

ANDRZEJ SAS

BADANIA ZMIAN KIERUNKU LINII PIONU WYWOŁANYCH WYDOBYCIEM KOPALIN

ZARYS TREŚCI: W pracy przedstawiono zagadnienie zmian pola siły ciężkości wywołanych czynnikami technogennymi. Określono wartości liczbowe parametrów tych zmian oraz opracowano ich obraz graficzny w otoczeniu eksploatowanej kopalni odkrywkowej węgla brunatnego w Belchatowie. W rozważaniach pominięto zagadnienie elastyczności skorupy ziemskiej, nie wprowadzając do obliczeń współczynników stanowiących kombinację liczb Love'a.

1. Wstęp

W wyniku odkrywkowej eksploatacji górniczej, olbrzymie ilości mas ziemnych podlegają przemieszczeniu. Powstanie wkopu, w wyniku zdejmowania warstwy nakładu oraz eksploatacji złoża, jak również powstanie w sąsiedztwie zewnętrznego zwałowiska nakładu, powodują ciągłe zmiany układu mas. Takie zmiany układu mas są przyczyną zmian lokalnego pola siły ciężkości, a więc i zmian układu powierzchni ekwipotencjalnych w otoczeniu eksploatowanej odkrywki. Wielkość i zasięg tych zmian zależą od kilku czynników, takich jak np.:

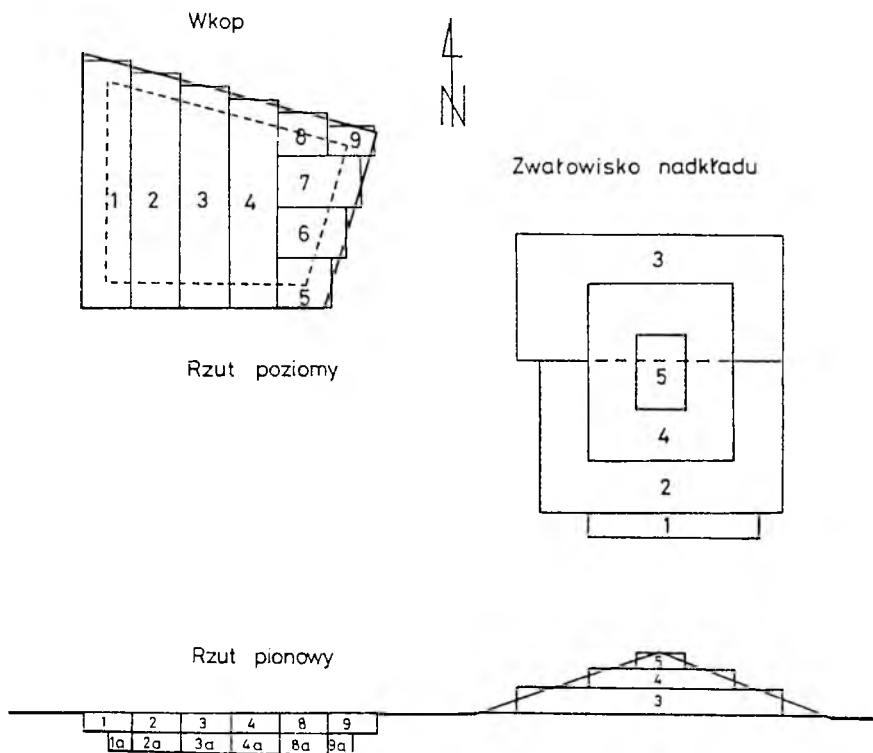
- kształt i głębokość odkrywki,
- właściwości geologiczne górotworu,
- prędkość postępu frontu eksploatacyjnego,
- wielkość zewnętrznego zwałowiska nakładu.

Prowadzone w różnych okresach czasu pomiary osnów geodezyjnych w otoczeniu odkrywki, przy ciągle zmieniającym się układzie mas (powiększanie wkopu i zwałowiska nakładu), a więc i zmieniającym się polu siły ciężkości, odnoszą się do różnych powierzchni ekwipotencjalnych. Z tego powodu każdy z tych pomiarów jest obarczony błędem systematycznym, zniekształcającym ostateczne wyniki pomiarów. Stosowanie ostatnio do pomiaru osnów geodezyjnych coraz bardziej precyzyjnych instrumentów oraz bardziej rygorystycznych kryteriów dokładności wymaga opracowania naukowego tego zagadnienia.

2. Aproxymacja przemieszczanych mas bryłami prostopadłościennymi

W celu wyznaczenia wartości zmian przyspieszenia siły ciężkości i kierunku pionu dla punktów na powierzchni Ziemi, wywołanych wkopem oraz zwałowiskiem nadkładu, wykorzystano tzw. pośrednią metodę interpretacji grawimetrycznej [4, 6].

Metoda ta polega na obliczeniu rozkładu pochodnych potencjału siły ciężkości, wywołanego przez ciała zaburzające, których kształt, rozmiary, głębokość występowania oraz gęstość są znane lub z góry założone. Tego rodzaju obliczenia są wykonywane najczęściej dla modeli ciał zaburzających



Rys. 1

o regularnej budowie geometrycznej, pozwalającej na ustalenie związku matematycznego między parametrami tych ciał i związanym z nim zaburzającym polem grawitacyjnym.

W przypadku ciał zaburzających o budowie nieregularnej należy podzielić je na takie części, które można aproxymować modelami ciał o prostej budowie geometrycznej, a następnie zsumować efekty grawitacyjne, pochodzące od tych poszczególnych części.

