ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ

Seria: GÓRNICTWO z. 205

Nr kol. 1179

Mirosław CHUDEK Instytut Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej Gliwice

DEFORMACJE MASYWU SKALNEGO SPOWODOWANE PODZIEMNĄ EKSPLOATACJĄ ZŁÓZ POKŁADOWYCH ZALEGAJĄCYCH POZIOMO

> Streszczenie. W pracy przedstawiono analizę przebiegu zasięgu wpływów w górotworze o warstwowej budowie wykorzystując badania modelowe [4], [6], [11]. Wynika z nich, że o przebiegu zasięgu wpływów wybieranego złoża na górotwór decyduje głównie średnia wytrzymałość warstw na rozciąganie i głębokość.

> Z warunku równowagi momentu od sił ciężkości skał zawartych między $r_o - r_p$ i $r_c - r_w$ i momentu od średnich naprężeń na odcinku głębokościowym z wyprowadzono wzory na promienie zasięgu wpływów (rys. 4). Podano sposób wykorzystania tak określonych promieni wpływów do prognozowania deformacji górotworu.

DEFORMATION OF THE ROCK MASSIF CAUSED BE UNDERGROUND MINING OF SEAMS DEPOSITED HORIZONTALLY

Summary. In the paper has been presented an analysis of the course of the range of minimg influences in the rock mass with bedded structure making use of model studies [4], [6], [11]. It results from them that decisive about the range of the effects of the seam extracted on the rock mass is mainly the average tensile strength of rocks and depth.

From the criterion of moment equilibrium from the force of gravity and the moment of average stresses in the depth section some formulas have been derived for the radii of the range of effects.

A method has been given of the application of the so-defined radii of effects in the prognosticating of rock mass deformation. List of figures. ДЕФОРМАЦИИ ГОРНОГО МАССИВА, ВЫЗВАННЫЕ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКО! ИЛАСТОВИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ЗАЛЕГАКЦИХ ГОРИЗОНТАЛЬНО

Резюме. В работе представлен анализ детьности влияний разрабатываемого месторождения в горнтм масснве слонстого строения, при помощи модельных исследований [4], [6], [11]. Из них следует, что дальность влияний разрабатываемого месторождения на горной массив зависит, прежде всего, от среднего сопротивления слоев растяжению и глубины. Из условия равновесия момента от сил тяжести пород, заключенных между го г и г г г м и момента средних напряжений на глубинном участке, выводятся формулы для радиусов дальности влияний. (гув.4) Подан также способ использования определенных таким образом радиусов влияний для прогнозирования деформации горного массива.

1. WSTEP

Badania modelowe [4], [6], [11] pozwoliły zarejestrować nieliniowy (wklęsły) przebieg wpływu eksploatacji na deformację górotworu od strony wyeksploatowanego pokładu (rys. 1) co również wynika z pracy [9]. Podobnie nieliniowy (wypukły) przebieg wpływu eksploatacji na deformację górotworu przed frontem wybierkowym przedstawia także szereg rysunków zawartych w pracach [2], [5], [6], [4], [11]. O rozmiarach i kształcie przebiegu deformacji górotworu decydują głównie średnia jego wytrzymałość oraz rozmieszczenie, szczególnie warstw mocnych (sztywnych) w nadległym górotworze w stosunku do eksploatowanego pokładu. Korzystając również z rozważań podanych w pracy [2], [4], [6], [9], [11] przyjęto, że przebieg zasięgu wpływu eksploatacji na górotwór zbudowany z warstw o średniej wytrzymałości i w przeciętnych warunkach geotechnicznych jest krzywoliniowy (rys. 1, 2, 3, 4).

Wykorzystując wyniki badań [4], [6], [3], [8], [9], [10], [11] podano w niniejszej pracy wielkość teoretycznego zasięgu wpływu eksploatacji, w odległości której występują deformacje w górotworze i na powierzchni po stronie wyeksploatowanego pokładu i przed czołem frontu.

