

Alicja PODGÓRSKA - STEFANIK

KSZTAŁTOWANIE SIĘ WSPÓLCZYNNIKA PRĘDKOŚCI OSIADANIA NA PRZYKŁADZIE WYNIKÓW POMIARÓW NIWELACYJNYCH Z KWK „DĘBIENSKO”

Streszczenie. W pracy wykorzystano wyniki pomiarów niwelacyjnych dla linii pomiarowej z KWK „Dębieńsko”, w oparciu o które dla przyjętego modelu kinematyki niecki osiadania wyznaczono jego parametry. Przyjęto powszechnie stosowany model St. Knothe’go z zastosowaniem obrzeża od strony rozpoczęcia eksploatacji.

TRENDS OF THE VELOCITY COEFFICIENT OF SUBSIDENCE BASED ON THE RESULTS OF LEVELLING MEASUREMENTS CARRIED OUT IN THE COLLIERY „DĘBIENSKO”

Summary. The paper is based on the results of levelling measurements concerning a grade line in the colliery „Dębieńsko”. Making use of these results the parameters of the kinematic model of the basin of subsidence could be determined. St. Knothe’s generally applied model, taking into account the periphery on the side at which working has been started, has been adopted.

1. Wstęp

Złożone warunki górniczo-geologiczne powodują, że podczas prowadzenia eksploatacji górniczej osiadanie powierzchni terenu w dużej mierze zależy od grubości wybieranego złoża, głębokości eksploatacji, rodzaju warstw i ich sztywności, prędkości eksploatacji i nakładania się pól odkształceń od oddziaływania wyrobisk górniczych, a głównie od kształtu i wielkości wybranego pokładu. Do opisu przebiegu niecek osiadania stosowano przeważnie teorie statystyczno-całkowe, do których można zaliczyć teorię St. Knothe’go, T. Kochmańskiego, W. Budryka, St. Szpetkowskiego i innych. Trudności związane z oblicza-

niem wpływów eksploatacji na powierzchnię spowodowały konieczność opracowania metod numerycznych. W tym zakresie bardzo duże osiągnięcia posiada B. Drzęzła [2] oraz J. Białek [1].

Pierwotnie do obliczeń przyjmowano krzywą wpływów zbliżoną do krzywej Gaussa oraz symetryczny kształt niecki osiadania. Przeprowadzone pomiary niwelacyjne wykazały, że w rzeczywistości punkt przegięcia niecki osiadania znajduje się nad zrobami, co spowodowało konieczność stosowania tzw. obrzeża, a w dalszych udoskonalonych metodach stosowanie nowych funkcji, jak np. opracowana przez J. Zycha [5], lub zastosowanie sumowania 2 lub 3 niecek zastępczych o przesuniętych krawędziach eksploatacji, których sumaryczny przebieg odzwierciedla rzeczywisty kształt niecki osiadania stwierdzonej pomiarami niwelacyjnymi [1].

Sposób wyznaczania współczynnika prędkości osiadania rozpatrywał również P. Strzałkowski, który opracował program do wyznaczania współczynnika prędkości osiadania, a wynik analizy niecek dynamicznych opublikował w pracach [4], [5].

Współczynnik prędkości osiadania wyznaczany był głównie przy wykorzystaniu funkcji stosowanej przez St. Knothego w postaci:

$$\frac{dw}{dt} = c \cdot (w_k - w)$$

gdzie:

t - czas,

w = w(t) - obniżenie danego punktu w chwili t,

w_k - obniżenie końcowe danego punktu po czasie dostatecznie długim,

c - współczynnik prędkości osiadania.

Analizując przebiegi dynamicznych niecek osiadania można stwierdzić różnice przebiegu nad calizną i wybraną przestrzenią nie tylko dla tzw. niecek statycznych, ale również dla niecek dynamicznych. Celowe jest więc przeanalizowanie, jakie występują różnice współczynnika prędkości osiadania c dla strefy niecki nad calizną oraz nad wybraną przestrzenią.