Podstawowymi elementami, na które zazwyczaj dzieli się nieregularne ciało zaburzające w celu obliczenia jego efektu grawitacyjnego, są prostopadłościany.

W przypadku kopalni odkrywkowej ciałami zaburzającymi lokalne pole siły ciężkości będą: wkop oraz zewnętrzne zwałowisko nadkładu. Aby wyznaczyć ich wpływ na pole siły ciężkości, należy je, jak podano powyżej, zaaprosymować bryłami prostopadłościami. Powstały w wyniku eksploatacji złoża kopalni w Bełchatowie wkop najdogodniej było, na tym etapie badań, zaaprosymować 18 bryłami prostopadłościami (9 brył dla warstwy nadkładu oraz 9 brył dla warstwy wyeksploatowanego złoża), a zewnętrzne zwałowisko nadkładu 5 bryłami.

Omówioną sytuację przedstawiono na rys. 1 w przekroju poziomym oraz pionowym.

Bryły aproksymujące warstwę zdjętego nadkładu mają następujące rozmiary:

prostopadłościan	1 - 2667m x 500m x 200m
	2 - 2500m x 500m x 200m
	3 - 2333m x 500m x 200m
	4 - 2167m x 500m x 200m
	5 - 500m x 571m x 200m
	6 - 500m x 714m x 200m
	7 - 500m x 857m x 200m
	8 - 500m x 500m x 200m
	9 - 333m x 500m x 200m.

Dla brył tych przyjęto wartość gęstości $\sigma = 1.60 \text{ g cm}^{-3}$ odpowiadającą gęstości żwiru i piasku.

Bryły prostopadłościenne aproksymujące złożo węgla mają następujące rozmiary:

prostopadłościan	1a - 2167m x 250m x 200m
	2a - 2000m x 500m x 200m
	3a - 1832m x 500m x 200m
	4a - 1667m x 500m x 200m
	5a - 250 m x 321m x 200m
	6a - 500 m x 464m x 200m
	7a - 500 m x 607m x 200m
	8a - 250m x 500m x 200m
	9a - 83m x 250m x 200m.

Dla brył tych przyjęto gęstość $\sigma = 1.39 \text{ g cm}^{-3}$ odpowiadającą gęstości węgla brunatnego.

Zwałowisko nadkładu zaaprosymowano bryłami o następujących rozmiarach:

prostopadłościan	1 - 250m x 1250m x 100m
------------------	-------------------------

2 - 1500m x 2500m x 100m

3 - 1250m x 2750m x 100m

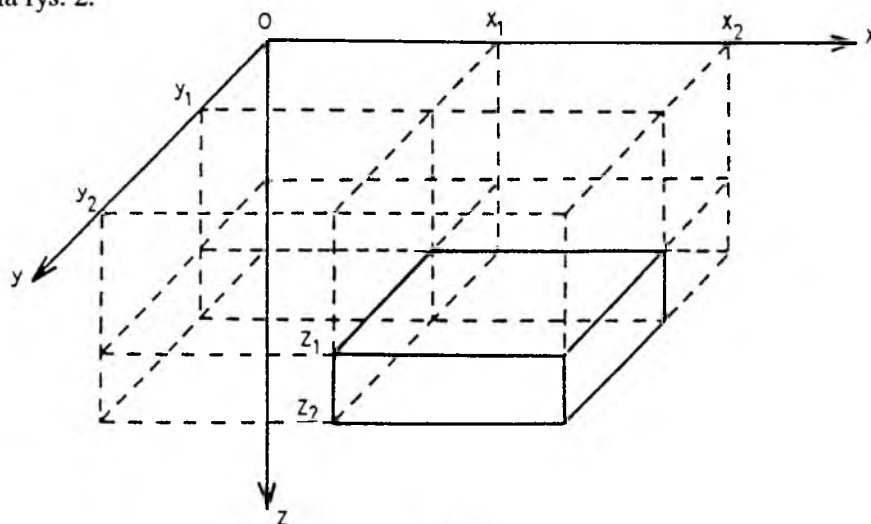
4 - 1750m x 1500m x 70m

5 - 750m x 500m x 50m

Gęstość zwałowiska $\sigma = 1.60 \text{ g cm}^{-3}$ odpowiada gęstości zdjętego nadkładu nad złożem.

3. Przedstawienie wzorów ogólnych i praktycznych metody obliczeń wpływu zaburzającego

Dla określenia zmian składowych przyspieszenia siły ciężkości Δg_x , Δg_y , Δg_z wywołanych prostopadłościannym zaburzającym, przyjęto ruchomy prawoskrętny lokalny układ współrzędnych prostokątnych $Oxyz$, którego osie Ox i Oy są równoległe do krawędzi prostopadłościanu, oś Oz zaś jest prostopadła do płaszczyzny Oxy i skierowana do dołu. Osie Ox i Oy leżą w płaszczyźnie poziomej, prostopadłej do linii "niezaburzonego pionu" w miejscu obserwacji na wysokości powierzchni terenu. Początek O ruchomego układu znajduje się w punkcie wyznaczenia zmian grawitacji. Układ współrzędnych wraz z zaburzającym prostopadłościannym przedstawia rys. 2.