Uwzględniając zasięg wpływu eksploatacji w górotworze podano równanie profilu niecki obniżeniowej warstw w górotworze na horyzoncie z oraz pochodne wskażniki deformacji górotworu także dla z = H, tj. dla powierzchni.

Zagadnienie powyższe rozpatrzono dla wpływów eksploatacji pokładów poziomych lub nachylonych do 10⁰.



 miejsca prawdopodobnego rozstajania i zatamywania się warstw w górotworze.

Rys. 1. Załamywanie i uginanie się warstw oraz kształt prawdopodobnego zasięgu wpływu wynikający z oddziaływania wybieranego pokładu

Fig. 1. The breaking down and sagging of strata, and the shape of the probable range of mining effect resulting from the influence of the extracted seam



Rys. 2. Przebieg deformacji górotworu w świetle badań modelowych a) przy rozruchu ściany wg [6], b) przy wybiegu ściany, przy którym warstwy górotworu osiadały na zawale wg [6]

Fig. 2. Rock mass deformation in the light of model studies a) at the starting of a longwall acc. to [6], b) at the panel width of a longwall at which the rock mass strata settled on the gob acc, to [6]



Rys. 3. Przebieg deformacji (spękań) warstw górotworu podczas eksploatacji wg [11]

Fig. 3. Deformations (crackings) of rock mass strata during the mining acc.

to [11]

2. ZASIĘG WPŁYWU EKSPLOATACJI W GÓROTWORZE

W wyniku wpływów wybierania pokładów kopaliny użytecznej pojawiają się strefy maksymalnych poziomych odkształceń rozciągających nad calizną pokładu i maksymalnych odkształceń ściskających nad wybraną częścią pokładu.

Można przyjąć, że istnieje chwilowa równowaga między momentem od ciężaru uginających się warstw a siłami wewnętrznymi w strefie maksymalnych odkształceń (rys. 5). Dla uproszczenia przyjęto, że maksymalne poziome odkształcenia występują w połowie promienia zasięgu wpływów na danej głębokości podanego na rys. 4. Założono, że nad calizną pokładu występuje zasięg wpływów r_w , a nad podsadzką lub zawałem r_n .

W strefie zasięgu wpływów r_o nad wybranym pokładem występują poziome odkształcenia ściskające i pionowe przeważnie rozciągające.



Rys. 4. Zasięg promienia wpływów w skałach nad wybieranym pokładem przy uwzględnieniu zasięgu uginania stropu

Fig. 4. Range of the radius of effects in the rocks over the extracted seam taking into account the range of roof sagging



Rys. 5. Zasięg promienia wpływów w skałach nad wybieranym pokładem dla $r_w = 0$ i $r_p = 0$ Fig. 5. Range of the radius of effects in the rocks over the extracted seam for $r_w = 0$ and $r_p = 0$

Uginające się warstwy w strefie tych odkształceń powodują powstanie poziomych naprężeń ściskających, które utrzymują uginające się warstwy pod wpływem ciężaru własnego. Dla uproszczenia przyjęto, że na odcinku wysokościowym "z" występują średnie naprężenia σ_{c}

Moment zginania od ciężaru własnego skał zawartych między r_o - r_p na odcinku "z" względem punktu na końcu promienia zasięgu r nad zawałem posiada postać

$$M_{\rm u} = \frac{(r_{\rm o} - r_{\rm p})^2 \cdot z \cdot \gamma_{\rm s} \cdot 1}{6}$$
(1)

i pokonywany jest przez średnie naprężenia na odcinku "z" działające na ra-

mieniu $\frac{z}{2}$ powodujące moment $M = \frac{\sigma_0 \cdot z^2}{2} \cdot 1.$

Z przyrównania tych momentów otrzymano wzór na promień zasięgu nad wybranym polem pokładu

$$r_{o} = r_{p} + \sqrt{\frac{3 \cdot z \cdot \sigma_{o}}{\gamma_{s}}}$$
(2)

Nad caliną pokładu występują poziome odkształcenia rozciągające, a pionowe przeważnie ściskające.