Do analizy wykorzystano stwierdzone pomiarami niwelacyjnymi przebieg niecki osiadania wynikającej z eksploatacji pokładu 326/5 prowadzonej na zawał na głębokości 135÷190 m. Celem ustalenia, jaki wpływ na wyznaczony współczynnik prędkości osiadania ma jego obliczenie dla całej niecki osiadania i dla niecki podzielonej na dwie części, tj. od

strony rozpoczęcia eksploatacji do maksymalnego obniżenia oraz od maksymalnego obniżenia w kierunku postępującej eksploatacji, obliczono jego wartość dla obu przypadków. Wielkość tego współczynnika wyznaczono bez uwzględniania tzw. obrzeża i z uwzględnieniem obrzeża od strony rozpoczęcia eksploatacji.

2. Opis warunków górniczo-geologicznych oraz linii pomiarowej B-L z KWK „Dębieńsko”


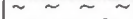

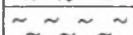





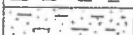



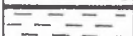
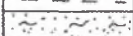
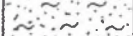
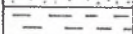
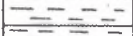
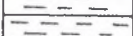
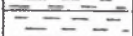
Górotwór w rejonie rozpatrywanej linii obserwacyjnej wykształcony jest w postaci warstw czwartorzędowych i karbonu produktywnego. Warstwy czwartorzędu o średniej grubości 55 m zbudowane są z piasku (warstwy do 15 m grubości) oraz glin i iłłów (warstwy do 6 m grubości). Karbon reprezentują warstwy orzeskie zbudowane z naprzemianległych warstw łupków ilastych szarych i piaskowców drobnoziarnistych.

W rozpatrywanym rejonie eksploatowano pokład 326/5 o grubości $1,28 \div 1,6$ m zalegający na głębokości $135 \div 190$ m. Eksploatację prowadzono w okresie od sierpnia 1974 r. do maja 1975 r. jedną ścianą z zawalem stropu. Postęp wynosił $1,1 \div 4$ m/dobę.

Profil litologiczny zamieszczono na rys.1.

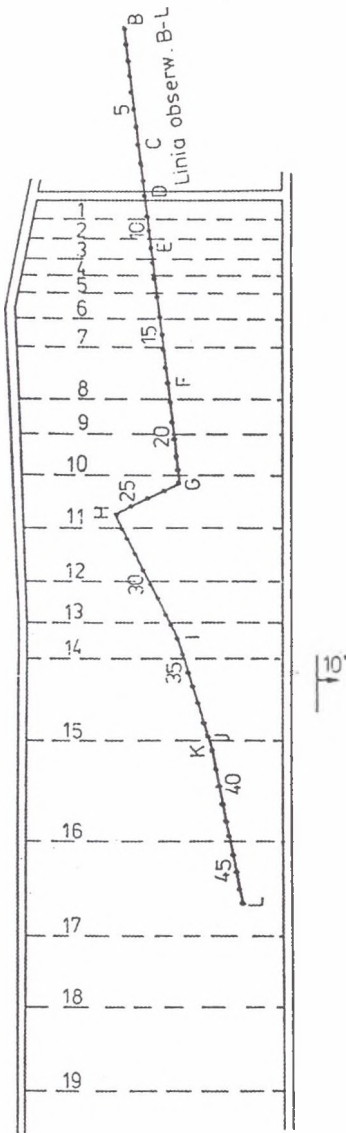
Linia pomiarowa B-L została założona równolegle do rozciągłości pokładu, prostopadle do frontu nad środkiem pola. Linia składała się z 58 punktów obserwacyjnych rozmieszczonych co 15 m. Pomiary wysokości wykonano metodą niwelacji technicznej, a pomiary długości wykonano taśmą stalową w jednym kierunku czterokrotnie na różnych podziałkach taśmy. Pomiary były wykonywane średnio co 10 dni.