Rys. 2

W przyjętym układzie współrzędnych zmiany składowych poziomych Δg_x i Δg_y oraz składowej pionowej Δg_z przyciągania prostopadłościanu ze ścianami równoległymi do trzech płaszczyzn układu współrzędnych wyrażone są następującymi wzorami:

$$\Delta g_x = G \sigma \int_{x_1, y_1, z_1}^{x_2, y_2, z_2} \frac{x \, dx \, dy \, dz}{[x^2 + y^2 + z^2]^{3/2}}$$

$$\Delta g_y = G \sigma \int_{x_1, y_1, z_1}^{x_2, y_2, z_2} \frac{y \, dx \, dy \, dz}{[x^2 + y^2 + z^2]^{3/2}}$$

$$\Delta g_z = G \sigma \int_{x_1, y_1, z_1}^{x_2, y_2, z_2} \frac{z \, dx \, dy \, dz}{[x^2 + y^2 + z^2]^{3/2}}$$

w których: G - stała grawitacji $6.672 \cdot 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$;
 σ - gęstość.

Wyniki całkowania powyższych równań oraz wzory na wartości funkcji pomocniczych $F_1 [r, s]$ i $F_2 [t, u]$ przedstawione zostały w [5]. Poniżej cytuję się je bez dowodzenia.

Funkcja $F_1 [r, s]$ właściwa dla obliczeń składowej Δg_x ma postać:

$$F_1 [r, s] = G \left[r \ln \frac{\frac{s + \sqrt{r^2 + s^2}}{s + \sqrt{r^2 + s^2 + 1}}}{\frac{r}{\sqrt{r^2 + 1}}} + s \ln \frac{\frac{r + \sqrt{r^2 + s^2}}{r + \sqrt{r^2 + s^2 + 1}}}{\frac{s}{\sqrt{s^2 + 1}}} + \operatorname{arctg} \frac{rs}{\sqrt{r^2 + s^2 + 1}} \right]$$

Do obliczenia Δg_y służy funkcja $F_2 [t, u]$:

$$F_2 [t, u] = G \left[u \ln \frac{\frac{t + \sqrt{t^2 + u^2}}{t + \sqrt{t^2 + u^2 + 1}}}{\frac{u}{\sqrt{u^2 + 1}}} + t \ln \frac{\frac{u + \sqrt{t^2 + u^2}}{u + \sqrt{t^2 + u^2 + 1}}}{\frac{t}{\sqrt{t^2 + 1}}} + \operatorname{arctg} \frac{tu}{\sqrt{t^2 + u^2 + 1}} \right]$$

Wyznaczenie składowej pionowej Δg_z zaburzenia wywołanego ciałem prostopadłościennym wymaga znajomości funkcji $F_3 [p, q]$ [2], czyli:

$$F_3 [p, q] = G \left[p \ln \frac{\frac{q + \sqrt{p^2 + q^2}}{q + \sqrt{p^2 + q^2 + 1}}}{\frac{p}{\sqrt{p^2 + 1}}} + q \ln \frac{\frac{p + \sqrt{p^2 + q^2}}{p + \sqrt{p^2 + q^2 + 1}}}{\frac{q}{\sqrt{q^2 + 1}}} + \operatorname{arctg} \frac{pq}{\sqrt{p^2 + q^2 + 1}} \right]$$

Jak widać, funkcje $F_1[r, s]$, $F_2[t, u]$ i $F_3[p, q]$ mają postać podobną i powstają przez odpowiednią transformację układu współrzędnych. Przy ich wykorzystaniu równania na zmianę składowych przyspieszenia siły ciężkości można zapisać w następującej postaci:

$$\Delta g_x = \sigma x F_1[r, s]$$

$$\Delta g_y = \sigma y F_2[t, u]$$

$$\Delta g_z = \sigma z F_3[p, q]$$

Wprowadzając do podanych powyżej wzorów na funkcje pomocnicze oznaczenia:

dla funkcji $F_1[r, s]$:

$$r_1 = \frac{y_1}{x_2}; r_2 = \frac{y_2}{x_2}; r'_1 = \frac{y_1}{x_1}; r'_2 = \frac{y_2}{x_1};$$

$$s_1 = \frac{z_1}{x_2}; s_2 = \frac{z_2}{x_2}; s'_1 = \frac{z_1}{x_1}; s'_2 = \frac{z_2}{x_1};$$

dla funkcji $F_2[t, u]$:

$$t_1 = \frac{x_1}{y_2}; t_2 = \frac{x_2}{y_2}; t'_1 = \frac{x_1}{y_1}; t'_2 = \frac{x_2}{y_1};$$

$$u_1 = \frac{z_1}{y_2}; u_2 = \frac{z_2}{y_2}; u'_1 = \frac{z_1}{y_1}; u'_2 = \frac{z_2}{y_1};$$

oraz dla funkcji $F_3[p, q]$:

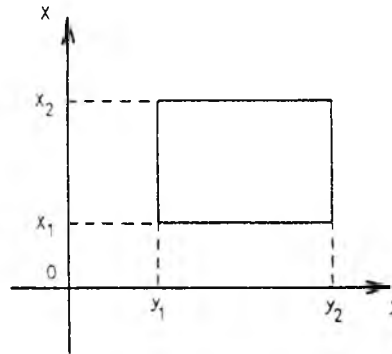
$$p_1 = \frac{x_1}{z_2}; p_2 = \frac{x_2}{z_2}; p'_1 = \frac{x_1}{z_1}; p'_2 = \frac{x_2}{z_1};$$

$$q_1 = \frac{y_1}{z_2}; q_2 = \frac{y_2}{z_2}; q'_1 = \frac{y_1}{z_1}; q'_2 = \frac{y_2}{z_1};$$

otrzymamy praktyczne wzory na wyznaczanie składowych poziomych i składowej pionowej przyciągania prostopadłościanu zaburzonego, nie przylegającego do płaszczyzn układu współrzędnych.