Pionowe odkształcenia ściskające powodują wzajemny docisk warstw i hamowanie uginania się warstw. Na kontakcie warstw występują naprężenia styczne τ, które można obliczyć z uproszczonego wzoru

$$\tau = (H_{\mu} - z) \cdot k_1 \cdot \gamma_c \cdot \mu$$

Przyjęto uproszczony model ujmujący równowagę momentu od sił ciężkości i sił wewnętrznych postaci

$$\frac{\left(\mathbf{r}_{c}-\mathbf{r}_{w}\right)^{2}}{6}\cdot\mathbf{z}\cdot\boldsymbol{\gamma}_{s}=\frac{\mathbf{z}^{2}\cdot\boldsymbol{\sigma}_{c}}{2}-\frac{\boldsymbol{\mu}\cdot\boldsymbol{k}_{1}(\mathbf{H}_{k}-\mathbf{z})\cdot\mathbf{z}\cdot\boldsymbol{\gamma}_{s}(\mathbf{r}_{c}-\mathbf{r}_{w})}{2}$$
(3)

Po przekształceniu powyższej zależności uzyskano wzór na promień zasięgu wpływów nad calizną pokładu

$$r_{c} = r_{w} + 0.5 \sqrt{9 \cdot k_{1}^{2} (H_{k}^{-}z)^{2} + \frac{12 \cdot \sigma_{c} \cdot z}{\gamma_{s}}} - 1.5 \cdot k_{1} (H_{k}^{-}z)$$
 (4)

Dla warstw nadkładu (H_n = H - H_k), gdzie wytrzymałość na rozrywanie tych warstw jest zbliżona do zera (R_ = 0), wpływy przenoszą się pod kątem β i wówczas promień zasiegu wpływów określa wzór

$$\gamma_{\rm H} = \gamma_{\rm c} + \frac{{\rm H} - {\rm H}_{\rm k}}{{\rm tg}\beta}$$
(5)

W podanych wzorach oznaczają:

r - promień zasięgu wpływów nad wybranym polem pokładu, r – promień zasięgu wpływów nad podsadzką lub zawałem, r – promień zasięgu wpływów na odległości z od stropu pokładu, r. - promień zasięgu wpływów dla z = 0, γ – średni ciężar objętościowy, $\gamma_{\rm S} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \gamma_i \cdot h_i}{z}$ γ_i - ciężar objętościowy rozpatrywanej warstwy o grubości h_i.

z – odległość od stropu eksploatowanego pokładu, gdzie występuje n warstw o łącznej grubości

82

$$z = \sum_{i=1}^{1-n} h_i$$

 $\gamma_i = \rho_i g$

- p, gęstość objętościowa danej warstwy,
- g przyspieszenie ziemskie,
- µ współczynnik tarcia na kontakcie warstw w odległości z od stropu
 wybieranego pokładu,
- k₁ współczynnik współdziałania warstw wyznaczany z pomiarów osiadania reperów w wyrobiskach górniczych,
- o średnie naprężenia ściskające w warstwach w odległości r od krawędzi pokładu na odcinku głębokościowym z,
- σ średnie naprężenia rozciągające w warstwach w odległości r od krawędzi pokładu na odcinku głębokościowym z.

Przyjęto, że średnie naprężenia rozciągające ujmuje zależność $\sigma_c = R_{rs} \cdot k_c$, natomiast średnie naprężenia ściskające $\sigma_o = R_{rs} \cdot k_o$. Współczynniki k_c i k_o należy wyznaczyć opierając się na pomiarach niwelacyjnych osiadania reperów ociosowych w wyrobiskach górniczych będących w zasięgu wpływów eksploatacji danego pokładu. Średnią wytrzymałość warstw skalnych na rozrywanie R_{rs} proponuje się obliczyć na podstawie wytrzymałości poszczególnych warstw R_{ri} o grubości h, występujących na odcinku głębokościowym z korzystając ze wzoru

$$R_{rs} = \frac{\sum_{i=1}^{1-n} R_{ri}h_i}{z}$$
(6)

Występującą w podanych wzorach wielkość promienia wpływów r_w, r_p na poziomie eksploatowanego pokładu można określić na podstawie pomiarów lub przyjąć wykorzystując wyniki badań innych autorów.