Wycinek planu pokładu i rozmieszczenie punktów wzdłuż linii pomiarowej B-L zamieszczono na rys.2.

| Strat. | Profil litologiczny | Głębokość spągu warstwy [m] | Grubość w-wy [m] | Opis warstwy |
|------------------|---|-----------------------------|------------------|------------------------|
| Czwartorzęd |  | 0.3 | 0.3 | gleba szara |
| |  | 3.0 | 2.7 | piasek drobnoziarnisty |
| |  | 22.0 | 19.0 | glina żółta |
| |  | | | |
| |  | | | |
| |  | | | |
| |  | | | |
| |  | 50.0 | | |
| |  | 68.0 | 8.0 | iłowiec szary |
| |  | 78.2 | 10.2 | piaskowiec |
| Warstwy orzeskie |  | | 1.8 | węgiel |
| |  | | 18.5 | iłowiec |
| |  | 98.5 | 1.3 | węgiel |
| |  | 107.1 | 7.3 | iłowiec |
| |  | 122.2 | 15.1 | piaskowiec |
| |  | 133.2 | 11.0 | iłowiec z piaskowcem |
| |  | 139.2 | 6.0 | iłowiec |
| |  | 145.3 | 6.1 | iłowiec szary |
| |  | 156.4 | 11.1 | iłowiec z piaskowcem |
| |  | 164.9 | 1.4 | węgiel |

Rys. 1. Profil litologiczny górotworu z rejonu z KWK „Dębienio”

Fig. 1. Lithological profile of the orogen in the region of the colliery „Dębienio”



Rys.2. Mapa wyrobisk górniczych - pokład 326/5
 Fig.2. Map of mining excavations - seam 326/5

3. Wyznaczenie współczynnika prędkości osiadania na podstawie pomiarów niwelacyjnych

Do rozważań wzięto przykładowo niektóre przebiegi dynamicznych niecek osiadania udokumentowane pomiarami KWK „Dębieńsko” dla linii pomiarowej B-L poddanej wpływom wybierania pokładu 325/6. Przebiegi pomierzonych niecek osiadania przedstawiono na rys. 3. W rozpatrywanym przykładzie promień zasięgu wpływów głównych na wychodni karbonu wynosi 62 m, natomiast na powierzchni terenu $r = 89.6$ m. Współczynnik kierowania stropem dla eksploatacji z zawalem $a = 0.76$.

Zbiornicze zestawienie pomierzonych osiadań punktów pomiarowych zostało zamieszczone w tablicy 1.

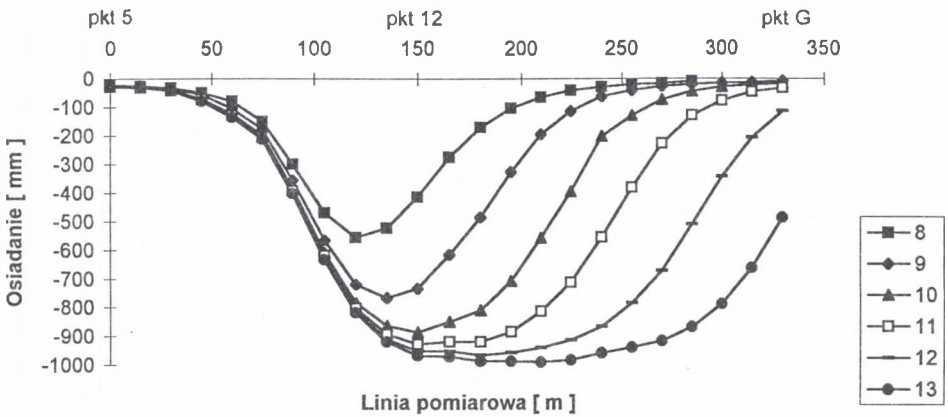
W sytuacji gdzie dopasowanie obliczonej niecki dynamicznej odbiegało od stanu faktycznego, współczynniki prędkości osiadania obliczono oddzielnie dla części niecki od strony calizny oraz od strony prowadzonej eksploatacji. Nie uzyskano tu również dobrych wyników, a współczynnik prędkości osiadania po obu stronach niecki znacznie się różnił. W takiej sytuacji wyznaczono ponownie współczynniki prędkości osiadania przyjmując obrzeże równe 15 m od strony prowadzonej eksploatacji. Przedstawione obliczenia dla tak wyznaczonych współczynników dały dość dobrą zbieżność wyników, co pozwala sądzić, że taki sposób postępowania jest właściwy. Na rys. 4-9 przedstawiono zbiorcze zestawienie osiadań dla poszczególnych cykli pomiarowych oraz na rys. 10, 11 przebieg zmian współczynnika prędkości osiadania w cyklach pomiarowych 8-13.

