ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Seria: GÓRNICTWO z. 172

Zbigniew FAJKLEWICZ Krzysztof JAKIEL Janusz MADEJ

Akademia Górniczo-Hutnicza Kraków

BADANIA BUDOWY GEOLOGICZNEJ GÓROTWORU METODA PIONOWEGO PROFILOWANIA GRAWIMETRYCZNEGO

> Screszczenie. W pracy przedstawiono analizę wyników pionowych profil wań grawimetrycznych wykonanych w szybach "Maciej" i "Ignacy". Analiza ta miała na celu zbadanie relacji pomiędzy rejestrowanymi zmianami siły ciężkości w pionie a budową geologiczną górotworu w otoczeniu szybów. W przeprowadzonych badaniach w wartościach pionowego profilowania grawimetrycznego (PPGR) odzwierciedlają się kompleksy skalne czwartorzędu, triasu i karbonu oraz ich zróżnicowanie litelogiczne.

Stwierdzono korelację obliczonych gęstości skał z ciężałami objętościowymi wyznaczonymi metodą laboratoryjną. Różnice między wartościami tych parametrów przemawiają na rzecz metody PPGR, gdyż pozwala ona wyznaczać gęstości skał "in situ".

## 1. WSTĘP

Znajomość budowy geologicznej ośrodka skalnego, w którym zgłębiony jest szyb górniczy, stanowi istotny element ułatwiający ocenę jego bezpiecznej eksploatacji. Wokół szybu występują często silnie zawodnione warstwy, kurzawki, spękane partie górotworu itp.. które, stykając się bezpośrednio z obudową szybu, stwarzają duże dla niego zagrożenie.

Położenie ww. stref lokalizować można na podstawie prac grawimetrycznych, wykonując badania metodą pionowego profilowania grawimetrycznego -PPGR [12], [13].

W anomaliach siły ciężkości mierzonych w pionowym profilu w szybie odzwierciedlają się wyraźnie wszelkie niejednorodności w rozkładzie gęstości skał występujących bezpośrednio za jego obudową. Na podstawie zmian anomalii siły ciężkości w pionie wyznaczać można gęstości interwałowe ośrodka skalnego, tzn. gęstości warstw ograniczonych położeniem kolejnych punktów pomiarowych.

W pracy niniejszej omówiono wyniki jej zastosowania do badania budowy geologicznej wokół szybów "Maciej" w KWK "W. Pstrowski" i "Ignacy" w KWK "Miechowice".

1988

Nr kol. 960

#### 2. FIZYCZNE PODSTAWY METODY PPGR

Wyznaczanie gęstości skał na podstawie pomiarów zmian siły ciężkości w pionie wykonywanych w szybach górniczych zapoczątkowane zostało przez Airy'ego w 1854 r., von Sternecka w latach 1882-85 oraz Hayforda w 1902 r. (Hussein, Walach, Weber, [19]). Pomiary te wykonywane były za pomocą wahadeł i dotyczyły badań gęstości zewnętrznej partii skorupy ziemskiej.

Podstawowe prace dotyczące pomiarów grawimetrycznych w szybach górniczych dla wyznaczenia gęstości warstw skalnych otaczających szyb przy użyciu grawimetrów opublikowane zostały przez P. Łukawczenkę, 1948 [22], S. Hammera, 1950 [15], N. Smitha, 1950 [27], G. Rogersa, 1952 [25], L. Fassinaya, 1953 [5], J. Pichę, 1953 [24], W. Domzalskiego, 1954 [4], W. Allena, 1956 [2], Z. Fajklewicza, 1956 [6], 1957 [7], S. Algermissena, 1961 [1], K. Junga, 1961 [21], H. McCulloha 1965 [23], S. Hammera, 1963 [16], Z. Fajklewicza, W. Dude, T. Reymana, 1966 [8], B. Jonesa, 1972 [20], L. Beyera, 1977 [3], J. Schmokera, 1977 [26], W. Hinze, 1978 [17], Hussein, Walach, 1980 [18], Z. Fajklewicza 1980 [10], A. Fitcha, 1982 [14], Z. Fajklewicza, K. Jakiela, J. Madeja, 1986 [12], 1987 [13].