Przeprowadzone pomiary zaciskania wyrobisk ścianowych i chodników przyścianowych [1], [3] wykazały, że występuje ugięcie stropu nad calizną i podsadzką lub zawałem. Zasięg tego ugięcia nad calizną pokładu wynosi 40 m i 100 m nad podsadzką lub zawałem, gdy strop składa się z warstw mułowców i iłowców, natomiast gdy strop zbudowany jest ze skał łupkowo-piaszczystych lub piaskowców zasięg ugięcia nad calizną wynosi 50 m do 100 m, natomiast nad podsadzką wynosi 120 m do 300 m [1], [3], [10]. Przedstawione powyżej zasięgi ugięcia stropu wykorzystano w dalszej części pracy do ustalania wpływów w otoczeniu wybieranego pokładu. Przyjęto dla uproszczenia, że promień zasięgu wpływów przy stropie pokładu wynosi (rys.4): - dla stropów z warstw iłowców i mułowców nad pokładem r_. = 20 m; nad zawa-

- $k = r_p = 50 m;$
- dla stropów z warstw łupków piaszczystych i piaskowców nad pokładem r $_{\rm W}$ = = 50 m; nad zawałem r $_{\rm p}$ = 125 m;
- promień zasięgu wpływów nad zawałem jest około 2,5 raza większy od promienia wpływów nad calizną pokładu r_n = 2,5 r_w;
- przesunięcie wpływów w kierunku zawału przy spągu wybieranego pokładu określa zależność

$$p_{w} = \frac{r_{p} + r_{w}}{2} = 0,75 r_{w}.$$
(7)

Wyprowadzone wzory na promień zasięgu wpływów nad calizną i wybranym polem pokładu ograniczają nieckę osiadania.

Do obliczeń w praktyce celowe jest stosowanie średniego promienia wpływów przesuniętego od krawędzi eksploatacji o tzw. obrzeże (p).

Średni promień zasięgu wpływów proponuje się obliczać ze wzoru:

$$=\frac{r_{o}+r_{c}}{2}$$
(8)

a obrzeże ze wzoru $p = \frac{r_0 - r_c}{2}$.

r

W przypadku braku pomiarów osiadania reperów na powierzchni terenu i w wyrobiskach górniczych do obliczeń proponuje się przyjąć orientacyjnie następujące wielkości:

- przy wybieraniu pierwszego pokładu

$$p = 0,75 r_{W} + \frac{(r - r_{W})(0,5 + 0,12 r_{H} - 0,75 r_{W})}{r_{H} - r_{W}}$$

$$k_{o} = K_{c} = k = 0,16 \frac{R_{rs} \cdot H}{R_{o} \cdot H_{o}}$$

$$H_{o} = 280 m$$

$$R_{o} = 1,3 MPa$$

$$\mu = 0$$
(9)

- po wybraniu pierwszego i wybieraniu następnych

$$p = 0,75 r_{W} + \frac{(r - r_{W})(0,5 + 0,06 r_{H} - 0,75 r_{W})}{r_{H} - r_{W}}$$

$$k_{o} = K_{c} = k = 0,11 \frac{R_{rs} \cdot H}{R_{o} \cdot H_{o}}$$

$$H_{o} = 280 m$$
(10)

$$R_{o} = 1,3 \text{ MP};$$

$$\mu = 0$$

gdzie:

 $r_{\rm H}$ - promień zasięgu wpływów na powierzchni terenu (rys. 4),

H - głębokość porównawcza, poniżej której ustalona była powyższa zależo ność,

R - umowna wytrzymałość skał na rozciąganie dla głębokości H = 280 m.

Z powyższych wzorów można obliczyć wielkości potrzebne do określania deformacji górotworu.