Poniżej podane są te wzory na przyciąganie takiego prostopadłościanu w zależności od jego położenia względem współrzędnych $Oxyz$:

1. Płaszczyzny Oxz i Oyz nie przecinają bryły (rys. 3):



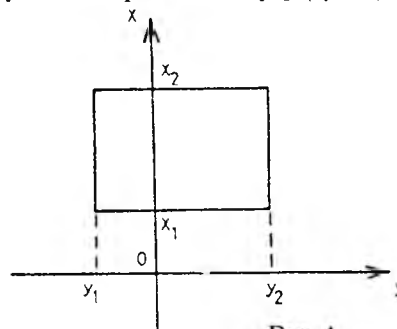
Rys. 3

$$\Delta g_x = \sigma \{ x_2 [F_1(r_2 s_2) - F_1(r_1 s_2) - F_1(r_2 s_1) + F_1(r_1 s_1)] + \\ - x_1 [F_1(r_2' s_2) - F_1(r_1' s_2) - F_1(r_2' s_1) + F_1(r_1' s_1)] \}$$

$$\Delta g_y = \sigma \{ y_2 [F_2(t_2 u_2) - F_2(t_1 u_2) - F_2(t_2 u_1) + F_2(t_1 u_1)] + \\ - y_1 [F_1(t_2' u_2) - F_1(t_1' u_2) - F_1(t_2' u_1) + F_1(t_1' u_1)] \}$$

$$\Delta g_z = \sigma \{ z_2 [F_3(p_2 q_2) - F_3(p_1 q_2) - F_3(p_2 q_1) + F_3(p_1 q_1)] + \\ - z_1 [F_1(p_2' q_2) - F_1(p_1' q_2) - F_1(p_2' q_1) + F_1(p_1' q_1)] \}$$

2. Płaszczyzna Oxz przecina bryłę (rys. 4):



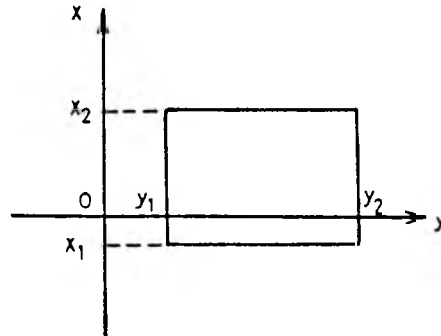
Rys. 4

$$\Delta g_x = \sigma \{ x_2 [F_1(r_2 s_2) + F_1(r_1 s_2) - F_1(r_2 s_1) - F_1(r_1 s_1)] + \\ - x_1 [F_1(r_2' s_2) + F_1(r_1' s_2) - F_1(r_2' s_1) - F_1(r_1' s_1)] \}$$

$$\Delta g_y = \sigma \{ y_2 [F_2(t_2 u_2) - F_2(t_1 u_2) - F_2(t_2 u_1) + F_2(t_1 u_1)] + \\ - y_1 [F_1(t_2' u_2) - F_1(t_1' u_2) - F_1(t_2' u_1) + F_1(t_1' u_1)] \}$$

$$\Delta g_z = \sigma \{ z_2 [F_3(p_2 q_2) - F_3(p_1 q_2) + F_3(p_2 q_1) - F_3(p_1 q_1)] + \\ - z_1 [F_1(p_2' q_2) - F_1(p_1' q_2) + F_1(p_2' q_1) - F_1(p_1' q_1)] \}$$

3. Płaszczyzna Oyz przecina bryłę (rys. 5):



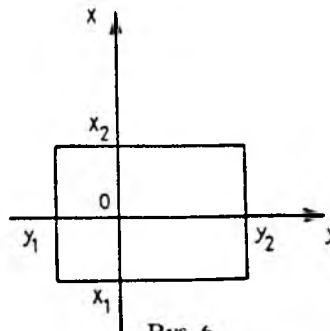
Rys. 5

$$\Delta g_x = \sigma \{ x_2 [F_1(r_2 s_2) - F_1(r_1 s_2) - F_1(r_2 s_1) + F_1(r_1 s_1)] + \\ - x_1 [F_1(r_2' s_2) - F_1(r_1' s_2) - F_1(r_2' s_1) + F_1(r_1' s_1)] \}$$

$$\Delta g_y = \sigma \{ y_2 [F_2(t_2 u_2) + F_2(t_1 u_2) - F_2(t_2 u_1) - F_2(t_1 u_1)] + \\ - y_1 [F_1(t_2' u_2) + F_1(t_1' u_2) - F_1(t_2' u_1) - F_1(t_1' u_1)] \}$$

$$\Delta g_z = \sigma \{ z_2 [F_3(p_2 q_2) + F_3(p_1 q_2) - F_3(p_2 q_1) - F_3(p_1 q_1)] + \\ - z_1 [F_1(p_2' q_2) + F_1(p_1' q_2) - F_1(p_2' q_1) - F_1(p_1' q_1)] \}$$

