

Tadeusz MAJCHERCZYK  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

## WPLYW EKSPLOATACJI Z REKONSOLIDOWANYM STROPEM NA WIELKOŚĆ DEFORMACJI POWIERZCHNI TERENU

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki pomiarów przemieszczeń pionowych powierzchni terenu w przypadku wielowarstwowej eksploatacji pokładu węgla. Obserwacje wykonane na kilku liniach pomiarowych pozwoliły na weryfikację obliczeń prognostycznych i uwzględnienie dynamiki przesuwanego się frontu ścianowego.

## THE INFLUENCE OF EXPLOITATION WITH ROOF REKONSOLIDATION ON DISPLACEMENTS OF THE SURFACE

**Summary.** The paper presents measurement results of vertical displacements of the surface in the case of multi-layer exploitation of coal seam. Observations carried out on several measurement lines allowed to verify prognostic calculations and take the dynamics of the moving wall-front into consideration.

### 1. Wprowadzenie

Przy prowadzeniu wielowarstwowej eksploatacji na zawał kolejne warstwy pokładu węgla wybierane są z góry w dół pod gruzowiskiem zawałowym. Dla wzmocnienia stropu złożonego z gruzowiska zawałowego można stosować sztuczną jego konsolidację za pomocą między innymi odpadów poflotacyjnych, pyłów dymnicowych i cementu.

Stopień rekonsolidacji gruzowiska zależy od rodzaju skał, które go wytworzyły, wielkości ciśnienia, a więc od głębokości zalegania i kąta nachylenia pokładu, od czasu, jakiemu gruzowisko było poddane obciążeniu skał nadległych oraz wielkości doszczelniania zrobów odpowiednią zawieszoną wiązującą. Dotychczasowe obserwacje i doświadczenia [1], [2], [4] ze stosowania eksploatacji zawałowej z rekonsolidacją gruzowiska zawałowego pozwalają zauważyć jej pozytywne aspekty, tj.:

- likwidacja lub zaprzestanie tworzenia składowisk odpadów pogórnich i pyłów elektrownianych,
- zmniejszenie ściśliwości zawału,
- rekonsolidacja zrobów,
- minimalizacja szkodliwych wpływów towarzyszących eksploatacji podziemnej,
- profilaktyka pożarowa.

Do prawidłowego opisanego zjawiska w górotworze naruszonym eksploatacją zawałową niezbędne są pomiary geodezyjne tak na powierzchni terenu, jak i wewnątrz górotworu.

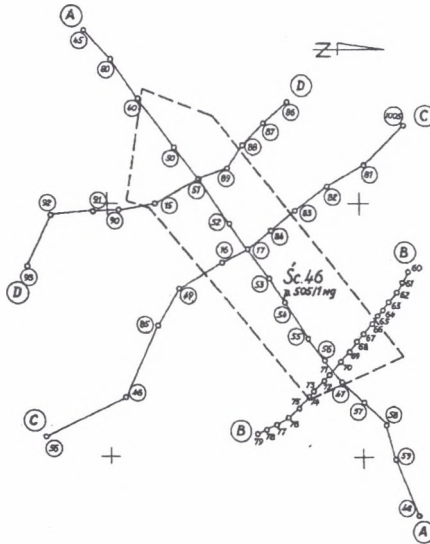
W niniejszym artykule przedstawiono wyniki pomiarów i obliczeń wpływu eksploatacji grubego pokładu węgla na deformacje powierzchni terenu w świetle eksploatacji ściany 46 w pokładzie 505/1 prowadzonej z rekonsolidacją stropu w KWK „Jas-Mos”.

## 2. Wyniki badań

Badania związane z eksploatacją ściany 46 w pokładzie 505/1 prowadzono na czterech ciągach geodezyjnych zlokalizowanych na powierzchni terenu (rys. 1).

Rozmieszczenie linii pomiarowych było następujące: linia A-A wzdłuż wybiegu ściany nad środkiem eksploatacji, linie pomiarowe B-B, C-C, D-D poprzecznie do wybiegu ściany. Zastabilizowanie reperów przed rozpoczęciem eksploatacji pozwoliło prześledzić wpływ przemieszczającego się frontu ścianowego na powierzchnię terenu w kolejnych przekrojach, tj. na liniach pomiarowych B-B, C-C, D-D.