Przytoczone powyżej promienie zasięgów wpływów r_w nad pokładem r_p nad podsadzką wg prac [1], [3], [10] obejmują również tzw. dalekie wpływy i przy stosowaniu tych wielkości zachodzi potrzeba ich pomniejszenia przez pomnożenie przez współczynnik 0,65, by odpowiadały w przybliżeniu promieniom zasięgów wpływów, w których pomijane są dalekie wpływy oddziaływania.

3. DEFORMACJE GÓROTWORU OD WPŁYWÓW WYBIERANIA POLA POKŁADU W KSZTAŁCIE WYCINKA KOŁOWEGO LUB WIELOKĄTA

Pole wyeksploatowane pokładu w praktyce posiada kształt nieregularny, co powoduje, że nie można go rozpatrywać w układzie płaskim uprzednio opisanym, lecz w trójwymiarowym stanie przemieszczeń. Analityczne ujęcie tego zagadnienia jest bardzo złożone, dlatego wybrano pole pokładu dzieli się na segmenty duże i uzupełniające małe w formie wycinków koła. Wpływy od wybrania danego pola pokładu są sumą wpływów od wycinków dużych i małych [8], [7] dla wpływów wybranego pola pokładu w kształcie wycinka kołowego. Korzystając z rozwiązania St. Knothe'go [8] wprowadzano przesunięcie wpływów przesuwając jednocześnie granice eksploatacji o wielkość obrzeża (rys. 6) i wówczas wzór na obniżenie punktu położonego w początku układu posiada postać:

$$w = -\frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{g}}{2\pi} \cdot \sum_{i=1}^{n} \int_{\alpha_{i}}^{\alpha_{i+1}} \left[1 - e^{-\pi R_{i}^{2}/r^{2}} \right] d\alpha$$
(11)



Rys. 6. Schemat do obliczania obniżenia punktu A od wpływów wybrania pola pokładu o dowolnym kształcie

 a) wyznaczenie obniżenia punktu od wybrania pola pokładu w kształcie wycinka kołowego, b) schemat opisu nieregularnego pola pokładu

Fig. 6. Diagram for the calculation of point A subsidence, from the effects of extracting seam panel fany shape

 a) determination of point subsidence from the extracted seam panel in the shape of a circular section, b) description diagram of an irregular seam panel

Deformacje masywu skalnego...

Składowe deformacji górotworu i powierzchni terenu można określić korzystając ze wzorów na:

- nachylenie w kierunku x [7]

~

$$T_{x} = \frac{a \cdot g}{r} \cdot \sum_{i=1}^{n} \int_{\alpha_{i}}^{\alpha_{i+1}} F_{1}\left(\frac{R_{i}}{r}\right) \cos\alpha d\alpha$$
(12)

- nachylenie w kierunku y [7]

$$T_{y} = \frac{a \cdot g}{r} \cdot \sum_{i=1}^{n} \int_{\alpha_{i}}^{\alpha_{i+1}} F_{1}\left(\frac{R_{i}}{r}\right) \cos \alpha d\alpha$$
(13)

- krzywizna w kierunku x [7]

$$K_{x} = \frac{a \cdot g}{r^{2}} \cdot \sum_{i=1}^{n} (A_{i} - B_{i})$$
 (14)

- krzywizna w kierunku y [14]

$$K_{y} = \frac{a \cdot g}{r^{2}} \cdot \sum_{i=1}^{n} (A_{i} - B_{i})$$
(15)

- skręcenie geodezyjne [7]

$$S_{xy} = -\frac{a \cdot g}{r^2} \cdot \sum_{i=1}^{n} \int_{\alpha_i}^{\alpha_{i+1}} F_2\left(\frac{R_i}{r}\right) \cdot \sin 2\alpha d\alpha$$
(16)

- odkształcenie poziome w kierunku x

 $\varepsilon_{\rm X} = -0,36 \ {\rm r} \ {\rm K}_{\rm X}$ (17)

