

Jan BIAŁEK

PRÓBA OPISU WPLYWU KOLEJNOŚCI I KIERUNKU EKSPLOATACJI NA KOŃCOWY KSZTAŁT NIECKI OBNIŻENIOWEJ

Streszczenie. Przyjęto za K.Greniem, J.Zychem i J.Białkiem, że obniżenie terenu górniczego w można opisać wzorem $w=w+\Delta w(\gamma)$; gdzie w jest obniżeniem obliczonym w oparciu o teorię geometryczno-całkową, a nieliniowa poprawka $\Delta w(\gamma)$ zależy od nachylenia profilu lub ogólniej od odkształcenia oktaedrycznego γ . Utożsamiając $\Delta w(\gamma)$ ze zmianami objętości deformowanego górotworu i uwzględniając, że zjawisko wzrostu objętości ze wzrostem odkształcenia γ jest nieodwracalne lub jedynie częściowo odwracalne, końcowa wartość poprawki zależy od czasowego rozkładu odkształcenia $\gamma(t)$. W rezultacie uzyskano profile niecek zależne nie tylko od końcowych rozmiarów i kształtu zrobów, ale również od sposobu (kolejności i kierunku) realizacji eksploatacji górniczej w czasie.

ATTEMPT TO DESCRIBE THE INFLUENCE OF THE ORDER AND DIRECTION OF MINING ON THE FINAL SHAPE OF SUBSIDENCE TROUGH

Summary. Basing on K.Greń, J. Zych, and J. Białek, it has been assumed that the subsidence of mining area can be described by the equation $w=w+\Delta w(\gamma)$, where w stands for the subsidence calculated on the basis of geometrical-differential theory, and the nonlinear correction $\Delta w(\gamma)$ depends on the dip of the profile, or, using more general terms, on the octahedral strain γ . By identifying $\Delta w(\gamma)$ with volumetric changes of rockmass subjected to deformation and taking into consideration the fact that the phenomenon of volume increase occurring in effect of strain increase γ is irreversible or only partially reversible, the final value of the correction depends on the strain distribution in time $\gamma(t)$. As a result, we have obtained trough profiles which depend not only on the final dimensions and shape of the abandoned workings but also on the way (order and direction) the mining process is carried out in time.

1. Wprowadzenie

Badania modelowe przeprowadzane na modelach piaskowych [7] oraz szereg pomiarów geodezyjnych wskazują na to, że końcowy kształt niecki obniżeniowej zależy od sposobu realizacji eksploatacji w czasie, tj. od kolejności i kierunku eksploatacji. W szczególności stwierdza się (zakładając niezmienną wysokość furty eksploatacyjnej i stałą głębokość), że

maksymalne nachylenie profilu obniżeniowego jest inne w rejonie rozruchu ścian, inne w rejonie zakończenia biegu ścian i jeszcze inne w przekroju prostopadłym do biegu ścian. Zwracali na to uwagę K. Greń i E. Popiołek [5]. Zależność końcowego kształtu niecki od czasowego rozkładu eksploatacji górniczej teoretycznie ujmuje model W. Piwowarskiego [9] podany w postaci równań różniczkowych cząstkowych.

W niniejszej pracy rozważany jest bardzo prosty w zastosowaniu i jednocześnie bardzo ogólny opis wpływu kolejności i kierunku eksploatacji w czasie w oparciu o wzory geometryczno-całkowej teorii W. Budryka i S. Knothego.

Przyjęto za pracą [1], że opis profilu obniżeń może mieć następującą ogólną postać:

$$w_k(x, y, \dots, t) = w(x, y, \dots, S(t)) - \Delta w(x, y, \dots, S(t)) \quad (1)$$

gdzie:

$w(x, y, \dots, t)$ - obniżenie w punkcie P o współrzędnych x, y obliczone jak dla niecki statycznej ze wzoru S. Knothego. Czas t jest tu argumentem określającym rozmiary wyeksploatowanego pola pokładu $S(t)$. Profil obniżeniowy w cechuje symetria względem krawędzi eksploatacji. Kształt profilu w zależy od rozmiarów eksploatacji, a nie zależy od pośrednich stanów eksploatacji, czyli od sposobu jej realizacji w czasie.