4. Płaszczyzny Oxz i Oyz przecinają bryłę (rys. 6):



Rys. 6

$$\Delta g_x = \sigma \{ x_2 [F_1(r_2 s_2) + F_1(r_1 s_2) - F_1(r_2 s_1) - F_1(r_1 s_1)] + \\ - x_1 [F_1(r_2' s_2) + F_1(r_1' s_2) - F_1(r_2' s_1) - F_1(r_1' s_1)] \}$$

$$\Delta g_y = \sigma \{ y_2 [F_2(t_2 u_2) + F_2(t_1 u_2) - F_2(t_2 u_1) - F_2(t_1 u_1)] + \\ - y_1 [F_1(t_2' u_2) + F_1(t_1' u_2) - F_1(t_2' u_1) - F_1(t_1' u_1)] \}$$

$$\Delta g_z = \sigma \{ z_2 [F_3(p_2 q_2) + F_3(p_1 q_2) + F_3(p_2 q_1) + F_3(p_1 q_1)] + \\ - z_1 [F_1(p_2' q_2) + F_1(p_1' q_2) + F_1(p_2' q_1) + F_1(p_1' q_1)] \}$$

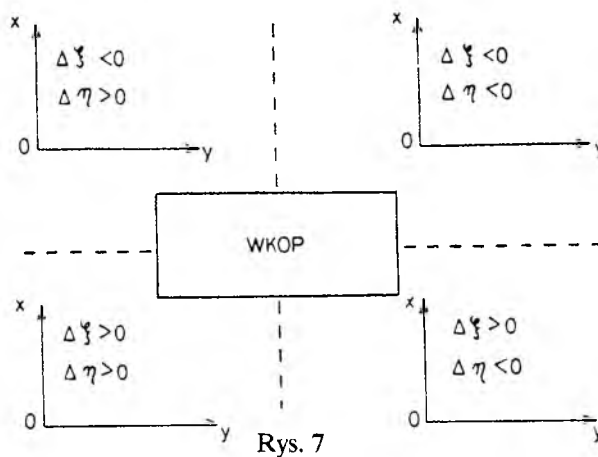
Aby wartość składowych zmian przyspieszenia siły ciężkości Δg otrzymać w miligalach (10^{-5} m s^{-2}), należy wprowadzić bezwzględne wartości współrzędnych x, y, z , wyrażone w kilometrach. Również wartości sum funkcji pomocniczych w poszczególnych nawiasach kwadratowych muszą być modułami działania arytmetycznego.

Na podstawie wyznaczonych powyżej wartości zmian składowych poziomych Δg_x i Δg_y można wyznaczyć wartości zmian kierunku linii pionu wyrażone w sekundach łuku. Równania transformujące wartości tych składowych na zmiany kierunku linii pionu wzdłuż osi x oraz osi y przedstawiają się następująco:

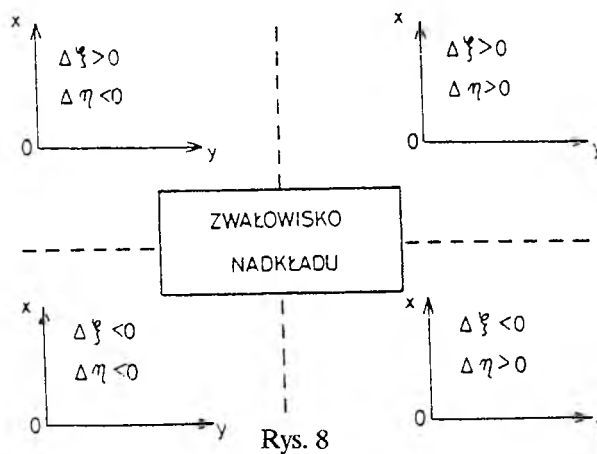
$$\Delta \xi = -\frac{\Delta g_x}{\gamma} \rho''; \quad \Delta \eta = -\frac{\Delta g_y}{\gamma} \rho''$$

przy czym γ - przyspieszenie rzeczywiste siły ciężkości w rejonie kopalni odkrywkowej wyrażone w miligalach.

Na rysunku 7 podano reguły ustalania znaków tych charakterystyk w zależności od położenia początku układu i orientacji osi współrzędnych w stosunku do wkopu aproksymowanego prostopadłością.



Rysunek 8 ilustruje reguły ustalania znaków $\Delta \xi$ i $\Delta \eta$ w zależności od położenia układu współrzędnych w stosunku do zaaproksymowanego prostopadłością zwałowiska nakładu.