- odkształcenie poziome w kierunku y

$$\varepsilon_{\rm y} = -0,36 \ \rm r \ K_{\rm y} \tag{18}$$

- odkształcenie pionowe

$$\varepsilon_{z} = \frac{r^{2} \cdot (K_{x} + K_{y})}{\pi(z + z_{p})} \cdot \Omega$$
(19)

gdzie:

$$\begin{aligned} \alpha_{1} &= \alpha_{1}(x, y) \\ R_{1} &= R_{1}(\alpha, x, y) = \frac{(x_{1} - x)(y_{1+1} - y_{1}) - (y_{1} - y_{y})(x_{1+1} - x_{1})}{(y_{1+1} - y_{1})\cos\alpha - (x_{1+1} - x_{1})\sin\alpha} \\ F_{1}(u) &= u + e^{-\pi u^{2}} - \int_{0}^{u} e^{-\pi v^{2}} dv \\ F_{2}(u) &= 1 - e^{-\pi u^{2}} - \pi u^{2} + e^{-\pi u^{2}} \\ A_{1} &= \pi + \int_{\alpha_{1}}^{\alpha_{1}+1} \frac{R_{1}^{2}}{r^{2}} + e^{-\pi R_{1}^{2}/r^{2}} d\alpha \\ B_{1} &= \int_{\alpha_{1}}^{\alpha_{1}+1} F_{2}\left(\frac{R_{1}}{r}\right)\cos2\alpha d\alpha \\ u_{1} &= u_{1}(t) = s_{1} + \frac{s_{1+1} - s_{1}}{t_{1+1} - t_{1}} + (t - t_{1}) \\ s_{1} &= \frac{x_{1} - x}{r}; \qquad t_{1} = \frac{y_{1} - y}{r} \\ v_{1} &= v_{1}(s) = t_{1} + \frac{t_{1+1} - t_{1}}{s_{1+1} - s_{1}} + (s - s_{1}) \end{aligned}$$

 Ω – współczynnik wyznaczany na podstawie osiadania reperów.

Zwraca się uwagę, że przy rozpatrywaniu wpływów stykających się parcel pokładu, obrzeże pierwszej parceli jest ujemne a drugiej dodatnie na styku, co powoduje, że można je pominąć rozpatrując tylko granice styku parcel pokładu. Może wystąpić sytuacja, gdzie mimo uwzględnienia obrzeża niecka wyznaczona przy wykorzystaniu powyższych wzorów będzie różniła się od stwierdzonej pomiarami niwelacyjnymi. W takiej sytuacji proponuje się wyznaczyć nieckę całkowitą jako sumę dwóch niecek osiadania. Pierwsza niecka o promieniu wpływów r_c względem krawędzi eksploatacji pokładu powodowałaby maksymalne obniżenie 0,4 $W_{\rm max}$.

Druga niecka o promieniu wpływów $r_c - p$ obliczonym ze wzoru (4) lub r - p wyznaczonym ze wzoru (8) i początku układu współrzędnych na końcu obrzeża p powodowałaby obniżenie 0,3 W_{max} a poza promieniem wpływów obniżenie 0,6 W_{max} . Suma wpływów od pierwszej niecki wyznaczona dla 0,4 grubości pokładu i drugiej niecki wyznaczonej dla 0,6 grubości pokładu powinna dawać profil niecki osiadania zbliżony do stwierdzonej pomiarami niwelacyjnymi.

W związku z tym, że osiadaniu górotworu przeważnie towarzyszy proces odwadniania górotworu powodując dalekie zasięgi i dodatkowe osiadanie W_n , dlatego dodatkowym warunkiem ograniczającym zasięg wpływów jest osiadanie na obrzeżu równe

$$W_{o} = \frac{W_{max} - W_{n}}{2}$$

i nachylenie niecki na końcu promienia wpływów nad calizną pokładu oraz nad wybranym polem pokładu sięga do nachylenia niecki, przy którym spełniony jest warunek

$$\frac{T_{(x)} \cdot r}{W_{max}} = 0,04$$

Jeżeli dla średniego promienia wpływów r na końcu obrzeża p osiadania górotworu będzie równe połowie osiadania maksymalnego, to wówczas można przyjąć, że niecka z pomiarów będzie zbliżona do obliczonej przy wykorzystaniu uprzednio podanych wzorów.