$\Delta w(x, y, \dots, S(t))$ - poszukiwana poprawka obliczana w oparciu o znane obniżenia $w(x, y, \dots, S(t))$ i pochodne z obniżeń względem zmiennych x, y . Poprawka Δw ma za zadanie przesunąć profil obniżeniowy w_k w stronę zrobów (zdesymetryzować go względem krawędzi eksploatacji) oraz uzależnić kształt profilu od przebiegu eksploatacji w czasie, a ściślej, uzależnić od kolejności zdarzeń, gdyż pomija się tu reologiczne własności górotworu traktując cały proces jako quasi-statyczny. Założono, że główną przyczynę obserwowanych różnic pomiędzy profilami obliczonymi w oparciu o geometryczno-całkowe teorie wpływów a profilami obserwowanymi są zmiany objętości deformowanego górotworu, zatem poprawka Δw musi opisywać wpływ zmian objętościowych deformowanego górotworu na zmiany obniżeń.

Wynika stąd, że kluczem do zasadniczego zwiększenia dokładności opisu deformacji jest analiza narastających w miarę rozwoju eksploatacji zmian objętościowych skał w warunkach trójosiowego stanu odkształceń.

Dodać trzeba, że różne propozycje opisu obserwowanej asymetrii profilu obniżeniowego względem krawędzi eksploatacji podali J. Litwiniszyn - A. Smolarski [8], B. Dżegniuk [3], K. Greń [4], J. Zych [10] i J. Białek [1]. Wymienieni autorzy zakładali niezmiennosc profilu

końcowego od kierunku i kolejności eksploatacji górniczej. Prace K. Grenia, J. Zycha i J. Białka przedstawiają różne propozycje poprawki występującej we wzorze (1).

2. Odształcenie oktaedryczne γ_{oct} jako argument funkcji opisującej zmiany objętości deformowanych skał

W mechanice ośrodków ciągłych, teorii plastyczności i wytrzymałości materiałów bardzo ważną rolę odgrywa odształcenie oktaedryczne γ_{oct} wyrażone wzorem:

$$\gamma_{oct}^2 = \left(\frac{2}{3}\right)^2 \left[(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_x - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + \frac{3}{2}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{xz}^2 + \gamma_{yz}^2) \right] \quad (2)$$

gdzie: $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{xz}, \gamma_{yz}$ - składowe stanu odształcenia.

Odształcenie γ_{oct} jest niezmiennikiem kwadratowym dewiatora stanu odształcenia.

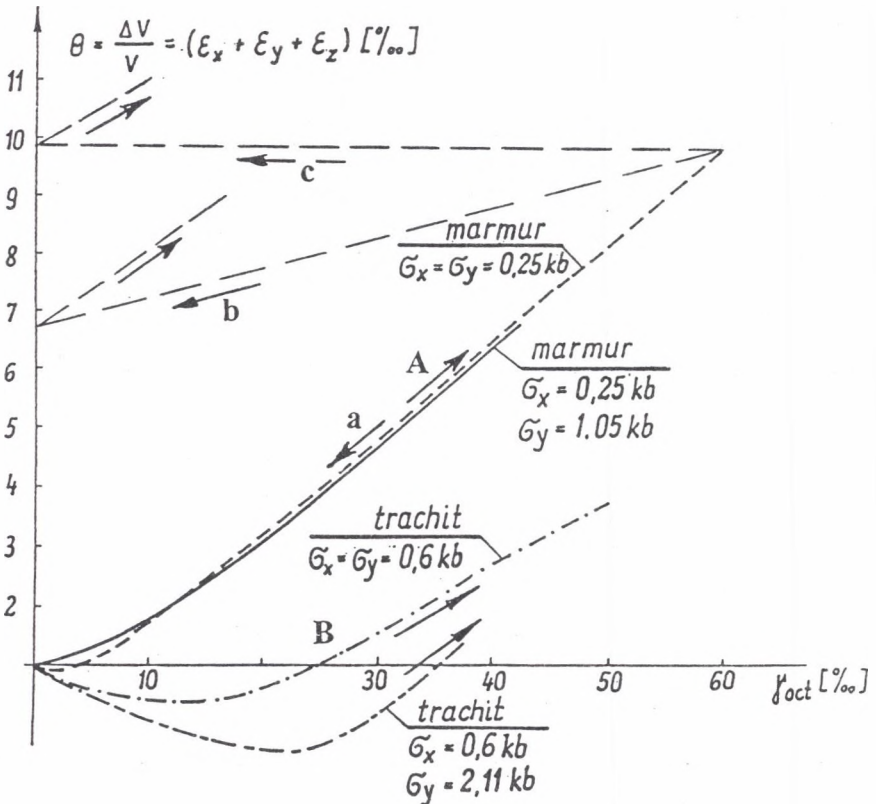
W pracy [1] autor w oparciu o wyniki badań wytrzymałościowych ściskanych trójosiowo prostopadłościennych prób marmuru opublikowane przez Kiyoo Mogi [6] pokazał, że dylatację θ można opisać za pomocą odształceń γ_{oct} , gdyż ściskając ten sam materiał skalny, przy różniącym się wzajemnie stosunku naprężeń i odształceń, uzyskał prawie identyczną zależność dylatacji od odształceń oktaedrycznych.