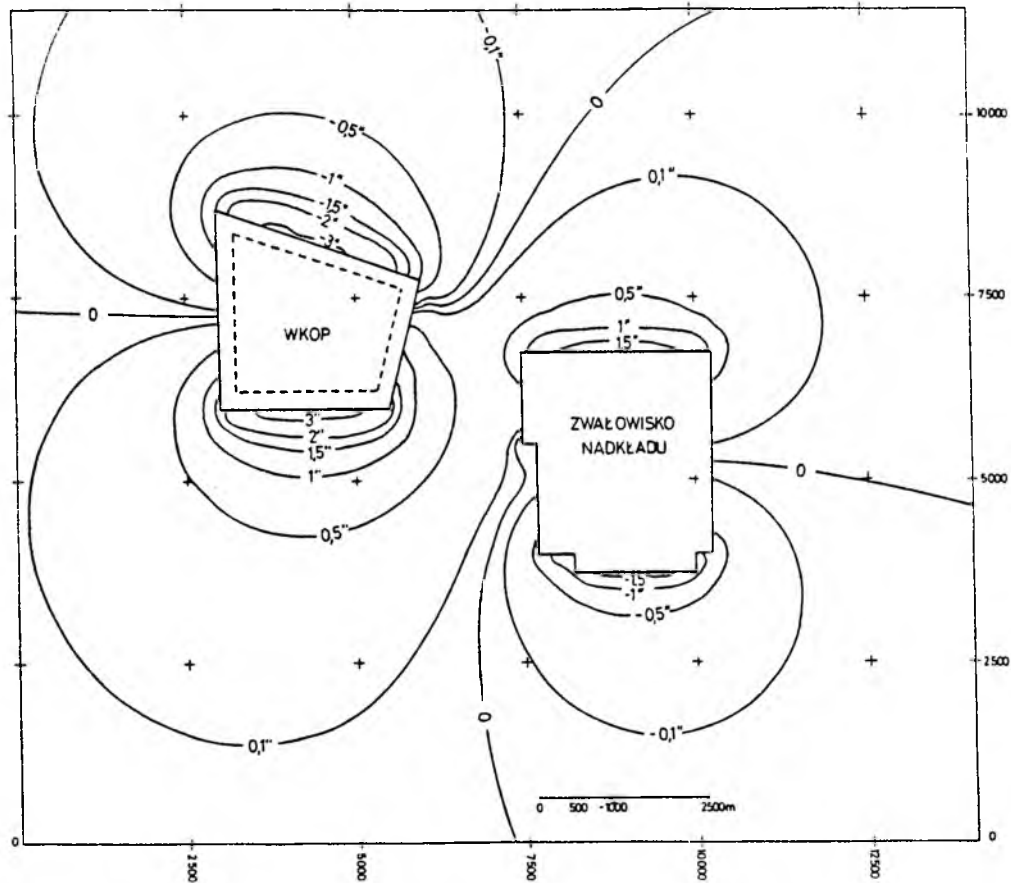


4. Obliczenia wartości zmian kierunku pionu

Przedstawione opracowanie dotyczy określenia wielkości zmian charakterystyk pola siły ciężkości, wywołanych czynnikami technogennymi w otoczeniu eksploatowanej kopalni odkrywkowej węgla brunatnego w Bełchatowie. W punkcie 3 niniejszego opracowania przedstawiono ogólną koncepcję i praktyczną metodę wyznaczania wartości zmian składowych $\Delta\xi$ i $\Delta\eta$ odchylenia pionu oraz wartości Δg_z zmiany przyspieszenia siły ciężkości. Zastosowano wystarczającą, ze względu na dokładność, aproksymację ciał zaburzających pole grawitacyjne szeregiem prostopadłościaków. Obliczenia wartości liczbowych na podstawie przedstawionych wzorów wykonano na komputerze MicroVax II dla narożników regularnej siatki kwadratów o długości boków 250m. Łącznie obliczenia wykonano dla 2793 punktów pokrywających obszar o powierzchni około 170 km². Wydruk danych zawiera zestawienie obejmujące współrzędne początku lokalnego, ruchomego układu współrzędnych w ortogonalnym, nieruchomym układzie związanym z układem geodezyjnym na terenie prac w Bełchatowie, wartości zmian $\Delta\xi$ (zmiana w kierunku północnym) i $\Delta\eta$ (zmiana w kierunku wschodnim) odchylenia pionu oraz wartości Δg_z zmiany grawitacji. Następnie sporządzono trzy mapy obrazujące przebieg graficzny tych wartości na podkładzie kartometrycznym w skali 1:25 000. Mapy te zostały wykonane automatycznie na autografie analitycznym. Interpolacje izolinii obrazujących zmiany kierunku pionu i grawitacji wykonano przy wykorzystaniu programu HIFI - 88. Podane wartości w zestawieniu i na mapach odnoszą się do niezaburzonej zmianami technogennymi powierzchni ekwipotencjalnej, stycznej do powierzchni terenu w punkcie przyłożenia nieruchomego układu współrzędnych (to znaczy w stosunku do stanu, jaki miał miejsce na tym obszarze przed przystąpieniem do budowy i eksploatacji kopalni). Omawiane mapy w formie zmniejszonej i zgeneralizowanej przedstawiają rysunki 9, 10, 11. Oczywiście w miarę dalszej eksploatacji kopalni rozmieszczenie mas w niej i na składowisku będzie się nadal zmieniać, czemu będą odpowiadały nowe, wymagające dalszego obliczenia zmiany parametrów powierzchni ekwipotencjalnej. Obecnie obliczone i przedstawione na rys. 9, 10 i 11 odpowiadają stanowi eksploatacji kopalni z epoki 1986.