Tablica 1

| Punkt | Odległość | Cykl 8 | Cykl 9 | Cykl 10 | Cykl 11 | Cykl 12 | Cykl 13 |
|-------|-----------|----------|---------|----------|----------|---------|----------|
| | | 20.10.74 | 1.11.74 | 10.11.74 | 20.11.74 | 1.12.74 | 10.12.74 |
| 5 | 0 | -23 | -25 | -28 | -30 | -28 | -28 |
| 6 | 15 | -28 | -26 | -29 | -33 | -30 | -32 |
| C | 30 | -33 | -35 | -41 | -43 | -43 | -43 |
| 7 | 45 | -50 | -57 | -72 | -72 | -75 | -79 |
| 8 | 60 | -80 | -106 | -124 | -129 | -132 | -136 |
| D | 75 | -150 | -178 | -199 | -207 | -212 | -213 |
| 9 | 90 | -300 | -355 | -384 | -392 | -400 | -402 |
| 10 | 105 | -468 | -565 | -609 | -620 | -629 | -633 |
| E | 120 | -555 | -719 | -783 | -803 | -816 | -819 |
| 11 | 135 | -523 | -767 | -863 | -892 | -910 | -919 |
| 12 | 150 | -413 | -734 | -886 | -928 | -952 | -967 |
| 13 | 165 | -275 | -616 | -849 | -919 | -951 | -971 |
| 14 | 180 | -171 | -484 | -809 | -919 | -966 | -987 |
| 15 | 195 | -103 | -325 | -707 | -884 | -957 | -987 |
| 16 | 210 | -65 | -195 | -557 | -814 | -939 | -989 |

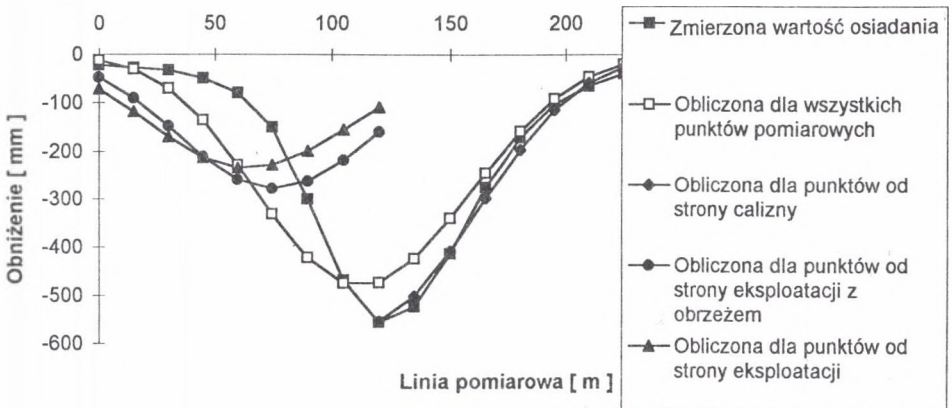
cd. tablicy I

| | | | | | | | |
|----|-----|-----|------|------|------|------|------|
| 17 | 225 | -41 | -114 | -394 | -712 | -913 | -983 |
| F | 240 | -30 | -62 | -203 | -556 | -867 | -959 |
| 18 | 255 | -21 | -42 | -129 | -380 | -786 | -940 |
| 19 | 270 | -18 | -28 | -74 | -228 | -673 | -917 |
| 20 | 285 | -11 | -20 | -45 | -130 | -511 | -869 |
| 21 | 300 | | -16 | -30 | -77 | -343 | -789 |
| 22 | 315 | | -13 | -23 | -47 | -208 | -662 |
| G | 330 | | -9 | -17 | -33 | -114 | -486 |