Zależność dylatacji θ od odształceń oktaedrycznych $\varphi(\gamma_{oct})$ może być opisana za pomocą następujących typów funkcji (rys. 1):

1. Zależność liniowa - właściwa dla opisu zmian objętościowych gruntów wstępnie zagęszczonych. Wskazują to wyniki badań modeli piaskowych prowadzonych przez D. Krzysztoń, L. Rogowskiego omówione przez S. Knothego [7].
2. Dla małych wartości γ_{oct} przyrost dylatacji jest mały, a następnie zależność $\theta = \varphi(\gamma_{oct})$ staje się w przybliżeniu liniowa. Takimi własnościami charakteryzują się skały ciągliwe, jak np. cytowany powyżej marmur.
3. W pierwszej fazie przy małych odształceniach następuje spadek objętości skał, a następnie w miarę wzrostu γ_{oct} próbka zwiększa swą objętość, przy czym wzrost ten staje się w przybliżeniu liniowy. Własności tego typu wykazują skały zwarte i kruche.

Wszystkie 3 typy funkcji dla bardzo dużych wartości γ_{oct} muszą zmieniać przebieg z nieomał liniowego, dążąc do pewnej wielkości stałej, gdyż skała nie może nieograniczenie zwiększać swej objętości.

Należy sobie uświadomić, że maksymalne wartości wszelkich odkształceń, w tym również oktaedrycznych, występują w pobliżu krawędzi eksploatacyjnych i maleją do zera (przynajmniej w teorii) w rejonie płaskiego dna niecki obniżeniowej, zatem można mówić o wzroście odkształceń oktaedrycznych w czasie przechodzenia frontu ścianowego pod punktem obliczeniowym, a następnie o ewentualnym spadku tych odkształceń po przejściu frontu ścianowego. Stąd ważnym i niestety słabo rozeznany zagadnieniem jest kształt funkcji $\theta = \varphi(\gamma_{oct})$ w procesie odciążania próbki skalnej. Można sobie wyobrazić następujące teoretyczne przypadki przebiegu zjawiska zmian objętości skał i odpowiadające im zmiany w przebiegu obniżen (rys. 1):



Rys.1. Stwierdzona doświadczalnie zależność objętościowych θ od zwiększających się odkształceń oktaedrycznych γ_{oct} : A - dla marmuru; B - dla trachitu. Prawdopodobne zależności $\theta(\gamma_{oct})$ dla marmuru przy malejących wartościach γ_{oct} : a - odwracalna, b - częściowo odwracalna, c - całkowicie nieodwracalna

Fig.1. Experimentally confirmed dependency of volume strains θ on the increasing octahedral strains γ_{oct} : A - for marble; b - for trachyte. Probable dependencies $\theta(\gamma_{oct})$ for marble, with decreasing values of γ_{oct} : a - reversible, b - partially reversible, c - totally irreversible

a) Wzrost objętości skał wskutek wzrostu γ_{oct} przebiega według tej samej zależności co spadek objętości skał (krzywa **a** na rys. 1) spowodowany spadkiem odkształceń γ_{oct} - **zjawisko jest odwracalne**.

b) W próbie powstają trwałe odkształcenia objętościowe mniejsze od θ_{max} (krzywa **b** na rys. 1) - **wzrost objętości jest częściowo odwracalny**.

c) Próbka w wyniku doznanych odkształceń γ_{oct} ulega trwałym odkształceniom objętościowym θ_{max} . Spadkowi odkształceń γ_{oct} nie towarzyszą zmiany objętości (krzywa **c** na rys. 1) - **wzrost objętości jest nieodwracalny**.

W relacji naprężenie - odkształcenie można rozważać przypadek, w którym pomimo odciążenia próbki pozostaną pewne trwałe odkształcenia sprawiające, że odkształcenie oktaedryczne w próbce odciążonej nigdy nie maleje do wartości zerowej.