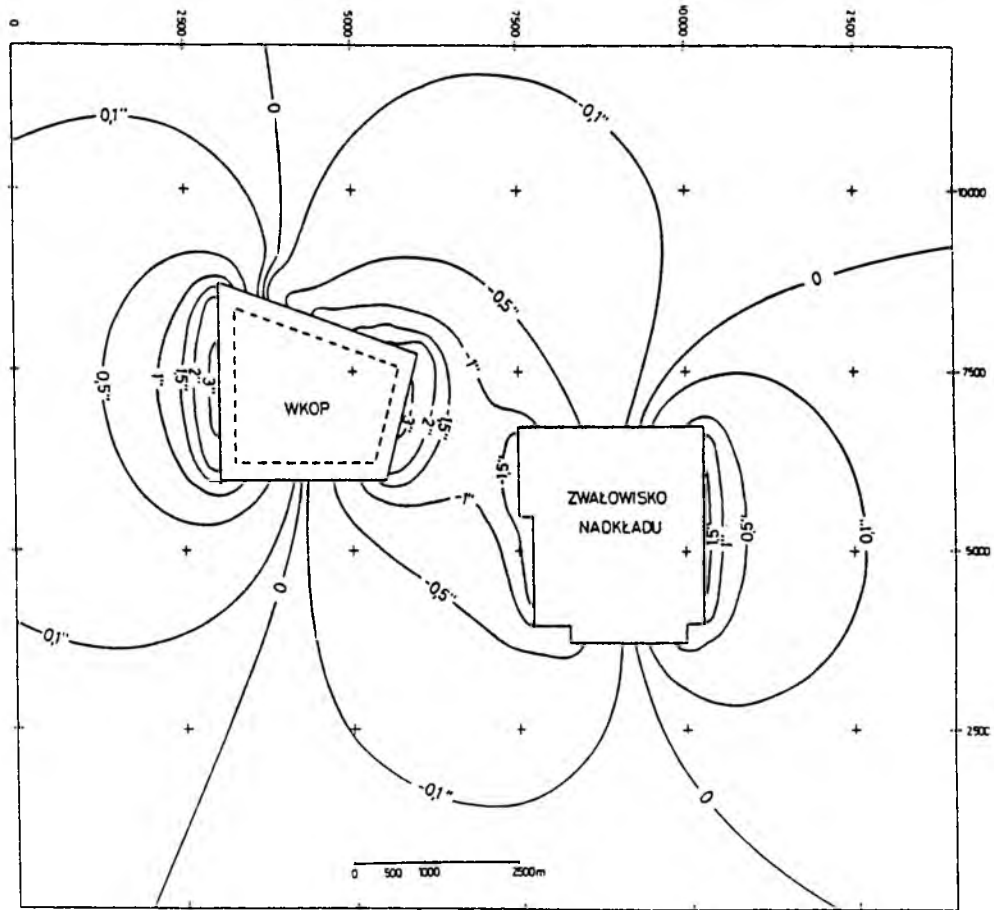
Analiza obliczonych wartości skłania do wniosku, że zmian charakterystyk pola siły ciężkości nie należy zaniedbywać, wywierają one bowiem systematyczny wpływ na wyniki pomiarów geodezyjnych. Przebieg izolinii na mapach wskazuje wyraźne ekstrema w pobliżu krawędzi wkopu i podnóża zewnętrznego zwałowiska nadkładu. Maksymalne wartości tych zmian wyniosły: dla $\Delta\xi$ ok. 3,4', dla $\Delta\eta$ ok. 3,2' a dla Δg_z ok. 10 mgali (przy krawędzi wkopu).

Opracowane mapy pozwalają określić wartości zmian $\Delta\xi$, $\Delta\eta$ oraz Δg_z w punktach sieci geodezyjnej służącej do obsługi kopalni. Wartości