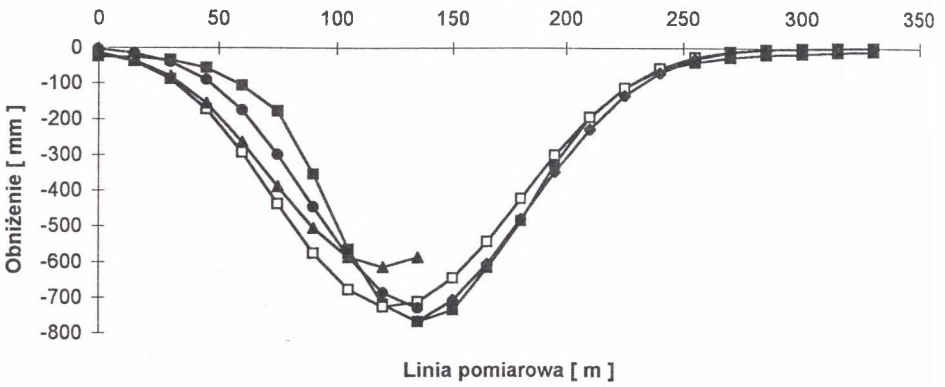
Rys. 3. Przebieg osiadań dla cykli pomiarowych 8 -13

Fig. 3. The progress of subsidence within the cycles of measurements 8 -13

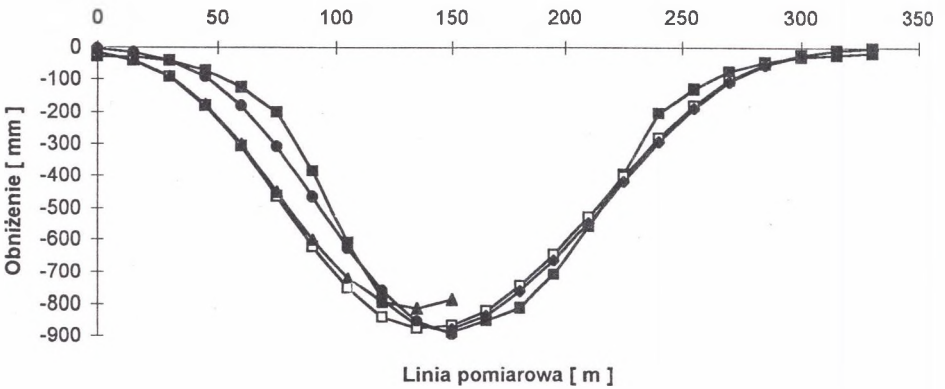


Rys. 4. Przebiegi rzeczywistej i obliczonej niecki - cykl 8

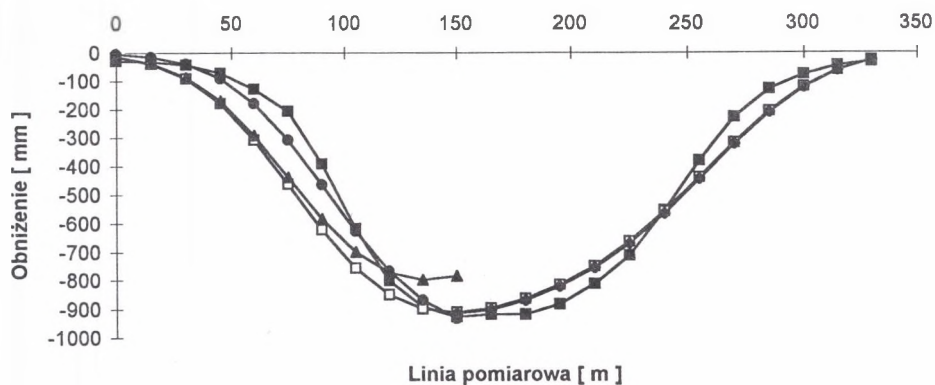
Fig. 4. The progress of an actual and calculated coal basin - cycle 8



Rys.5. Przebiegi rzeczywistej i obliczonej niecki - cykl 9
 Fig.5. The progress of an actual and calculated coal basin - cycle 9