4. WNIOSKI

Wybranie pokładu w polu większym od dwukrotnej wielkości promienia wpływów powoduje powstanie niecki osiadania o wartości przemieszczenia pionowego zbliżonego do maksymalnego.

Zasięg niecki osiadania zależy od promienia wpływów. Zmiana promienia wpływów w górotworze nad calizną pokładu i zawałem warstw stropowych posiada nieco odmienny przebieg, jak to wykazały badanie modelowe [4], [6], [11], jak również rozważania teoretyczne, których wynikiem są wzory (2), (4), (5), (8).

Występujące we wzorach współczynniki k_0 , k_c wymagają wyznaczenia na podstawie pomiarów niwelacyjnych na różnych głebokościach. Tam gdzie brak jest odpowiednich pomiarów przemieszczeń reperów na powierzchni terenu i w górotworze, można do wyznaczenia średniego promienia wpływów i przesunięcia wpływów (obrzeża) stosować wzory (9), (10).

Zastosowana do obliczeń funkcja wpływów posiada tak dobrane wielkości. że na końcach promieni wpływów może wystąpić osiadanie W = 0,006 W_{max} dla x = r oraz W = 0,994 W_{max} dla x = -r, a na końcu obrzeża osiadanie równe jest 0,5 W_{max}

Mając na uwadze fakt, że czasami niecka jest niesymetryczna względem krawędzi wybieranego pokładu lub obrzeża, zachodzi potrzeba dopasowania do profilu niecki z pomiarów dwóch przebiegów osiadania określonych ze wzorów teoretycznych.

Parametry tych niecek należy wyznaczyć z pomiarów.

Dla celów praktycznych w wystarczającym zakresie można stosować zależności (2-19), do prognozowania deformacji górotworu, jakie mogą wynikać od wpływów projektowanej eksploatacji górniczej. Nadmienia się, że podane wzory pozwalają na określenie wskażników deformacji górotworu i powierzchni terenu z wykorzystaniem technik komputerowych.

LITERATURA

- [1] Borecki M., Chudek M.: Mechanika górotworu. Wyd. Śląsk, Katowice 1972.
- [2] Borisow A.A.: Nowyje mietody rasczjota sztangowej krepi. Gosgortechnizdet, 1962.
- [3] Biliński A.: Przejawy ciśnienia górotworu w polach eksploatacji ścianowej w pokładach węgla. ZN Pol. Śl. s. Górnictwo, z. 31, Gliwice 1968.
- [4] Chudek M.: Zachowywanie się skał stropowych nad wyrobiskiem ścianowym w świetle badań modelowych. ZN Pol. Śl. s. Górnictwo z. 30, Gliwice 1968.
- [5] Chudek M., Flisowski A.: Funkcja wpływów całkowalna przy pomocy funkcji elementarnych i związana z nią niecka statyczna i dynamiczna. Prace Komisji Naukowych PAN, z. 13, Katowice 1988.

90

- [6] Chudek M., Iwaszczenko W.: Badania modelowe nad wpływem głębokości na odkształcenia skał i naprężeń w otoczeniu wyrobisk ścianowych. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 109, Gliwice 1981.
- [7] Drzęźla B.: Algorytmy obliczania deformacji górotworu przy dowolnym kształcie parcel eksploatacji. ZN Pol. Śl. s. Górnictwo z. 188. Gliwice 1990.
- [8] Knothe St.: Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej. Wyd. Śląsk, Katowice 1984.
- [9] Kratzsch H.: Mining Subsidence Engineering Springer Verlag Berlin Heidelberg, New York 1982.
- [10] Praca zbiorowa pod red. M. Boreckiego: Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. Wyd. Śląsk, Katowice 1982.
- [11] Whittaker and D.J.. Reddish: Developments in Geotechnice Engineering,
 56. Subsidence; Occurrence, Predintion and Control. Amsterdam Oxford -New York - Tokyo 1989.

Recenzent: Prof. dr hab. inż Zdzisław KŁECZEK

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1992 r.

91