3. Obliczanie odkształceń oktaedrycznych w górotworze nad eksploatowanym pokładem

Z uwagi na słabe rozpoznanie ruchów poziomych nad eksploatowanym pokładem oraz ze względu na to, że ich wielkość jest znacznie mniejsza od wielkości ruchów pionowych, dla obliczenia odkształcenia oktaedrycznego w górotworze nad eksploatowanym pokładem przyjęto upraszczające założenie polegające na pominięciu wpływ ruchów poziomych. Ze wzorów Cauchy'ego otrzymamy wówczas związki (3):

$$\varepsilon_x = 0; \quad \varepsilon_y = 0; \quad \gamma_{xy} = 0; \quad \gamma_{xz} = \frac{\partial w}{\partial x}; \quad \gamma_{yz} = \frac{\partial w}{\partial y}; \quad (3)$$

Podstawiając związki (3) do wzoru (2) otrzymamy wzór (4) słuszny dla każdej teorii wpływów:

$$\gamma_{oct}^2 = \frac{2}{3} \left[\left(\frac{4}{3} \right) (\varepsilon_z)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 \right] \quad (4)$$

Przyjmując do opisu ruchów pionowych wzór S. Knothego, z którego mamy $\varepsilon_z = \frac{r}{2\pi} \frac{dr}{dz} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right)$ i pomijając stały czynnik (2/3), wzór (4) można przedstawić następująco:

$$\gamma^2 = \left[A_2 r \cdot \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \right]^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} \right)^2 = \left[A_2 r \cdot (K_x + K_y) \right]^2 + T_x^2 + T_y^2 \quad (5)$$

gdzie: w - obniżenie punktu nad eksploatowanym pokładem,

$r = r(z)$ - promień rozproszenia wpływów - parametr wzoru S. Knothego,

A_2 - parametr wyznaczany z pomiarów lub szacowany z zależności (6)

$$A_2 = \frac{1}{\pi\sqrt{3}} \cdot \frac{dr}{dz} \quad (6)$$

Przykładowo, przy prostoliniowym rozkładzie promienia rozproszenia wpływów w górotworze wielkość $dr/dz = 1/\tan\beta \approx 0.5$, a stąd szacowana wartość parametru $A_2 \approx 0.092$. W dalszych obliczeniach przyjęto $A_2 = 0.0756$.

Z uwagi na dokonane ograniczenia polegające na pominięciu we wzorze (5) czynnika (2/3) i zastosowaniu teorii S. Knothego do obliczania jego składników wielkość γ_{oct} oznaczono symbolem γ zachowując dalej nazwę odkształcenie oktaedryczne.

Widać, że dla obliczenia odkształceń oktaedrycznych γ musimy znać składowe nachyleń T_x , T_y i krzywizn K_x , K_y profilu niecki obniżeniowej.

4. Propozycje opisu profilu obniżeniowego asymetrycznego względem krawędzi eksploatacji zależnego od kolejności i kierunku eksploatacji ścian

Z przytoczonych powyżej rozważań wynika, że poprawka Δw występująca we wzorze (1) powinna być funkcją odkształceń oktaedrycznych $\gamma(t)$ zmieniających się z upływem czasu t wskutek rozwoju eksploatacji. Problem doboru postaci funkcji Δw dla odwracalnego modelu odkształceń objętościowych jest dosyć dokładnie omówiony w pracy [1].

Poniżej wykorzystano jedną z postaci funkcji Δw zaproponowanych w pracy [1] stosowaną w programach komputerowych serii EDN [2]. Zgodnie z pracą [1] str.39 wzór (1) może mieć postać:

$$w_k(x, y, t) = w(x, \dots, S(t), r_2) + A_1 \left\{ \sqrt{2[r_1 \cdot \gamma(x, \dots, S(t), r_1)]^2 + w(x, \dots, S(t), r_2)^2} + w(x, \dots, S(t), r_2) \right\} \quad (7)$$

gdzie: $w(x,y,...S(t),r_1)$, $w(x,y,...S(t),r_2)$ - obniżenia (są wielkościami z ujemnym znakiem) obliczone wzorem S. Knothego dla promieni rozproszenia wpływów $r=r_1$ i $r=r_2$, natomiast odkształcenie oktaedryczne $\gamma(x,y,...,S(t),r_1)$ jest obliczane zgodnie ze wzorem (5) dla $r=r_1$.

A_1 - współczynnik ujmujący stopień asymetrii wpływów i uzależnienia profilu obniżeniowego od kolejności i kierunku eksploatacji. Dobry opis obniżeń można uzyskać dla $A_1 \leq 0.15$, co odpowiada w przybliżeniu przesunięciu wpływów o wielkość $d=0.15r$.