Pomierzone w pionie wielkości zmian siły ciężkości stanowią podstawę do obliczeń wartości anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera  $\Delta g''_{:}$ :

 $\Delta g'' = \Delta g'_i - \Delta g_N$ 

gdzie;

- △g' jest względną obserwowaną zmianą siły ciężkości w pionie skorygowaną o wartości odpowiednich poprawek,
- $\Delta g_{\rm N} \sim {\rm oznacza \ normalna \ zmiane \ siły \ ciężkości w \ interwale głębokości równym odległości skrajnych punktów pomiarowych w szybie. }$

Rozkład z głębokością anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera stanowi podstawę do wnioskowania o budowie geologicznej ośrodka skalnego otaczającego szyb.

W obliczonych wartościach tej anomalii uwzględnia się poprawki siły ciężkości: górniczą –  $\Delta g_g$  i topograficzną – $\Delta g_t$ . Pierwsza z nich uwzględnia grawitacyjne przycjąganie oblektów otaczających szyb, takich jak: obudowa szybu, sam szyb, wyrobiska w bezpośrednim sąsiedztwie szybu i podszybia itp. Poprawka topograficzna siły ciężkości eliminuje grawitacyjne działanie mas tworzących rzeźbę powierzchni terenu.

Gęstość  $\rho$  kompleksu skalnego w postaci płyty płasko-równoległej o miąższości h można obliczyć na podstawie wzoru na poprawkę Bouguera  $\Delta g_{pR}$ :

 $\Delta g_{PB} = -2\pi G \rho h$ 

mając na uwadze przyciąganie tej płyty, nie zaś samą poprawkę Bouguera.

## Badania budowy geologicznej górotworu...

Przyciąganie i-tej poziomej warstwy o grubości h\_i i gęstości  $\rho_i$  w punkcie położonym w jej stropie jest równe:

$$g_i = 2\pi G \rho_i h_i$$

a w punkcie leżącym w pionie w spągu tej warstwy w odniesieniu do wartości' g<sub>i</sub>:

$$g_{i+1} = -2\pi G \rho_i h_i + \frac{dg}{dh} h_i$$

gdzie dg jest średnim gradientem pionowym siły ciężkości.

Zmiana zatem pionowej składowej grawitacyjnego przyciągania wywołana przez tę warstwę wynosi  $g_{i+1} - g_i$ , czyli gęstość jej jest równa [15]:

$$\rho_{i} = \frac{1}{4\pi \ G \ h_{i}} (g_{i} - g_{i+1} + \frac{dg}{dh} h_{i})$$

Wprowadzając oznaczenie

 $\Delta g'_i = g_{i+1} - g_i + \Delta g_g + \Delta g_t$ 

otrzymuje się, że gęstość wyraża się wzorami:

$$\rho_{i} = \frac{1}{4\pi G} \left( \frac{dg}{dh} - \frac{\Delta g_{i}}{h} \right)$$

czyli, po wprowadzeniu wartości liczbowych:

$$\rho_{i} = (3.685 - 11.94 \frac{\Delta g'_{i}}{h_{i}}) \quad 10^{3} [kgm^{-3}]$$

W celu wyznaczenia średniej gęstości  $\rho$  w powyższym wzorze zamiast h<sub>i</sub> wprowadza się całkowitą grubość h kompleksu skalnego. Wyznacza je położenie pierwszego i ostatniego punktu pomiarowego w szybie. Wielkość  $\Delta g'_1$ wtedy oznacza średnią zmianę siły ciężkości  $\Delta g_1$  w interwale h, czylı:

$$\bar{\rho} = (3.685 - 11,94 \frac{\Delta q_N}{h}) \quad 10^3 [kg m^{-3}]$$

Przyjmując, że w pionie anomalia siły ciężkości w redukcji Bouguera jest równa:

$$\Delta g_{N}'' = \Delta g_{1}' - \Delta g_{N}$$

wtedy

$$\rho_{i} = \rho_{i} - \bar{\rho} = -11,94 \frac{\Delta g_{o}}{h_{i}}$$

gdzie  $\Delta g'_{0}$  jest zmianą anomalii  $\Delta g''_{0}$  w interwale  $h_{i}$ .