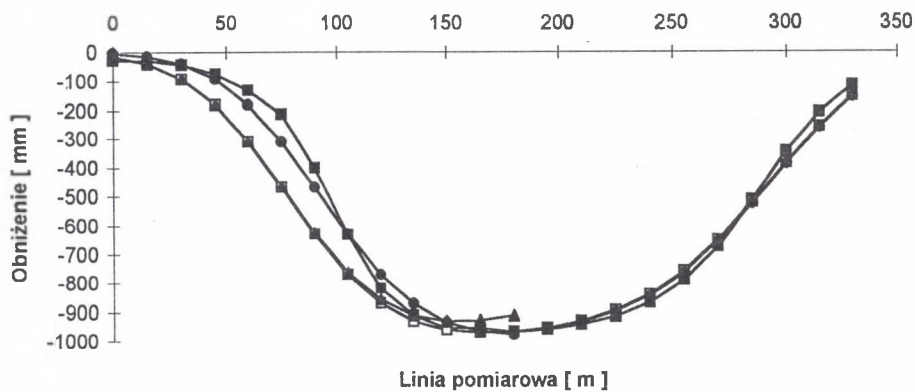


Rys.6. Przebiegi rzeczywistej i obliczonej niecki - cykl 10
 Fig.6. The progress of an actual and calculated coal basin - cycle 10



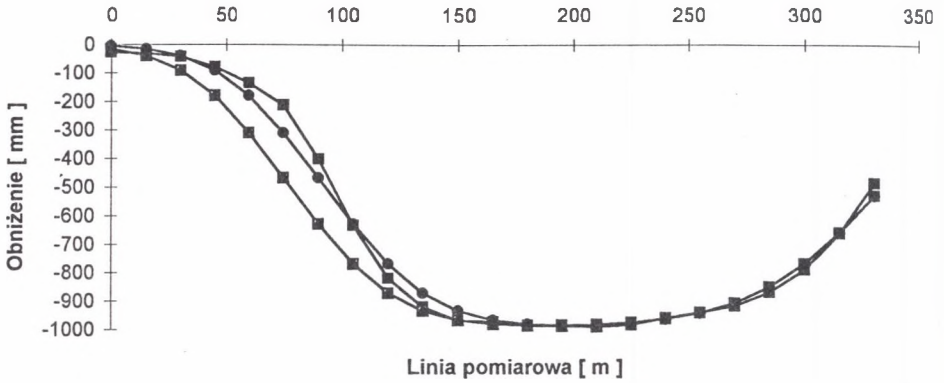
Rys.7. Przebiegi rzeczywistej i obliczonej niecki - cykl 11

Fig.7. The progress of an actual and calculated coal basin - cycle 11

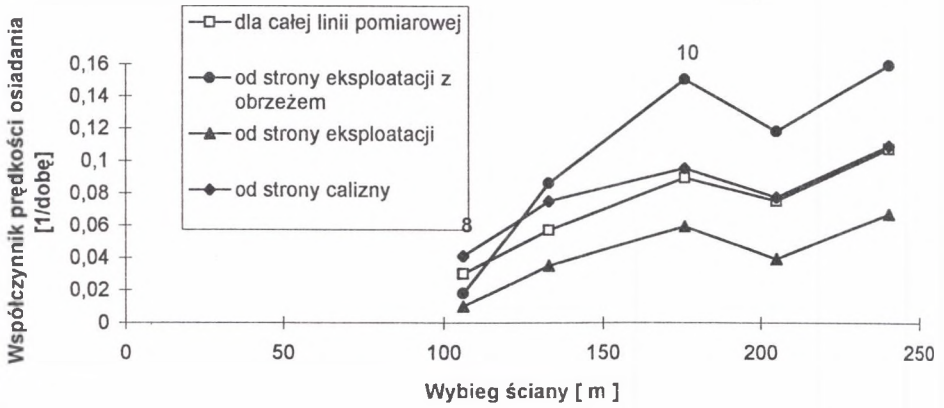


Rys.8. Przebiegi rzeczywistej i obliczonej niecki - cykl 12

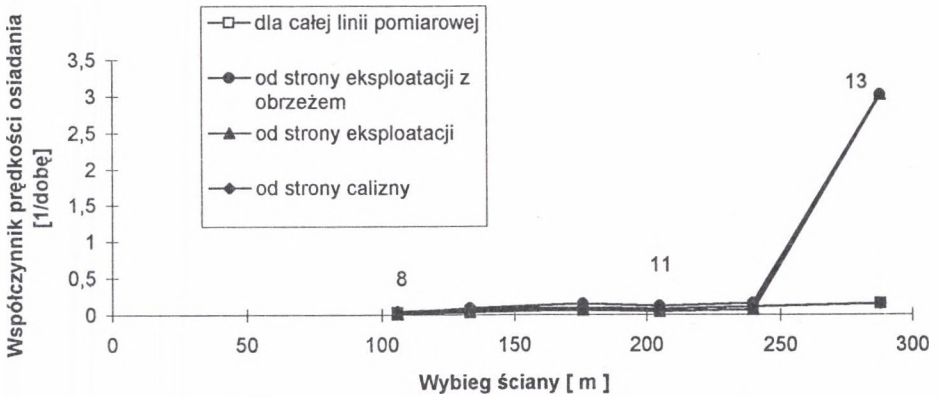
Fig.8. The progress of an actual and calculated coal basin - cycle 12