Promienie r_1 , r_2 obliczane są ze wzorów:

$$r_1 = 0.7071 \cdot r_2 \quad (8)$$

$$r_2 = \left(\frac{h}{\text{tg}\beta} \right) \cdot \left(1 - 0.82696 \cdot A_1 - 2.8736 \cdot (A_1)^2 + 5.878 \cdot (A_1)^3 \right) \quad (9)$$

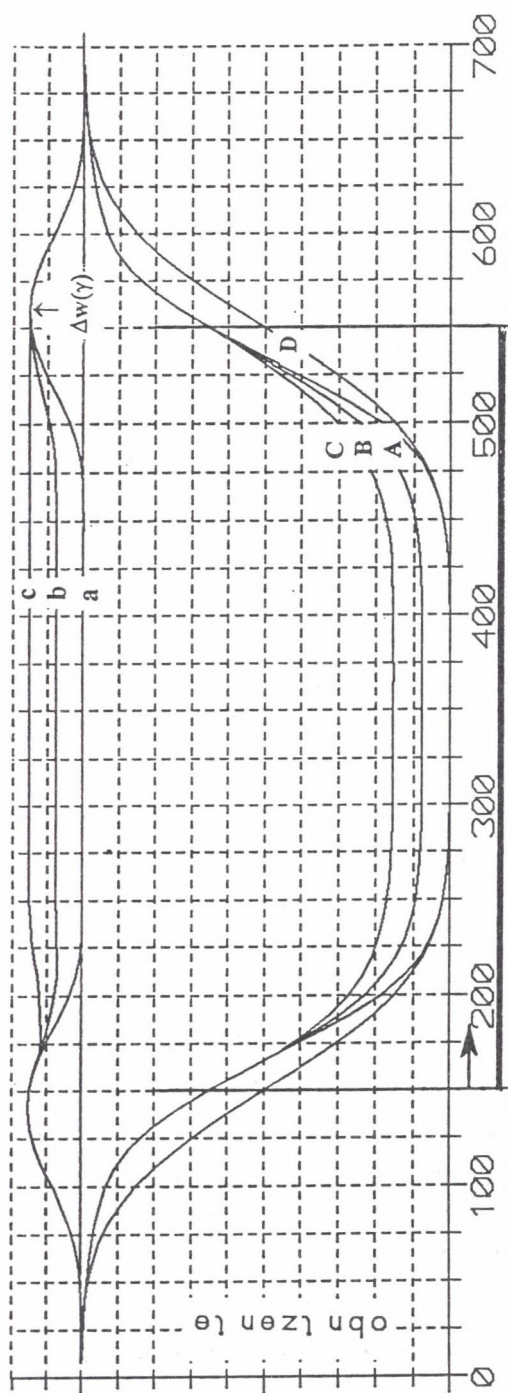
Stosując wzór (7) można obliczyć wpływy dowolnie rozłożonej w czasie i przestrzeni eksploatacji górniczej, w tym również wpływy eksploatacji prowadzonej w różnych pokładach z uwzględnieniem zjawiska aktywacji zrobów. W pracy [1] podano również inny, bardziej złożony, wzór na obliczanie Δw pozwalający na opis obniżeń dla $A_1 \geq 0.15$. Rezygnując z możliwości opisu aktywacji zrobów w pokładach sąsiednich poprawkę Δw można również obliczać wzorem J. Zycha [10].

Wyniki obliczeń profilu niecki z zastosowaniem wzoru (7) pokazano na rysunku 2.

Profil D pokazany na tym rysunku jest klasycznym profilem obliczonym wzorem S. Knothego - odpowiada on wielkości $w(x,...S(t)),r_2$ we wzorze (7). W przypadku pełnej niecki obniżeniowej nad krawędzią eksploatacji obniżenie osiąga tu 50% obniżenia maksymalnego.

Druga część wzoru (7) jest poprawką Δw zależną od odkształceń γ . Wielkości poprawki Δw nad rejonem rozruchu, nad pełną niecką obniżeniową i nad rejonem zatrzymania ściany obrazują krzywe a, b, c. Sumując (zgodnie z koncepcją wzoru (1)) obniżenia odpowiadające profilowi D z poprawką Δw , czyli z krzywymi a lub b, lub c, otrzymujemy interesujące nas profile A, B, C.

Profil A jest opisanym przez J. Białka [1] profilem odpowiadającym w pełni odwracalnej przemianie odkształceń γ we wzrost objętości skał, a w efekcie we wzrost poprawki Δw . Poprawka Δw osiąga swe maksymalne wartości na krawędziach eksploatacji, bo tam nachylenia, a więc i odkształcenia γ , są największe, i maleje do zera nad płaskim dnem pełnej niecki obniżeniowej, bo tam odkształcenia i nachylenia zdążają do zera.