Wynika stąd, że gęstość  $\rho_{\rm i}$  dla każdej warstwy o grubości ${\rm h_i}$  jest równa:

$$\rho_i = \bar{\rho} + \Delta \rho_i$$

Należy zwrócić uwagę, że obliczona gęstość jest wielkością pozorną. Odnosi się ona bowiem, zgodnie z przedstawioną procedurą obliczeniowa, do warstwy nieskończonej o grubości odpowiadającej odległości pomiędzy kolejnymi punktami pomiarowymi. Dokładność wyznaczenia tej odległości w szybie jest wysoka i nie wpływa ona na błąd wyznaczenia gęstości. Duże znaczenie natomiast przy wyznaczaniu wartości interwałowych gęstości ma błąd pomiarów grawimetrycznych. Jego wpływ na dokładność obliczeń gęstości przedstawiono na rysunku 1. W jego części A zobrazowano zależność błędu gęstości  $\delta \rho$  od wielkości  $\Delta$ h, będącej odległością pionowa pomiędzy kolejnymi punktami pomiarowymi, dla czterech wielkości średniokwadratowego błędu pomiarowego  $\mu_{o}$ : od  $\stackrel{+}{=}$  0,1  $\mu$ m.s<sup>-2</sup> do  $\stackrel{+}{=}$  0,4  $\mu$ m.s<sup>-2</sup>. Z wykresu tego wynika, że dla błędu  $\mu_{o} = -0.2 \mu$ m.s i odległości h = 3 m wyznaczyć można gęstość interwałową z błędem = 0,08 . 10<sup>3</sup> kg.m<sup>-3</sup>.

Przy projektowaniu badań grawimetrycznych w szybie górniczym żądana jest dość często określona dokładność wyznaczonej wielkości gęstości interwałowej. Aby ją zapewnić, przy określonym odstępie  $\Delta h$  pomiędzy punktami pomiarowymi, należy pomiary grawimetryczne przeprowadzić z odpowiednio wysoką dokładnością. Jak wielka ma być ta dokładność, obrazuje część B rys. 1. I tak np. podczas wykonywania badań w szybie, w którym punkty pomiarowe odległe są w pionie o 3 m, planuje się, by gęstość obliczona została z dokładnością - 0,10 . 10<sup>3</sup> kgm<sup>-3</sup>. Wtedy to pomiary grawimetryczne winny być dokonane z dokładnością - 0,25  $\mu$ m.s<sup>-2</sup>.

#### 3. PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA

Poniżej przedstawiono przykłady zastosowania metody PPGR do zbadania budowy geologicznej górotworu w otoczeniu dwóch szybów: "Maciej" w obszarze górniczym Rokitnica KWK "W. Pstrowski," i "Ignacy" w KWK "Miechowice".

Pierwszy z nich ma głębokość 198,8 m. Przebija on utwory czwartorzędu, triasu i karbonu. Utwory czwartorzędu i triasu, których granica leży na głębokości 38 m, zalegają prawie poziomo. Warstwy triasu i karbonu tworzą



# µ₀ µm·s<sup>-2</sup>

Rys. 1. Analiza zależności błędu wyznaczonej gęstości interwałowe od błędu pomiaru grawimetrem  $\mu_0$  i pionowej odległości kolejnych stanowia pomiarowych  $\triangle$  h w szybie

Wykres A przedstawia zależność  $\delta 
ho (\mu_o, \Delta h)$ . Wykres B przedstawia zależność  $\mu_o$  ( $\delta 
ho, \Delta h$ )

Fig. 1. Relationship of the interval density error  $\delta \rho$  with error of gravity observation  $\mu_0$  and vertical distance of gravity stations  $\Delta h$  in mine shaft

Chart A presents relationship  $\delta \rho$  ( $\mu_{0}$ ,  $\Delta h$ ). Chart B presents relationship  $\mu_{0}$  ( $\delta \rho$ ,  $\Delta h$ )



- piaskowiec - it - piasek - piasek

Rys. 2. Rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera –  $\Delta g''$  pomierzonych wzdłuż profilu pionowego w szybie "Maciej" KWK "W. Pstrowski" i odpowiadający mu rozkład gęstości interwałowych  $\rho_1$  na tle profilu litologiczno-stratygraficznego

Fig. 2. Distribution of Bouguer gravity anomalies  $\Delta g''$  along the vertical profile in shaft "Maciej" of hard coal mine "W. Pstrowski" and its relation to calculated interval densities and geological profils



## Badania budowy geologicznej górotworu...

niezgodność kątową położoną na głębokości 82 m. Poniżej niej położone są warstwy porębskie z okresu karbońskiego, które w sąsiedztwie szybu zapadają pod kątem ok. 75° na SE.