Rys.9. Przebiegi rzeczywistej i obliczonej niecki - cykl 13
 Fig.9. The progress of an actual and calculated coal basin - cycle 13



Rys.10. Przebieg zmian współczynnika prędkości osiadania w cyklach pomiarowych 8-12
 Fig.10. The progress of changes of the velocity coefficient of subsidence within the cycles of measurements 8-12



Rys.11. Przebieg zmian współczynnika prędkości osiadania w cyklach pomiarowych 8-13

Fig.11. The progress of changes of the velocity coefficient of subsidence within the cycles of measurements 8-13

3. Analiza wyników obliczeń współczynnika prędkości osiadania

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że przy wyznaczaniu współczynnika prędkości osiadania należy wziąć pod uwagę obrzeże od strony rozpoczęcia eksploatacji i zbiory punktów pomiarowych pomiędzy początkiem linii pomiarowej a maksymalnym obniżeniem niecki oraz pomiędzy maksymalnym obniżeniem a końcem linii pomiarowej. Przy tym sposobie wyznaczania uzyskuje się dobre dopasowanie niecki obliczonej do wyznaczonej pomiarami, co przedstawiono na rys. 4-9. Wyznaczony współczynnik prędkości osiadania dla części punktów pomiarowych od strony prowadzonej eksploatacji bez uwzględnienia obrzeża daje stosunkowo duże błędy między wielkościami obliczonymi a pomierzonymi.

W początkowym okresie występuje znaczne opóźnienie wpływów, współczynnik prędkości osiadania w miarę rozwoju eksploatacji ulega zwiększeniu, a jego wzrost zależy w dużej mierze od ciągłości postępu eksploatacji. W przypadku zatrzymania eksploatacji, a następnie jej rozpoczęcia może wystąpić sytuacja, w której znacznemu wzrostowi odkształceń towarzyszy wzrost prędkości osiadania, a tym samym ulega zwiększeniu współczynnik prędkości osiadania.

Z przebiegu zmian współczynnika prędkości osiadania od wybiegu wynika, że w początkowym okresie rozruchu ściany współczynnik ten jest bardzo mały i można go pominąć. Podczas rozruchu ściany tworzy się naturalne wędrujące sklepienie ciśnień i po przekroczeniu określonego wybiegu powstaje widoczny wzrost zaciskania wyrobiska, co wiąże się z przyrostem osiadań warstw stropowych. Konieczny wybieg ściany wg A. Bilińskiego [9] do chwili powstania pierwszego wysokiego zawału stropu można obliczyć z zależności:

$$D_0 = 4,47 \cdot L^{0,4}$$

gdzie:

D_0 - wybieg ściany, po przekroczeniu którego samoczynnie nastąpi pierwszy wysoki zawał stropu,

L - liczba wskaźnikowa stateczności stropu [9]

$$L = 0,33 \cdot R_c^{1,7} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

R_c - doraźna wytrzymałość kostkowa na ściskanie skał stropu [MN/m²],

k_1 - współczynnik efektywnego wykorzystania wytrzymałości skał w caliznie; dla piaskowca $k_1=0,33$, dla mułkowca $k_1=0,42$, dla iłowca $k_1=0,50$,

k_2 - współczynnik reologicznych własności skał; dla piaskowca $k_2=0,7$, dla mułkowca, iłowca $k_2=0,6$,

k_3 - współczynnik zmiany wytrzymałości wynikający z różnicy zawilgocenia skał w maszywie i badanych próbek w odniesieniu do skał suchych.