Rys. 2. Poprawka Δw (tu obliczona ze wzoru (7)) powodująca zmniejszenie obniżień: a - dla odwracalnych, b - częściowo odwracalnych i c - nieodwracalnych zmian objętości spowodowanych odkształceniami oktaedrycznymi γ . Profile obniżień: A - z odwracalną poprawką Δw , B - z częściowo odwracalną poprawką Δw , C - z nieodwracalną poprawką Δw - nachylenie lewej części profilu (rejon rozruchu) jest większe (tu o 11%) od prawej części profilu (rejon zatrzymania ściany), D - wyjściowy, bez poprawki Δw , symetryczny względem krawędzi eksploatacji

Fig. 2. Correction Δw (calculated here from the equation (7)) effecting the decrease of subsidence: a - for reversible, b - partially reversible and c - irreversible changes in volume, caused by octahedral strains γ . Subsidence profiles: A - with reversible correction Δw - the dip of the left part of the profile (start-up region) is larger (here 11%) than the right part of the profile (region of wall advance stoppage), D - initial, without correction Δw , symmetrical to the mining edge

Profile **B** i **C** odpowiadają częściowo nieodwracalnej (**B**) i całkowicie nieodwracalnej (**C**) przemianie odkształceń γ we wzrost objętości skał.

Aby obliczyć poprawkę Δw^* w punkcie $P(x,y)$ powierzchni terenu górniczego, dla częściowo odwracalnej przemiany objętości zastosowano jeden z najprostszych algorytmów:

1. Przedział czasu $t_p \div t_k$, w którym prowadzona jest eksploatacja, dzielimy na małe równe odcinki czasu Δt . Dla kolejnych czasów $t_i = t_{i-1} + \Delta t$ ustala się granicę wyeksploatowanego obszaru $S_i = S(t_i)$, dla której w oparciu o wzór S. Knothe'go obliczane są obniżenia w_i , nachylenia T_{xi} , T_{yi} , oraz krzywizny K_{xi} , K_{yi} , K_{xyi} . Do obliczeń przyjmowane są promienie rozproszenia wpływów określone wzorami (7) i (8). W przypadku eksploatacji wielościanowej sumujemy jej wpływy zgodnie z zasadą liniowej superpozycji wpływów.

2. Dysponując ciągami zmieniających się w czasie składowymi obniżeniami, nachyleniami i krzywiznami ze wzoru (5) obliczany jest ciąg zmiennych w czasie wartości γ_i .

3. Znając zmieniające się w czasie obniżenie w_i i odkształcenie γ_i obliczamy ciąg zmieniających się w czasie poprawek $\Delta w_i = \Delta w(\gamma_i, w_i)$ odpowiadających odwracalnemu modelowi zjawiska.

4. Dla obliczenia zmiennego w czasie ciągu wartości poprawek Δw_i^* odpowiadających częściowo odwracalnej przemianie objętości stosujemy następujący algorytm:

4.1. $\Delta w_0^* = 0$; - określamy wartość początkową,

.....

4.2. $d(\Delta w_i) = \Delta w_i - \Delta w_{i-1}$; - obliczamy przyrost poprawki Δw_i w czasie Δt ,

4.2a. jeśli $d(\Delta w_i) \geq 0$, to $\Delta w_i^* = \Delta w_{i-1}^* + d(\Delta w_i)$ - niezależnie od rodzaju przemiany wzrostowi wielkości Δw_i zawsze odpowiada taki sam wzrost poprawki Δw_i^* ,

4.2b. jeśli $d(\Delta w_i) < 0$ to $\Delta w_i^* = \Delta w_{i-1}^* + A_{od} \cdot d(\Delta w_i)$ - dla przemiany częściowo odwracalnej, zmniejszającym się wielkościom Δw_i odpowiada tylko częściowy spadek wielkości poprawki Δw_i^* ,

4.2c. powtarzamy cykl 4 aż do wyczerpania wartości i .

W powyższym algorytmie parametr A_{od} określa rodzaj przemiany odkształceń γ we wzrost objętości:

$0 < A_{od} < 1$ określa przemianę częściowo odwracalną;