Profilowanie grawimetryczne wykonano na odcinku od zrębu szybu do głębokości 183 m grawimetrem Worden-Master prod. USA z błędem – 0,16 $\mu$ m.s <sup>2</sup>. Wyniki przedstawiono na rysunku 2. Rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera –  $\Delta g_{o}^{"}$  wskazuje na istnienie czterech kompleksów skalnych zawartych w granicach 0-12 m, 12-48 m, 48-82 m oraz poniżej 82 m licząc od zrębu szybu. Zostały one wyróżnione na podstawie zmian gradientu pionowego anomalii  $\Delta g^{"}$ , czyli zróżnicowania ich pod względem gęstościowym.

Analiza dokonanych obliczeń gęstości interwałowych  $P_1$  (rys. 2) przekonuje, iż generalnie ich wartości rosną z głębokością. Spowodowane jest to najczęściej kompakcją, która zmniejsza porowatość skał. Obliczony rozkład zmian gęstości różnicuje się również w zależności od wieku skał. Kompleks do błębokości 82 m - są to utwory czwartorzędu i triasu - jest dużo bardziej zróżnicowany pod względem gęstościowym niż leżące pod nim warstwy porębskie okresu karbońskiego. Porównując rozkład gęstości interwałowych  $P_i$ z profilem geologicznym stwierdza się odwzorowanie wszystkich jego warstw w krzywej grawimetrycznej profilowania gęstościowego.

Na szczególną uwagę zasługuje ujemny gradient gęstości zaobserwowany na odcinkach od 12 m do 48 m oraz 60-75 m. Dodatkowo w obu tych strefach zauważa się w ich spągu ekstremalne zmiany gęstości w stosunku db jej wartości średniej równej 2.39 .  $10^3$  kg.m<sup>-3</sup>. Zmiany te są odpowiednio równe -0,26. $10^3$  kg.m<sup>-3</sup> i -0,10. $10^3$  kg.m<sup>-3</sup>. Należy przypuszczać, że te różnice gęstości mogą odpowiadać występowaniu luźnego materiału skalnego za obudową szybu, zwłaszcza iż na głębokościach od 30-48,7 m i 57,3-77,7 m znajduje się ujęcie wody pitnej.

Drugim badanym obiektem jest szyb "Ignacy" w KWK "Miechowice" o głębokości 640 m zgłębiony w utworach czwartorzędu, triasu i karbonu. Warstwy czwartorzędu i triasu zalegają poziomo, natomiast między triasem a karbonem istnieje niezgodność kątowa.

Pomiary grawimetryczne wykonano do głębokości 607 m od zrębu szybu grawimetrem Worden-Master prod. USA z dokładnością  $\doteq$  0,24 µm s<sup>-2</sup>.

Rozkład anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera  $-\Delta g''$  (rys. 3) wskazuje na duże zróżnicowanie warstw pod względem gęstościowym. Obliczone na podstawie pionowego profilowania grawimetrycznego gęstości interwałowe  $\rho_1$  (rys. 3) generalnie zbliżone są do ciężarów objętościowych wyznaczonych na podstawie badań laboratoryjnych rdzeni pobranych z otworu badawczego pod ten szyb. Ciężary objętościowe, o których mowa wyżej, noszą nazwę gęstości projektowej. Gęstości interwałowe w wierniejszy sposób odzwierciedlają zmiany litologii skał niż gęstości projektowe.