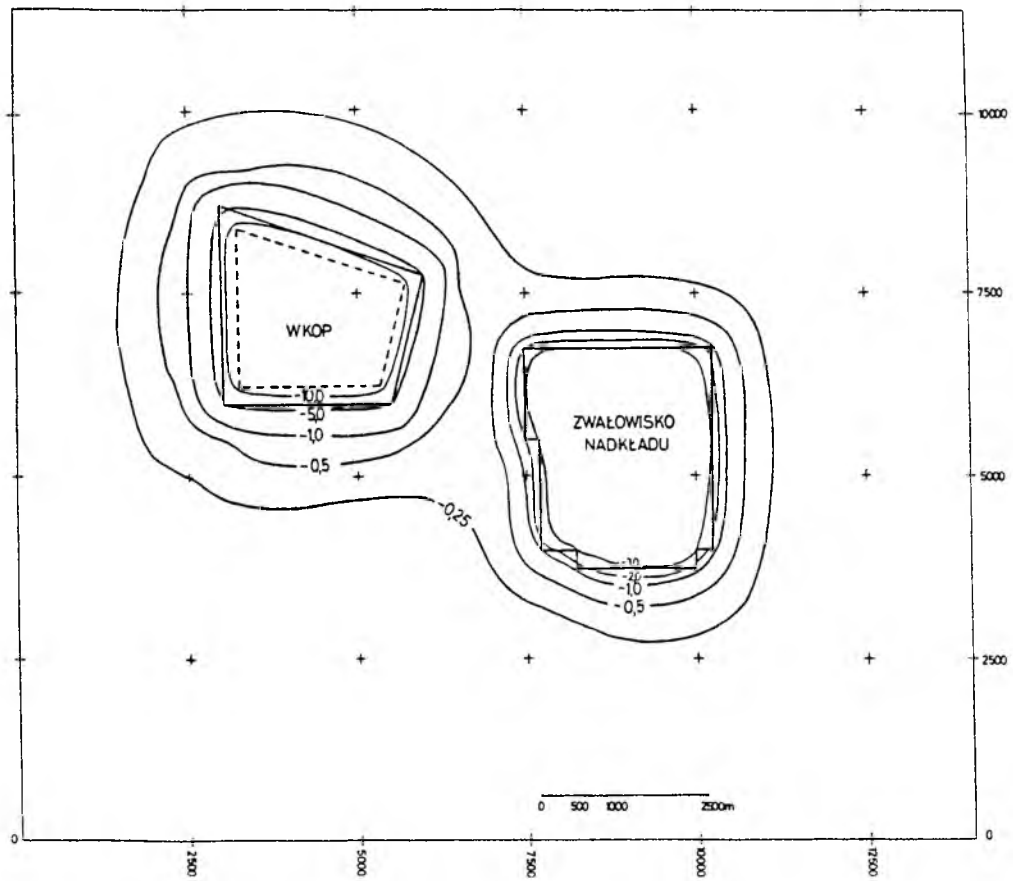


Rys. 9 Zmiana składowej $\Delta\xi$ odchylenia pionu.
Izolinie zmian wyrażone w sekundach łuku

Δg_z wpływają na zmiany systemowych poprawek niwelacyjnych. Wartości zmian składowych $\Delta\xi$ i $\Delta\eta$ służą do wyznaczenia poprawek redukcyjnych kątów, kierunków i wyników niwelacji trygonometrycznej. Jak wiadomo, najczulszymi charakterystykami wyznaczającymi zmiany nachylenia powierzchni ekwipotencjalnych są kąty orientujące kierunek pionu. Zmiana położenia linii sił scharakteryzowana właśnie przez kąty $\Delta\xi$ i $\Delta\eta$ powinna być wprowadzona do wyników powtarzanej niwelacji w procesie badania zmian topografii terenu kopalnianego, gdyż podane powyżej wartości liczbowe nie są zaniedbywalne przy opracowywaniu obserwacji geodezyjnych.



Rys. 10 Zmiana składowej $\Delta\eta$ odchylenia pionu.
Izolinie zmian wyrażone w sekundach łuku



Rys. 11 Zmiana wartości przyspieszenia sity ciężkości.
Izolinie zmian wyrażone w miligalach

LITERATURA

- [1] Barlik M.: *Determination of local vertical deflections causing by rectangular prisms or two-dimensional bodies using tables and diagrams*. Materiały na konferencję dotyczącą technik obliczeniowych, Sofia 1971.
- [2] Bilski E.: *Tablicowa metoda wyznaczania przyciągania ciał prostopadłościennych*. Warszawa: Wydawnictwa Geologiczne 1971.
- [3] Brovar V.: *Grawitacionnoe pole v zadacach inzenernoj geodezii*. Moskwa: Nedra, 1983.
- [4] Fajkiewicz Z.: *Grawimetria poszukiwawcza*. Warszawa: Wydawnictwa Geologiczne 1973.
- [5] Sas A.: *Wyznaczenie wpływu zmian poziomu lustra wody w zbiorniku wodnym na kierunku pionu w budowlu zapory wodnej*. Przegląd Geodezyjny 1990 nr 2.
- [6] Sorokin L.W.: *Grawimetria i rozpoznanie grawimetryczne*. Państwowe Przedsiębiorstwo Wydawnictw Kartograficznych, Warszawa 1956.

Recenzował: doc.dr hab.inż. Marcin Barlik
Przyjęto do opublikowania w dniu 2 sierpnia 1991 r.

ANDRZEJ SAS

EXAMINATION OF CHANGES OF PLUMB LINE DIRECTION
CAUSED BY MINERAL EXTRACTION

S u m m a r y

Problem of changes of gravity field characteristics caused by exploitation activity in the surroundings of Bełchatów brown-coal opencast mine was discussed in the article.

Excavation and outer dump, formed during exploitation, cause disturbance of local gravity field, so they also change arrangement of equipotential surfaces. In order to determine values of gravity acceleration components at points located around mine on the Earth surface, indirect method of gravimetric interpretation was used, applying adequately precise approximation of dump and excavation by group of parallelepipeds. Next, on the basis of the determined values of changes of gravity acceleration components values of changes of plumb line direction were derived.

Graphic presentation of changes of plumb line direction and changes of vertical component of gravity acceleration in the surroundings of brown-coal opencast mine is the final result of the works.

Translation: Zbigniew Bochenek

АНДЖЕЙ САС

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ НАПРАВЛЕНИЯ ЛИНИИ ОТВЕСА
ПОД ВЛИЯНИЕМ ДОБЫЧИ ИСКОПАЕМЫХ

Резюме

В работе рассмотрен вопрос изменений характеристик поля силы тяжести вблизи открытой разработки бурого угля в Белхатове, вызванных эксплуатационной деятельностью.

Образованный в результате эксплуатации котлован и внешний отвал пустой породы вызывают нарушение локального поля силы тяжести и изменяют, таким образом, систему эквипотенциальных поверхностей. С целью определения численных величин изменений составляющих силы тяжести в точках на поверхности Земли вблизи разработки был использован, так называемый, косвенный метод гравиметрической интерпретации, с применением достаточной, с точки зрения точности, аппроксимации котлована и отвала пустой породы рядом прямоугольных параллелепипедов. Затем на основе определённых численных значений изменений составляющих ускорения силы тяжести были вычислены величины изменений направлений линии отвеса.

Конечным результатом разработки является представление в графической форме изменений направлений линии отвеса, а также изменение вертикальной составляющей ускорения силы тяжести вблизи эксплуатированной открытой разработки бурого угля.

Перевод: Róża Tołstikowa

