheta_{i,k} = \chi_{i,k} - \beta_{i,k}^{I}. \tag{18}$$

W niniejszej pracy obliczono także, dla przedstawionej na rys.2 siatki punktów, przemieszczenia poziome terenu na kierunkach głównych u_X i u_Y.

Składowe przemieszczeń obliczane względem zboczy stożkowych wyrażono za pomocą przekształconego wzoru (3)

$$u_{i,k}^n = 0{,}2\, W_{max}(1 - \cos\frac{\pi}{r} r_{i,k}^n). \tag{19}$$

Podobnie jak odkształcenia również i przemieszczenia przedstawiono jako przemieszczenia jednostkowe

$$u_{i,k}^n = p(1 - \cos\frac{\pi}{r} r_{i,k}^n). \tag{20}$$

gdzie $p = 0{,}2\, W_{max}$, przyjmując $p = 1$.

Przemieszczenia na kierunkach głównych obliczano bezpośrednio ze składowych przemieszczeń względem trzech naroży I, II i III, a więc

$$u_{i,kX} = \left[u^{I}_{i,k} u^{II}_{i,k} u^{III}_{i,k}\right] \cdot \begin{bmatrix} \bar{a}^{I}_{i,k} \\ \bar{a}^{II}_{i,k} \\ \bar{a}^{III}_{i,k} \end{bmatrix}, \tag{21}$$

$$u_{i,kY} = \left[u^{I}_{i,k} u^{II}_{i,k} u^{III}_{i,k}\right] \cdot \begin{bmatrix} \bar{b}^{I}_{i,k} \\ \bar{b}^{II}_{i,k} \\ \bar{b}^{III}_{i,k} \end{bmatrix} \tag{22}$$

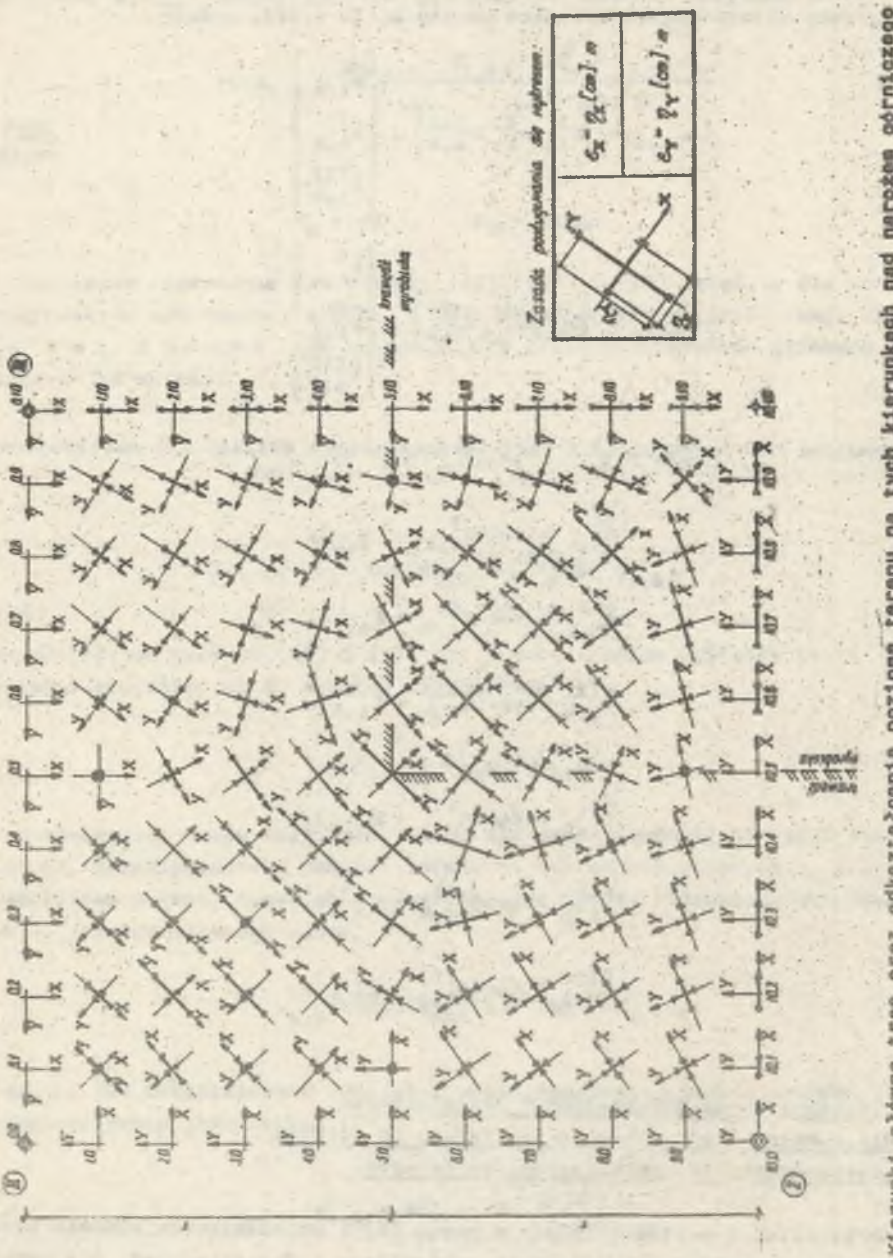
Występujące we wzorach (21) i (22) kosinusy kątów oblicza się następująco:

$$\begin{aligned} \bar{a}^{I}_{i,k} &= \cos(\alpha^{I}_{i,k} - \gamma_{i,k}), \\ \bar{a}^{II}_{i,k} &= \cos(\alpha^{II}_{i,k} - \gamma_{i,k}), \\ \bar{a}^{III}_{i,k} &= \cos(\alpha^{III}_{i,k} - \gamma_{i,k}), \end{aligned} \tag{23}$$

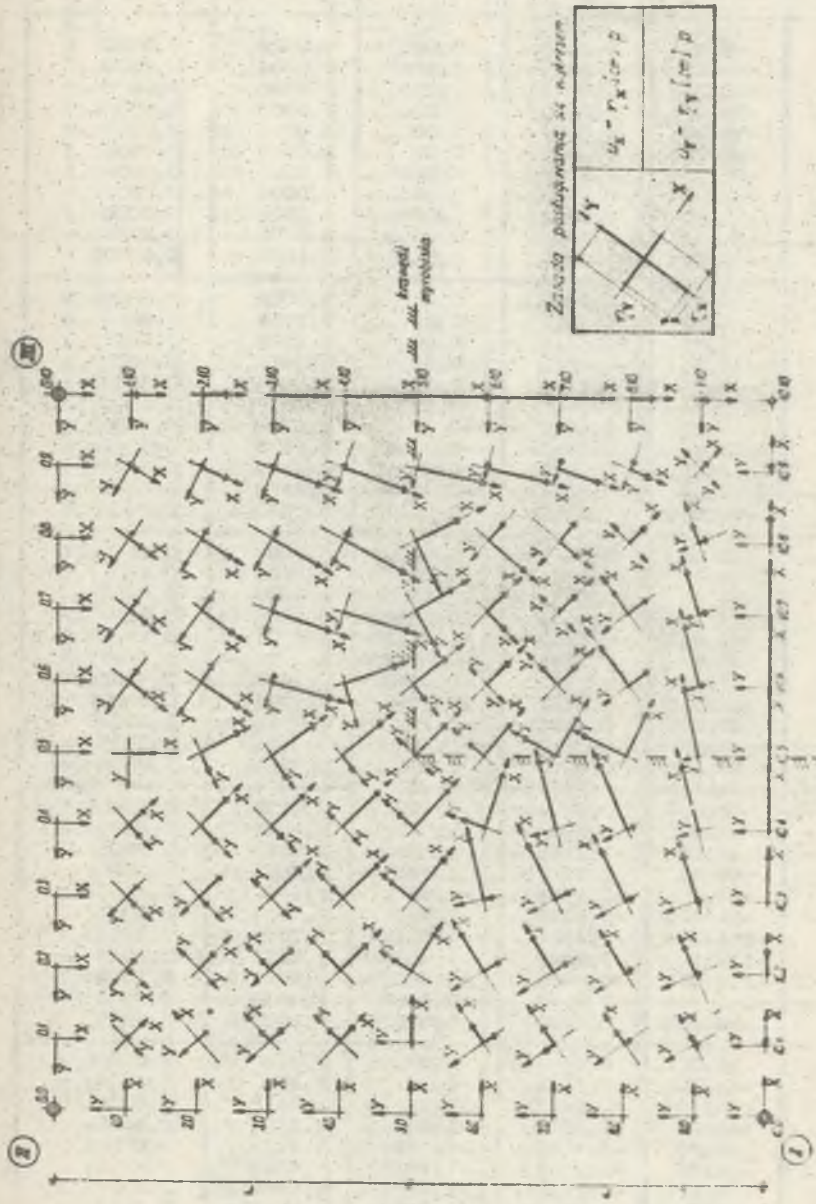
$$\begin{aligned} \bar{b}^{I}_{i,k} &= \cos(\beta^{I}_{i,k} + \gamma_{i,k}), \\ \bar{b}^{II}_{i,k} &= \cos(\beta^{II}_{i,k} + \gamma_{i,k}), \\ \bar{b}^{III}_{i,k} &= \cos(\beta^{III}_{i,k} + \gamma_{i,k}). \end{aligned} \tag{24}$$