Średnia gęstość kompleksu skalnego o grubości równej głębokości położenia ostatniego punktu pomiarowego i wynoszącej 607 m ma wartość 2,46 .  $10^3$  kg.m<sup>-3</sup>. Przeprowadzone obliczenie gęstości interwałowych wskazuje, iż zarówno w kompleksie czwartorzędu, jak i karbońskim ich wartości są na ogół zgodne z wielkościami gęstości projektowej. Największe znaczenie dla celów poznawczych ma kompleks triasowy. Wyznaczone gęstości  $P_1$  w obrębie całego triasu są wyższe od wartości projektowych. Na szczególną jednak uwagę żasługują trzy strefy leżące w interwałach głębokości: 122-134 m, 140-150 m i 161-179 m. Zmiany gęstości w stosunku do otoczenia w tych strefach są odpowiednio równe: -0,25.10<sup>3</sup> kg.m<sup>-3</sup>, -0,20.10<sup>3</sup> kg.m<sup>-3</sup> i -0,65.10<sup>3</sup> kg.m<sup>-3</sup>, przy czym obliczone gęstości dla tych stref wynoszą odpowiednio 2,35.10<sup>3</sup> kg.m<sup>-3</sup>, 2,38.10<sup>3</sup> kg.m<sup>-3</sup> i 1,90.10<sup>3</sup> kg.m<sup>-3</sup>.

Największe znaczenie posiada strefa ostatnia leżąca na głębokości od 161-179 m, czyli mająca miąższość 18 m w porównaniu do około 4 m strefy występowania przemytych piasków ze żwirkiem i iłów półzwartych zalegających pierwotnie na głębokości od 175 do 179 m o gęstościach projektowych od 1,3 do 1,6 . 10<sup>3</sup> kg.m<sup>-3</sup>. Spąg obu stref - projektowej i wyznaczonej na podstawie PPGR - leży na niezmieniczej głębokości 179 m od zrębu szybu. Wynika z tego, że strefa ta, występująca w profilu geologicznym, powiększyła się ku górze.

### 4. WNIOSKI

. Metoda pionowego profilowania grawimetrycznego służyć może do badania budowy geologicznej górotworu udostępnionego przez szyb górniczy. Wykonywane w nim pomiary zmian siły ciężkości w pionie pozwalają na wyznaczenie rozkładu anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera oraz gęstości interwałowych. W pomierzonych anomaliach oraz w wyznaczonych gęstościach odzwierciedlają się wszelkie niejednorodności w rozkładzie gęstości skał występujących bezpośrednio za obudową szybu.

Z bardzo dużą dokładnością można wyznaczać gęstość średnią całego kompleksu skalnego położonego między skrajnymi punktami pomiarowymi - do - 0,05%. Dokładność wyznaczenia wartości interwałowych dla odległości pomiędzy punktami pomiarowymi, np. 3 m oraz średniokwadratowego błędu pojedynczego pomiaru rzędu - 0,2 µm.s<sup>-2</sup> wynosi około 3%.

# LITERATURA

- Algermissen S.T.: Underground and surface gravity survey, Leadwood, Missouri, Geophysics 26, 158-168, 1961.
- [2] Allen W.J., Jr.: The gravity mater in underground prospecting, American Institute od Mining Engineers, Transactions, March, 293-295, 1956.
- [3] Beyer L.A.: The interpretation of borehole gravity surveys, Geophysics 42, 141, 1977.
- [4] Domzalski W.: Gravity measurements in a vertical shaft, Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy 63 (571), 429-445, 1954.