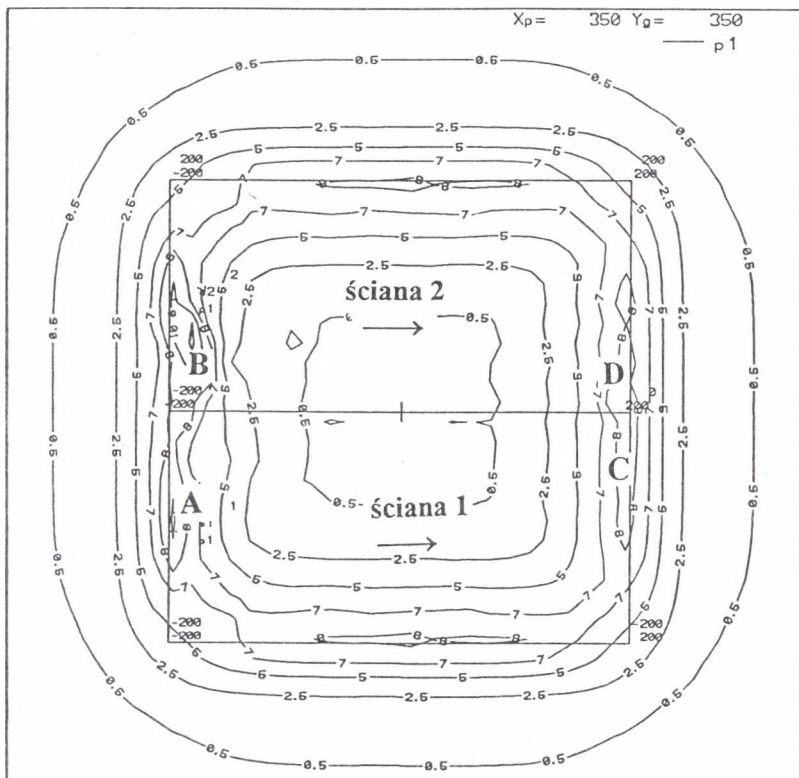
dla $A_{od} = 1$ - przemiana jest całkowicie odwracalna ($\Delta w_i = \Delta w_i^*$);

dla $A_{od} = 0$ - przemiana jest całkowicie nieodwracalna.

Przyjmując, że proces wzrostu objętości skał wskutek doznanych odkształceń γ_{oct} przebiega w sposób częściowo lub całkowicie nieodwracalny, kształt ostatecznie wykształconej niecki obniżeniowej będzie zależny od sposobu realizacji eksploatacji w czasie. Widać to na rysunku 2, gdzie lewa część profili obniżeniowych **B** i **C** jest nieco inna od prawej części tych profili, gdyż inaczej przebiegał tu proces zmian odkształceń γ w czasie. Ściślej, lewą część profilu obrazującą obniżenia nad rejonem rozruchu ściany charakteryzuje nieco większe nachylenie niż prawą część profilu niecki nad rejonem zatrzymania ścian. Widać również, że nieodwracalna lub częściowo odwracalna poprawka Δw^* zmniejsza wartość maksymalnych obniżeń w_{max} . Wynika stąd, że docelowo konieczna będzie nieco inna, rozszerzona definicja parametru $tg\beta$ występującego we wzorze S. Knothego oraz inna definicja współczynnika osiadania „a”.

Na rysunku 3 pokazano plan warstwiczny nachyleń niecki obniżeniowej powstałej po wybraniu ścian nr 1 i 2. Ściana nr 1 była wybrana w pierwszej kolejności. Obydwie były prowadzone w kierunku ze wschodu na zachód. Nachylenia obliczono przyjmując nieodwracalność przemiany odkształceń γ w zmiany objętościowe. Obliczoną w ten sposób nieckę obniżeniową cechują znaczne różnice maksymalnych nachyleń. Maksymalne nachylenia są generalnie większe po kierunku wybiegu ścian od nachyleń mierzonych po kierunku prostopadłym do wybiegu ścian. Ponadto większe nachylenia występują w rejonie rozruchu ścian niż w rejonie zatrzymania ścian. Największe nachylenia występują w rejonie rozruchu wybranej w drugiej w kolejności ściany nr 2 i występują na bardzo małym obszarze.

Powyższe wyniki są jakościowo zgodne z wynikami obserwacji. Przykładowo, dla linii obserwacyjnej 1a KWK Chwałowice poprowadzonej prostopadle do wybiegu ścian w pokładzie 354 wyznaczono $tg\beta=2.27$, natomiast dla linii 2b prowadzonej równolegle do wybiegu wybranej jako ostatniej w kolejności ściany w pokładzie 354 wyznaczono parametr $tg\beta=3.067$. Tak znaczną różnicę wartości wyznaczonych parametrów tłumaczono dotychczas zmiennością własności mechanicznych górotworu lub rozrzutem statystycznym zjawiska, mimo że dla każdej linii z osobna uzyskano bardzo dokładny opis obniżeń.