3. Graficzny obraz odkształceń i przemieszczeń dla punktów siatki powierzchni terenu górniczego usytuowanego nad wyeksploatowanym narozem

Korzystając z przedstawionych w pracy [2] i uzupełnionych obecnie założeń, wykonano obliczenia poziomych odkształceń i przemieszczeń dla punktów siatki naroża. Obliczenia te przeprowadzone zostały na maszynie cyfrowej Mera-60, program obliczeń przygotowany został przez mgr inż. Henryka Biesiadę.



Rys. 4. Kierunki główne tras oraz odkształcenia poziome terenu na tych kierunkach nad narożem górniczego wyrobiska



Rys. 5. Kierunki główne oraz przesunięcia punktów terenu na tych kierunkach nad narożem górniczego wyrobiska

Tablica 1

Odkształcenia i przemieszczenia na kierunkach głównych

Oznaczenie punktu	χ	ε_X	ε_Y	u_X	u_Y
0,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,1	-90,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,2	-90,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,3	-90,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,4	-90,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,5	-90,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,6	-90,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,7	-90,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,8	-90,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,9	-90,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,10	-90,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
1,1	-45,00	0,3393	-0,6813	0,1558	0,0000
1,2	-132,45	-0,8236	0,4007	0,1672	0,3201
1,3	-133,30	-0,6884	0,3222	0,3528	0,4629
1,4	-48,80	0,1625	-0,3629	0,5846	0,4514
1,5	-90,00	-0,0048	-0,1196	0,7837	0,0000
1,6	-126,77	0,1821	-0,2876	0,6200	0,4089
1,7	-128,35	0,3960	-0,4453	0,5375	0,3249
1,8	-126,35	0,5582	-0,5101	0,4240	0,1906
1,9	-119,37	0,6343	-0,4174	0,2889	0,0579
1,10	-90,00	0,5880	0,0000	0,1910	0,0000
2,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2,1	42,45	-0,8236	0,4007	0,1672	-0,3201
2,2	-45,00	0,5058	-1,3108	0,6409	0,0000
2,3	-134,16	-1,3845	0,3698	0,3309	0,8895
2,4	-45,64	0,0837	-1,1133	1,0379	0,6686
2,5	-60,93	-0,2295	-0,5980	1,2493	0,6565
2,6	-120,32	0,1971	-0,6109	1,2849	0,5745
2,7	-123,06	0,5628	-0,7850	1,1721	0,4400
2,8	-120,32	0,8458	-0,7591	1,0119	0,2207
2,9	-112,07	0,9673	-0,4520	0,8128	0,0508
2,10	-90,00	0,9510	0,0000	0,6910	0,0000
3,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3,1	43,30	-0,6884	0,3222	0,3528	-0,4629
3,2	44,16	-1,3845	0,3698	0,3309	-0,8895
3,3	-45,00	0,1827	1,7187	1,2001	0,0000
3,4	-45,97	-0,1524	-1,6646	1,3487	0,4650
3,5	-53,40	-0,5033	-1,2637	1,4313	0,8013
3,6	-103,79	-0,4181	-0,9316	1,7683	0,2258
3,7	-119,19	0,3549	-0,9572	1,7187	0,4082
3,8	-117,02	0,7479	-0,7721	1,5851	0,1971
3,9	-108,44	0,9147	-0,3169	1,4042	0,0516
3,10	-90,00	0,9510	0,0000	1,3090	0,0000
4,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
4,1	-41,20	0,1625	-0,3629	0,5846	0,4514
4,2	-44,36	0,0837	-1,1133	1,0379	0,6686
4,3	-44,03	-0,1524	-1,6646	1,3487	0,4650
4,4	-45,00	-0,4765	-1,8924	1,4530	0,0000
4,5	-49,76	-0,7731	-1,7515	1,4208	0,5261
4,6	-70,46	-0,8558	-1,3433	1,5888	0,6447
4,7	-106,01	-0,3812	-1,0280	1,9258	0,0119
4,8	-116,57	0,3256	-0,6158	1,9455	0,2121
4,9	-105,54	0,5211	-0,0924	1,8520	0,0531
4,10	-90,00	0,5880	0,0000	1,8090	0,0000