#### Badania budowy geologicznej górotworu....

- [5] Facsinay L., Heaz H.: Density determinations of rocks, based on subsurface gravimeter measurements at different depths, Magyar Allami Eötvös Lorand Geofisikai Intezet Geofizikai Kozlemenyek, 2, 1-9, 1953.
- [6] Fajklewicz Z.: O podziemnych pomiarach graimetrycznych w zastosowaniu do górnictwa węglowego. Wyniki prac z,KWK "Miechowice", Archiwum Górnictwa, t. 1, 1956.
- [7] Fajklewicz Z.: Underground Gravity Measurements in the Mines of Upper Silesia, Publ. Academie Polonaise des Sciences Comite de Geodesie, 1957.
- [8] Fajklewicz Z., Duda W., Rejman T.: Geological Measurements of Density in Closely Neighbouring Mine Shafts, Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences Serie des Sci. geol. et geogr. v. XIV, No 1, 1966.
- [9] Fajklewicz Z.: Sposób kontroli przemieszczania stref odkształceń w górotworze wywołanych podziemna eksploatacją górniczą lub pustkami wystepującymi w górotworze, Patent, Polska, No 736-09, 1971.
- [10] Fajklewicz Z.: Mikrograwimetria górnicza. Wyd. I, Śląsk, Katowice 1980.
- [11] Fajklewicz Z.: Rock-Burst Forecasting and Genetic Research in Coal-Mines by Microgravity Method, Geophysical Prospecting, 31, 748-765, 1983.
- [12] Fajklewicz Z., Jakiel K., Madej J.: Wykrywanie metodą grawimetryczną pustek powstających za obudową szybu i zagrożeń z nimi związanych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Górnictwo, z. 149, 221-231, 1986.
- [13] Fajklewicz Z., Jakiel K., Madej J.: Wyniki pionowego profilowania grawimetrycznego wykonanego w szybach Górnoślaskich Kopalń Węgla Kamiennego "W. Pstrowski" i "Miechowice". Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. 1987.
- [14] Fitch A.A.: Measurement and analysis of gravity in bore-holes, Applied Science Publishers, London, New York 1982.
- [15] Hammer S.: Density determinations by underground gravity measurements. Geophysics, 15, 637-652, 1950.
- [16] Hammer S., 1963, Rock densities and vertical gradient of gravity in the earth's crust: Jour. Geophys. Research, v. 68, 603-604, 1963.
- [17] Hinze W.J., Bradley J.W., Brown A.R.: Gravimeter survey in the Michigan Basin deep boreholes, Jour Geophys. Res. v. 83, 5864-5868, 1978.
- [18] Hussain A., Walach G.: Subsurface gravity measurements in a deep intra-Alpine. Tertiary Basin, Geoexpl., 18: 165-175, 1980.
- [19] Hussain A., Walach G., Weber F.: Underground Gravity surcey in Alpine regions, Geophys. Prospect. 29, 407-425, 1981.
- [20] Jones B.R.: The use of downhole gravity data in formation evaluation, soc. Prof., Well Log Analysts 13th Annual Logging Symp. Trans., 7-10 May, p. M1-M12, 1972.
- [21] Jung K.: Schwerkraftverfahren in der angewandten geophysik, Leipzig 1961.
- [22] Łukawczenko P.J.: K waprosu ob izmierenijach siły tjażesti w burowych skwazinach. Prikładnaja geofizika, no 4, 1948.
- [23] McCulloh H.: A conformation by gravity measurements of an underground density profile based on care densities, Geophysics, 30, 1108-1132, 1965.
- [24] Picha J.: Tihove zrychleni pod povrčhen zemskym v dole St. Anna na Berezowych Horach. Geofysikalni Sbornik, no 9, 1953.
- [25] Rogers G.R.: Subsurface gravity measurements, Geophysics, 17, 365-377, 1952.

- [26] Schmoker J.W.: Density variations in a quartz diorite determined from borehole gravity measurements, San Benito County, California, Log Analyst 18 (2), 32-38, 1977.
- [27] Smith M.J.: The case for gravity data from boreholes, Geophysics 15, 605-636, 1950.

Recenzent: doc. dr hab. inż. Wacław Zuberek

Wpłynęło do redakcji w kwietniu 1988 r.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СКАЛЬНЫХ ПОРОД МЕТОДОМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ГРАВИМЕТРИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ

# Резюме

В работе представлен анализ результатов вертикальных гравиметрических профилирований, совершенных в шахтовых стволах "Мацей" и "Игнацы". Анализ сиполнен с целью изучения отношения между зарегистрированными изменениями вертикального градиента силы тяжести и строением геологической среды, окружающей шахтовый ствол. В измерениях вертикального гравиметрического профилирования отрезаются строение скальных комплексов четвертичной, триасовой и каменноугольной системы, и их литологическая дифференциация. Устанавливается корреляция между вычисленными плотностями скальных пород и объемными весами, определенными лабораторным методом. Расхождения между этими параметрами указуют, что метод вертикального гравиметрического профилирования преобладает над другими вследствие возможности определения плотиости скальных пород in situ.

GRAVITY MEASUREMENTS IN THE MINE SHAFTS FOR STUDY OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF ROCK-MASS

### Summary

In the paper the analysis of gravity measurements from "Maciej" and "Ignacy" shafts are given.

The purpose of the analysis was to study the relation between measured vertical changes of gravity and rock-mass structure in the shaft vicinity. The values of gravity reflect the Quaternary, Triassic and Carboniferous rock complexes and their lithological diversity.

The correlation between the calculated rock density values and laboratory bulk density values was under study.