Na wszystkich liniach pomiarowych w miesięcznych odstępach czasowych rejestrowano obniżenia powierzchni terenu. Wykonano siedem cykli obserwacyjnych. Maksymalne wartości obniżenia zastabilizowanych punktów pomiarowych uzyskane na poszczególnych liniach pomiarowych są następujące: linia A-A, punkt nr 54  $w = -666$  mm, linia B-B, punkt nr 68  $w = -591$  mm, linia C-C, punkt nr 84  $w = -533$  mm, linia D-D, punkt nr 51  $w = -317$  mm. Przykładowo na rys. 2 i 3 przedstawiono obniżenie powierzchni terenu w poszczególnych cyklach obserwacyjnych na linii A-A i C-C.



Rys.1. Usytuowanie punktów pomiarowych na powierzchni terenu dla ściany 46 w pokładzie 505/1  
 Fig.1. Location of measurement point on the surface ground for the longwall 46 in the seam 505/1

Procesy deformacji górotworu są procesami czasoprzestrzennymi, a wartości wskaźników tych deformacji zależą od własności górotworu, warunków zalegania złoża, sposobu eksploatacji i jej prędkości, historii wcześniejszej eksploatacji na danym obszarze itp. Prędkość osiadania w danej chwili jest proporcjonalna do różnicy osiadań końcowych i osiadań aktualnych. Prawo to zaproponowane przez S. Knothe'go zostało zmodyfikowane przez K. Trojanowskiego do postaci:

$$\frac{dw(t)}{dt} = c \cdot f(t) [w_k(t) - (w(t))], \quad (2.1)$$

gdzie:

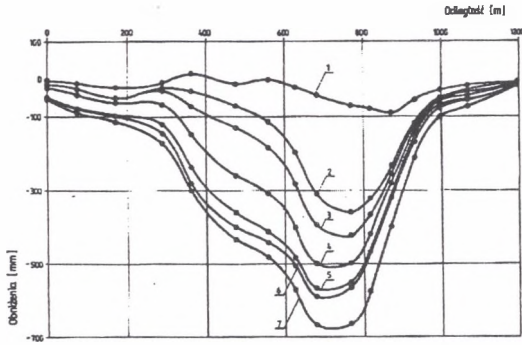
$w(t)$  - osiadanie rzeczywiste w chwili  $t$ ,

$w_k(t)$  - osiadanie końcowe punktu, charakterystyczne dla konturu eksploatacji w chwili  $t$ ,

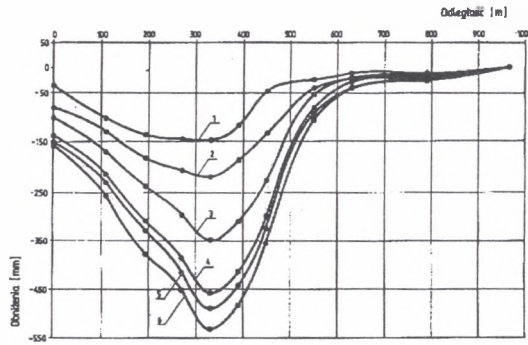
$c$  - współczynnik prędkości osiadania,

$f(t)$  - pewna funkcja określona na drodze empirycznej.

Do opisu obniżenia terenu i towarzyszących im deformacji w funkcji czasu, przy uwzględnieniu dynamiki frontu eksploatacyjnego wystarczająco dokładne są programy obliczeniowe bazujące na równaniach teorii Budryka-Knothe'go, pod warunkiem zastąpienia w nich stałego współczynnika prędkości osiadania czasoprzestrzenną funkcją.

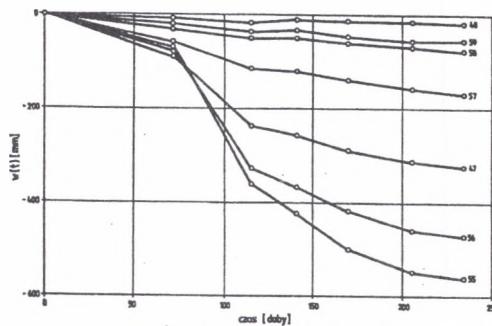


Rys.2. Wyniki obniżenia punktów na linii pomiarowej A-A dla cykli obserwacyjnych 1-7  
 Fig.2. Results of depression points the measurement line A-A for observational cycle 1-7



Rys.3. Wyniki obniżenia punktów na linii pomiarowej C-C dla kolejnych cykli obserwacyjnych  
 Fig.3. Results of depression points the measurement line C-C for following observational cycle

Zarówno postać, jak i wartości parametrów tej funkcji powinny być dobierane na podstawie obserwacji geodezyjnych przemieszczeń pionowych w czasie, punktów zlokalizowanych w centralnej części niecki osiadania. Przebieg osiadań poszczególnych punktów pomiarowych w czasie na linii A-A ilustruje rys. 4.