cd. tablicy 1

Oznaczenie punktu	z	ε_x	ε_y	u_x	u_y
5,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
5,1	0,00	-0,0048	-0,1196	0,7637	0,0000
5,2	-29,07	-0,2295	-0,5690	1,2492	0,6585
5,3	-36,60	-0,5033	-1,2637	1,4313	0,6013
5,4	-40,24	-0,7731	-1,7515	1,4208	0,5261
5,5	-45,00	0,9640	-1,9280	1,2663	0,0000
5,6	-51,88	-0,9795	-1,7545	1,1389	0,6179
5,7	-60,51	-0,7623	-1,2756	1,2101	1,1120
5,8	-64,27	-0,3624	-0,5736	1,3768	1,3582
5,9	-101,31	-0,0622	0,0000	1,9981	0,0000
5,10	-90,00	0,0000	0,0000	2,0000	0,0000
6,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
6,1	36,77	0,1821	-0,2876	0,8200	-0,4069
6,2	30,32	0,1971	-0,6109	1,2849	-0,5745
6,3	13,78	-0,4181	-0,9316	1,7663	-0,2256
6,4	-19,55	-0,8556	-1,3433	1,5887	0,6447
6,5	-38,12	-0,9794	-1,7545	1,1389	0,6179
6,6	-45,00	-0,8896	1,8924	0,8628	0,0000
6,7	-45,58	-0,6210	-1,6670	0,7644	0,7537
6,8	-128,33	-1,1587	-0,1965	1,3814	0,6593
6,9	-103,65	-0,6610	-0,0629	1,7699	0,1334
6,10	-90,00	-0,5880	0,0000	1,8090	0,0000
7,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7,1	38,35	0,3960	-0,4453	0,5375	-0,3245
7,2	33,06	0,5628	-0,7850	1,1721	-0,4400
7,3	29,19	0,3548	-0,9572	1,7187	-0,4022
7,4	16,01	-0,3812	-1,0280	1,9258	0,0119
7,5	-29,49	-0,7623	-1,2756	1,2101	1,1120
7,6	-44,42	-0,6210	-1,6670	0,7644	0,7537
7,7	-45,00	-0,3382	-1,7187	0,6908	0,0000
7,8	-128,43	-1,4277	-0,3553	0,7170	0,6360
7,9	-107,20	-1,0475	-0,2333	1,2204	0,2415
7,10	-90,00	-0,9511	0,0000	1,3090	0,0000
8,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
8,1	36,35	0,5582	-0,5101	0,4240	-0,1906
8,2	30,31	0,8458	-0,7591	1,0119	-0,2207
8,3	27,02	0,7479	-0,7720	1,5851	-0,1971
8,4	26,57	0,3256	-0,6157	1,9455	-0,2121
8,5	-25,73	-0,3624	-0,5736	1,3767	1,3582
8,6	38,33	-1,1587	-0,1965	1,3814	-0,6593
8,7	38,43	-1,4277	-0,3553	0,7170	-0,6360
8,8	-45,00	-0,4730	-1,3108	0,5640	0,0000
8,9	-110,86	-1,0280	-0,3612	0,5705	0,2537
8,10	-90,00	-0,9510	0,0000	0,6910	0,0000
9,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9,1	29,37	0,6342	-0,4173	0,2889	-0,0576
9,2	22,07	0,9673	-0,4519	0,8128	-0,0908
9,3	18,43	0,9146	-0,3169	1,4042	-0,0919
9,4	15,54	0,5211	-0,0924	1,8520	-0,0530
9,5	11,31	-0,0622	0,0000	1,9981	0,0001
9,6	13,65	-0,6610	-0,0629	1,7699	-0,1334
9,7	17,20	-1,0475	-0,2333	1,2204	-0,2414
9,8	20,86	-1,0280	-0,3612	0,5705	-0,2537
9,9	-45,00	-0,4367	-0,6313	0,2137	0,0000
9,10	-90,00	-0,5878	0,0000	0,1910	0,0000