Wykorzystując podane zależności obliczono wybieg ściany $D_0 = 20$ m. Uwzględniając powyższe dokonano aproksymacji zmian współczynnika prędkości osiadania funkcją:

$$c = a \cdot (D - D_0)^2 - b \cdot (D - D_0)$$

Wyznaczone współczynniki a , b zestawiono w tablicy 2.

Z oceny przebiegu zmian współczynnika prędkości osiadania od wybiegu, średniej prędkości eksploatacji, promienia zasięgu wpływów głównych r wynika, że zależności te można opisać następującą funkcją:

$$c = \frac{\xi \cdot v}{r} \cdot \left(\frac{D - D_0}{r} \right)^2 - \frac{\eta \cdot v}{r} \cdot \frac{D - D_0}{r}$$

gdzie:

v - średnia prędkość eksploatacji, $v=3,94$ m/dobę,

r - promień zasięgu wpływów głównych, $r=89,6$ m

$$r = \frac{H}{tg\beta}$$

H - głębokość eksploatowanego pokładu, H=163 m,

β - kąt zasięgu wpływów głównych, $\beta=61,2^\circ$.

Współczynniki η , ξ wyznaczone na drodze aproksymacji zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

| Obliczenia prowadzone dla: | a | b | η | ξ |
|--|------------|-------------|-----------|----------|
| całej linii pomiarowej | 0,00000102 | -0,00026057 | 0,531752 | 0,58397 |
| części linii od strony rozpoczęcia eksploatacji do maksymalnego obniżenia z uwzględnieniem obrzeża | 0,00000450 | 0,00017855 | -0,364468 | 0,69533 |
| części linii od strony rozpoczęcia eksploatacji do maksymalnego obniżenia bez obrzeża | 0,00000184 | 0,00004239 | -0,08668 | -0,08030 |
| części linii od maksymalnego obniżenia do końca linii pomiarowej | 0,00000058 | -0,00042686 | 0,912013 | 0,99113 |

LITERATURA

1. Białek J.: Opis niestabilnej fazy obniżenia terenu górniczego z uwzględnieniem wpływów końcowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo z. 194, Gliwice 1991.
2. Drzęzła B.: Niektóre poglądy w zakresie kinematyki niecki osiadania i nowy model geometryczny. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej '93, Ustroń 1993.
3. Podgórska-Stefanik A.: Identyfikacja parametrów nowego geometrycznego modelu kinematyki niecki osiadania. Praca własna. Gliwice 1995.
4. Strzałkowski P.: Teoria S.Knothe'go w świetle wyników pomiarów osiadań niestabilnych. Materiały konferencyjne „Zastosowanie metod matematycznych w nauce i technice”. PAN, Kraków 1995.
5. Strzałkowski P.: Program komputerowy KTC do obliczania współczynnika prędkości osiadania. Gliwice 1994. Nie publikowana.
6. Szpetkowski St.: Prognozowanie wpływów eksploatacji złóż pokładowych na górotwór i powierzchnię terenu. Katowice 1995.

7. Zych J.: Metoda prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu uwzględniająca asymetryczny przebieg procesu deformacji. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo z. 164, Gliwice 1987.
8. Praca zbiorowa.: Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi. Katowice 1980.
9. Praca zbiorowa.: Poradnik górniczy. T.2. Wyd. „Śląsk”, Katowice 1975.

Recenzent: Prof. dr hab.inż. Alfred Biliński

Wpłynęło do Redakcji 7.10.1996 r.

Abstract

While forecasting the dynamic deformation index we must determine the velocity coefficient of subsidence concerning some given geological conditions. The present paper deals with an analysis of the trends in the formation of this coefficient, basing on the example of the grade line B-L in the colliery „Dębieńsko”, comprising 13 cycles of measurements. The progress of changes of the velocity coefficient of subsidence within the cycles 8-13 presented in the diagram 11 indicates that it depends to a large extent on the rate of mining and its continuity, as well as on the area of the exploited mine field of the given seam. In the case of interruptions in the process of mining, the renewed exploitation causes a considerable increase of the rate of subsidence. This is connected with the creeping of the orogen, when the increase of deformations is accompanied by an increase of stresses and by a reduction of the time of creeping of the orogen towards some chosen space. This indicates that in the description the values of the velocity coefficient of subsidence determined for definite areas of exploited coal fields as well as the continuity of exploitation.