Rys.4. Osiadanie w czasie dla punktów 48+55 na linii A-A  
 Fig.4. Settlement in time for point 48-55 on the line A-A

Wykorzystując przyjęty program obliczeniowy, sporządzono prognozę deformacji powierzchni terenu wywołanych eksploatacją ściany 46 w okresach czasowych odpowiadających okresom pomiarów geodezyjnych punktów na analizowanych liniach pomiarowych. Uzyskano różnicę pomiędzy wartościami pomiarów a wartościami prognozowanymi. Występujące rozbieżności wyników obliczeń z wynikami obserwacji spowodowane są procesami zachodzącymi w eksploatowanym pokładzie węgla, zaburzającymi warunki brzegowe. Dodatkowo przebieg procesów deformacji górotworu i powierzchni terenu zakłóca stosowana technologia rekonsolidacji stropu. Ilość oraz intensywność wtłaczania odpadów do przestrzeni wybranej są zróżnicowane w czasie. W obszarach, w których wtłaczano więcej odpadów, potencjalne przemieszczenia warstw stropowych są mniejsze, niż w obszarach gdzie wtłoczono mniej odpadów.

W takim przypadku stosowanie klasycznych rozwiązań, polegających na przyjmowaniu jednakowych przemieszczeniowych warunków brzegowych dla całej przestrzeni wybranej, jest niewłaściwe, zwłaszcza gdy chce się uwzględnić zmienne położenie frontu eksploatacyjnego oraz czasu.

Zmienne warunki brzegowe uwzględniono poprzez przyjęcie hipotetycznej wartości współczynnika eksploatacji, tzn. dla przypadku, gdyby eksploatacja ścianą 46 w pokładzie 505/1 odbywała się wyłącznie z zawałem stropu, bez wtłaczania w zroby materiału podsadzkiowego [3].

W tym celu wykorzystano wzór:

$$a_z = \left[ 0,72 \cdot \left( 1 + 0,12 \cdot \frac{H_n}{H} \right) - 2 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{H}{g} \right] \cdot N, \quad (2.2)$$

gdzie:

$a_z$  - hipotetyczna wartość współczynnika eksploatacji dla zawału,

$H_n$  - grubość warstw nadkładowych,

$H$  - średnia głębokość eksploatacji,

$g$  - średnia grubość eksploatowanej warstwy,

$N$  - współczynnik zależny od wielokrotności eksploatacji.

Następnie przyjęto, że wtłaczanie materiału podsadzkiowego w określonym miejscu i czasie powoduje charakterystycznego dla pełnego zawału, zgodnie z zależnością: zmniejszenie końcowej wartości współczynnika eksploatacji,

$$a_i = a_z (1 - \alpha_1), \quad (2.3)$$

gdzie:

$a_i$  - końcowa wartość współczynnika eksploatacji w obszarze wyeksploatowanym w okresie  $\Delta t_i$ , tj. pomiędzy czasem prognozy pokrywającym się z czasem obserwacji a czasem poprzedniej prognozy,

$\alpha_i$  - współczynnik objętości zrobów określony jako:

$$\alpha_i = \frac{V_{pi}}{V_i}, \quad (2.4)$$

gdzie:

$V_{pi}$  - objętość materiału podsadzkowego, wtłoczonego do zrobów w czasie  $\Delta t_i$ ,

$V_i$  - objętość części pokładu wybrana w czasie  $\Delta t_i$ .

Wykorzystując opisaną procedurę, określono końcowe wartości współczynnika eksploatacji dla obszarów, w których eksploatacja prowadzona była pomiędzy kolejnymi cyklami pomiarowymi. Wartości te zestawiono w tablicy 1.

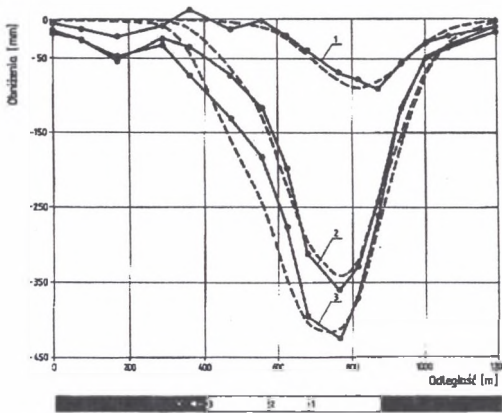
Tablica 1

Zmiana wartości współczynnika eksploatacji w poszczególnych cyklach pomiarowych

Cykl obserwacyjny	Przestrzeń wybrana m <sup>3</sup>	Współczynnik objętości zrobów	Współczynnik eksploatacji
1	25 670	0,018	0,764
2	66 855	0,235	0,595
3	66 855	0,235	0,595
4	45 590	0,293	0,550
5	43 730	0,237	0,593
6	30 020	0,067	0,725
7	6 930	0,000	0,777