cd. tablicy 1

Oznaczenie punktu	γ	ε_X	ε_Y	u_X	u_Y
10,0	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
10,1	0,00	0,5878	0,0000	0,1910	0,0000
10,2	0,00	0,9511	0,0000	0,6910	0,0000
10,3	0,00	0,9511	0,0000	1,3090	0,0000
10,4	0,00	0,5878	0,0000	1,8090	0,0000
10,5	0,00	0,0000	0,0000	2,0000	0,0000
10,6	0,00	-0,5878	0,0000	1,8090	0,0000
10,7	0,00	-0,9511	0,0000	1,3090	0,0000
10,8	0,00	-0,9511	0,0000	0,6910	0,0000
10,9	0,00	-0,5878	0,0000	0,1910	0,0000
10,10	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Na rys. 4 przedstawiono w relatywnej skali wartości odkształceń poziomych w kierunkach głównych dla wszystkich obliczanych punktów naroża.

Podobnie na rys. 5 pokazano z kolei, wartości składowych przemieszczeń na kierunkach głównych.

Zarówno w przypadku odkształceń jak też przemieszczeń operowano wielkościami jednostkowymi. Dla uzyskania zatem rzeczywistych wartości odkształceń należy stosować mnożnik $m = \frac{0,2 w_{max}}{r}$; odpowiednio zaś dla przemieszczeń mnożnik $p = 0,2\ W_{max}$.

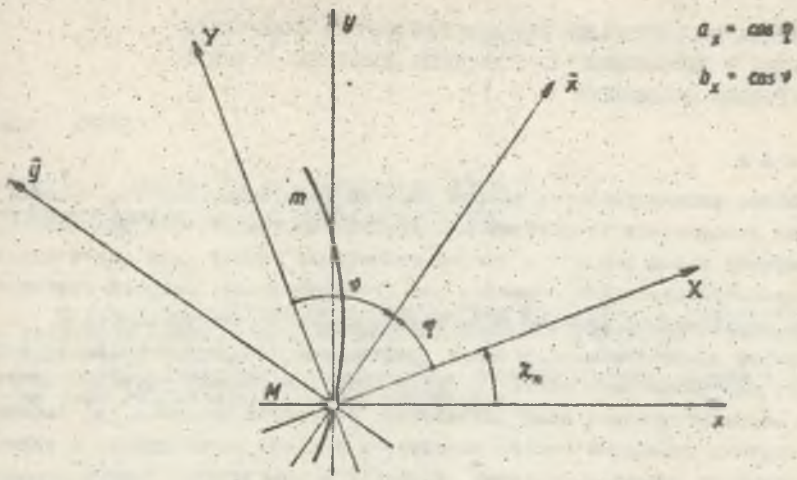
Tablica 1 zawiera zestawienie wartości poszukiwanych odkształceń i przemieszczeń dla wszystkich punktów siatki; stanowi ona wyciąg z wydruku maszyny cyfrowej. Obowiązują wspomniane mnożniki dla ε oraz u.