Rys.3. Zróżnicowanie nachylenia ostatecznie wykształconej niecki obniżeniowej po wybraniu ścian 1 i 2 jako wynik nieodwracalności zmian objętościowych zależnych od zmieniających się w miarę rozwoju eksploatacji odkształceń γ :

- większe nachylenia w rejonie A,B rozruchu ścian niż w rejonie zatrzymania C, D,
- większe w rejonie B nad ścianą 2 niż w rejonie A nad ścianą 1

Fig.3. Diverse dips of the final form of the subsidence trough after completing the working process of walls 1 and 2, being the result of irreversibility of volume changes dependent on the strains γ subjected to changes along with the advance of mining process:

- larger dips in the walls start-up region A, B than in the region of wall advance stoppage C, D,
- larger in region B over the wall 2 than in region A over the wall 1

5. Podsumowanie

Zaproponowany w niniejszej pracy sposób opisu wpływu kolejności i kierunku eksploatacji górniczej na kształt końcowego profilu niecki obniżeniowej jest jakościowo zgodny z wynikami obserwacji geodezyjnych.

Praktyczne stosowanie idei zawartej w niniejszej pracy wymaga jednak jeszcze wielu badań. Między innymi konieczne jest przeanalizowanie istniejących wyników i wykonanie nowych badań odkształceń objętościowych prób skalnych.

Prawdopodobnie, dla uzyskania maksymalnie zgodnego z pomiarem opisu niecki obniżeniowej, trzeba będzie ponownie określić funkcję $\Delta w(\gamma)$ opisującą zmniejszenie obniżeń wskutek zmian objętościowych spowodowanych odkształceniami oktaedrycznymi γ oraz skorygować definicję współczynnika osiadania „a”.

Względy praktyczne wymagają również rozszerzenia powyższego opisu na przemieszczenia poziome.

LITERATURA

1. Białek J.: Opis nieustalonej fazy obniżeń terenu górniczego z uwzględnieniem asymetrii wpływów końcowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo z.194, Gliwice 1991.
2. Białek J., Drzęzła B.: Przegląd aktualnego stanu oprogramowania problematyki prognozowania poeksploatacyjnych deformacji górotworu. Materiały konferencyjne II Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych. Ustroń 1993.
3. Dżegniuk B.: Niektóre efekty nieliniowe w procesie osiadania nad eksploatacją górnictwem. Zeszyty Naukowe AGH, s. Geodezja, z.34, Kraków 1975.
4. Greń K.: Próba ujęcia asymetrii wpływów eksploatacji górniczej przy poziomym zaleganiu pokładów. PAN Oddz. w Krakowie. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej. Geodezja z.29, 1981.
5. Greń K., Popiołek E.: Opracowanie przykładów praktycznych i ustalenie ostatecznej postaci wzorów... Problem Resortowy WWK nr 103, 1989 (maszynopis).
6. Kiyoo Mogi: Dilatancy of rocks under general triaxial stress states with special reference to earthquake precursors. J.Phys.Earth, 25 Supl.,s.203-217, 1977. (Earthquake Research Institute, Tokyo University, Japan).
7. Knothe S.: Badania modelowe przemieszczeń w ośrodku sypkim i możliwości zastosowania otrzymanych wyników do zagadnień przemieszczeń górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. Archiwum Górnictwa tom. XV, z.1, 1970.
8. Litwiniszyn J., Smolarski A.: A Contribution to Mechanics of a Quasi - Stochastic Bodies. Bull. Acad. Pol. Sci. Ser. Techn. Volume X, No 6, 1962.

9. Piwowarski W.: Opis przemieszczeń pionowych aktywnego procesu deformacji górotworu w warunkach eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe AGH, s. Geodezja z. 106, Kraków 1989.
10. Zych J.: Metoda prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu uwzględniająca asymetryczny przebieg procesu. Zeszyty Naukowe Pol. Śląskiej, s. Górnictwo z. 164, Gliwice 1987.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Bogdan Dzegniuk

Wpłynęło do Redakcji 4.10.1996 r.

Abstract

The paper suggests a simple and at the same time very general method to describe the influence of the order and direction of mining process on the final shape of the subsidence trough profile. Basing on K. Greń, J. Zych, and J. Białek, it has been assumed that the subsidence of mining area can be described by the equation $w=w+\Delta w(\gamma)$, where w stands for the subsidence calculated on the basis of geometrical-differential theory, and the nonlinear correction $\Delta w(\gamma)$ depends on the dip of the profile, or, using more general terms, on the octahedral strain γ . By identifying the quantity $\Delta w(\gamma)$ with volumetric changes of rock mass subjected to deformation and accepting the assumption based on observations that the phenomenon of volume increase occurring in effect of strain increase γ is irreversible or only partially reversible, the final value of the correction depends on the strain distribution in time $\gamma(t)$. As a result, we have obtained trough profiles which depend not only on the final dimensions and shape of the abandoned workings but also on the way (order and direction) the mining process is carried out in time.