Ze względu na stwierdzony obserwacjami fakt niepełnego osiadania warstw stropowych w bezpośrednim sąsiedztwie frontu eksploatacyjnego przyjęto specyficzny sposób uzmiennienia współczynnika eksploatacji. Współczynnik eksploatacji zmienia się w sposób liniowy od zera do wartości  $a_i$  w strefie od linii obudowy do odległości 50 m, natomiast w obszarach wcześniej wyeksploatowanych osiąga swoją wartość końcową zgodnie z podanym schematem. Przyjęcie takiej procedury pozwoliło uzyskać poprzez obliczenia wyniki prognozy zbieżne z wynikami obserwacji. Przykładowo na rys. 5 przedstawiono porównanie wyników prognozy z wynikami obserwacji na linii pomiarowej A - A.





Rys.5. Porównanie wyników prognozy z wynikami pomiarów dla cykli obserwacyjnych 1, 2, 3 na linii A-A  
 Fig.5. Comparison results of prognosis with results of measurements for observational cycle 1,2,3 on the line A-A

Analiza uzyskanych wyników wskazuje, że zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym niecki obserwowane wykazują bardzo duże podobieństwo do prognozowanych niecek teoretycznych. Szczególnie w pierwszych dwóch cyklach obserwacyjnych różnice obniżenia teoretycznych w znikomym stopniu różnią się od wyników pomierzonych. W kolejnych cyklach pomiarowych różnice te są nieco większe, szczególnie w czołowej części niecki, ale znacznie niższe od wykazywanych przy klasycznych sposobach modelowania.

### 3. Wnioski

1. Zastosowanie doszczelniania zrobów zawalowych umożliwia czyste wybieranie grubego pokładu węgla w warunkach jego małej zwięzłości oraz powoduje zmniejszenie skutków eksploatacji odczuwanych na powierzchni.
2. Czynnikiem zakłócającym przebieg procesów deformacji górotworu i powierzchni jest stosowana technologia rekonsolidacji stropu. Ilość i intensywność wtłaczania odpadów są zróżnicowane w czasie.
3. W każdym okresie czasu w strefie bezpośrednio przylegającej do frontu eksploatacyjnego i obudowy zmechanizowanej współczynnik eksploatacji ma wartość zmienną. Wykorzystując opracowaną oryginalną procedurę uwzględniania zmiennych warunków brzegowych, uzyskano duże podobieństwo prognozowanych niecek teoretycznych z nieckami rzeczywistymi.

## LITERATURA

1. Drzęzła B.: Rola podsadzki w ograniczeniu deformacji górotworu i sejsmiczności indukowanej. Materiały Szkoły Technologii Podsadzki Hydraulicznej, 1993.
2. Majcherczyk T., Tajduś A.: Ocena stateczności rekonsolidowanego stropu przy zastosowaniu systemu eksploatacji wielowarstwowej zawałowej w pokładzie 505/1 partia Z-1, Z-2 R.G. „Jastrzębie” KGGiG, Kraków 1997 (materiały niepublikowane).
3. Pytlik P.: Geomechaniczne problemy zawałowej eksploatacji wielowarstwowej z rekonsolidowanym stropem. Praca doktorska, Kraków 1997.
4. Zych J. i in.: Wpływ doszczelniania zrobów zawałowych na wielkość deformacji powierzchni terenu. Materiały na II Krajowy Zjazd Geodetów, 1993.

Praca została wykonana w ramach badań statutowych nr umowy w AGH 11.11.100.17/TM.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Danuta Krzysztoń

**Abstract**

While carrying out multi-layer exploitation with the fall, in order to reinforce the roof of the following layer, filling the empty space in the fall rubble heap with binding waste materials is used. In this manner the bearing surface is created, under which one can safely extract the bottom layer without leaving inter-layer coal shelves. The degree of rubble heap reconsolidation depends upon the kind of rocks, the amount and time of pressure of the overlying rocks, the angle of the seam inclination and the extent of sealing the gobbs with the suitable binding suspension. Geodetic observations carried out on the four observation lines located on the surface above the exploitation carried out with the reconsolidated roof enabled to compare the prognostic and the measured surface displacement. The real hutches show a considerable similarity to the prognostic hutches, with the assumption that forcing the filling materials into a particular place and in a particular time causes the decrease of the value of coefficient of exploitation characteristic for the complete fall.