Praktyczne zadanie, przy którym można korzystać z podanych wyników polegać może na wyznaczeniu składowych poziomego przesunięcia oraz składowych odkształcenia, w kierunku stycznym i normalnym, do prostoliniowej względnie krzywoliniowej trasy obiektu liniowego w każdym jej punkcie. Można wówczas dla danego punktu wyznaczyć na podstawie przestrzennej interpolacji na rys. 4 i 5 kierunki główne oraz odpowiadające im składowe odkształcenia i przemieszczenia.

Przejście z wyznaczonych już wartości przemieszczeń i odkształceń, jak też z podanych kierunków głównych na odpowiednie wielkości, w poszukiwanym kierunku, związanym z przebiegiem badanej trasy liniowego obiektu (np. w punkcie M, na linii m - rys. 6) dokonywane jest przy posłużeniu się wzorami transformacyjnymi, a mianowicie

$$u_{M\bar{x}} = \left[u_{MX} u_{MY}\right] \cdot \begin{bmatrix} a_X \\ b_X \end{bmatrix} \tag{25}$$

$$u_{M\bar{y}} = \left[u_{MX} u_{MY}\right] \cdot \begin{bmatrix} -b_X \\ a_X \end{bmatrix}. \tag{26}$$



Rys. 6

$$\varepsilon_{M\bar{x}} = \left[\varepsilon_{MX}\varepsilon_{MY}\right] \cdot \begin{bmatrix} a_x^2 \\ b_x^2 \end{bmatrix}, \tag{27}$$

$$\varepsilon_{M\bar{y}} = \left[\varepsilon_{MX}\varepsilon_{MY}\right] \cdot \begin{bmatrix} b_x^2 \\ a_x^2 \end{bmatrix}, \tag{28}$$

Powtarzając takie rozwiązanie dla kolejnych punktów krzywej e można wyznaczyć stan jej poziomego przemieszczenia i odkształcenia spowodowany wpływem omawianego wyrobiska górniczego.

LITERATURA

[1] Budzianowski Z., Lesaer S.: O krzywiznach odkształconej powierzchni terenu podlegającego wpływom eksploatacji górniczej w zakresie potrzeb budownictwa. Archiwum Inżynierii Lądowej 3/1986.

[2] Lesaer S., Nowakowski A.: Przemieszczenia i odkształcenia obrzeża obiektu liniowego nad narozem górniczego wyrobiska. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Budownictwo z. 57, Gliwice 1982.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Henryk Pierzchała

ГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ УПРОЩЁННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ ДОРОГ НАД УГЛОВОЙ ЧАСТЬЮ ГОРНОЙ РАЗРАБОТКИ

Р е з ю м е

В работе рассматривается способ расчёта горизонтальных перемещений и деформации поверхности территории над угловой частью горной разработки. Этот приближённый метод расчёта - однако достаточно точный для целей строительства, является пригодным особенно при проектировании построек линейного характера подверженных влиянию горной деформации территории.

В работе даются таблицы а также графическая интерпретация поля горизонтального состояния перемещения и деформации поверхности грунта над угловой частью эксплуатируемого поля разработки. Собранный материал в таблицах а также чертежи позволяют быстро определить уровень перемещений и деформаций дорог линейных объектов, которые находятся в зоне влияния горных воздействий, отличающихся однако от типичного случая стены или ребра разработки в форме прямолинейного отрезка увеличенной длины.

A GRAPHICAL INTERPRETATION OF A SIMPLIFIED WAY FOR DISPLACEMENTS AND DEFORMATIONS ASSIGNMENT OF ROUTES OVER HEADING CORNER

S u m m a r y

A way of calculations of horizontal displacements and surface deformations over heading corner is presented. This approximate technique is however sufficiently accurate for design purposes especially for linear buildings design effected by mining deformations. Tables and graphical interpretation of a field of horizontal displacements and surface deformations state over a corner of a mining bed are given. Analytical and computational results presented in the tales as well as well as given figures are very useful especially for linear plants effected by mining activities different than typical wall or edge rectilinear shapes of a serious lenght.