

Jan ZYCH

Piotr STRZAŁOWSKI

Roman ŚCIGAŁA

Instytut Geomechaniki,

Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni

Politechnika Śląska, Gliwice

PRAKTYCZNE MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA METODY J.ZYCHA PROGNOZOWANIA WPLYWÓW EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ NA POWIERZCHNIĘ TERENU

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodę prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu opracowaną przez J. Zycha. Opisano także program komputerowy służący do wyznaczania parametrów metody napisany przez P. Strzałkowskiego i wzory empiryczne pozwalające na obliczanie wartości parametrów. Praca zawiera ponadto opis programów do prognozowania wpływów wg wzorów metody i do graficznej interpretacji wyników obliczeń.

PRACTICAL POSSIBILITIES OF USING J. ZYCH'S METHOD OF PREDICTING MINING EXPLOITATION INFLUENCES ON THE GROUND SURFACE

Summary. The method of predicting mining exploitation influences on the ground surface given by J. Zych and the computer program written by P. Strzałkowski for determining the parameters of this method, as well as graphic programs and empirical formulae for calculating values of parameters have been presented in the paper. Additionally, a computer program for calculating mining influences according to the Zych's method has been presented.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ЯНА ЗИХА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГОРНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ ТЕРРИТОРИИ

Резюме. В работе представлен разработанный Я. Зыхом метод прогнозирования влияния горной эксплуатации на поверхность местности. Описана также компьютерная программа для определения параметров метода, разработанная П. Стржалковским. И эмпирические формулы, служащие позволяющие рассчитать параметры. В работе дается также описание программы прогнозирования влияния горной эксплуатации по этому методу графической интерпретации результатов расчетов.

1. WPROWADZENIE

Pomimo trudnego położenia ekonomicznego polskiego górnictwa węglowego zagadnienia związane z ochroną obiektów na powierzchni terenu przed wpływem eksploatacji złóż wydają się nadal aktualne. Szczególnie istotne jest dokładne prognozowanie skutków robót górniczych. Do tego celu najczęściej stosowane są w Polsce teorie geometryczno-całkowe: T. Kochmańskiego [5] i W.

o [4]. Wymienione teorie, aczkolwiek ogromnie przydatne dla praktyki, charakteryzują się pewną określoną dokładnością, której nie można przekroczyć [8,10]. Z tego też powodu podejmowano prace zmierzające do podniesienia jakości prognoz [2,3,10,11,12]. Rozwiązaniem, które usuwa te systematyczne rozbieżności obliczeń teoretycznych w stosunku do wyników pomiarów geodezyjnych, jest metoda opracowana przez J. Zycha [8]. Praktyczne stosowanie tej metody (podobnie jak i innych teorii geometryczno-całkowych) uwarunkowane jest spełnieniem następujących wymogów:

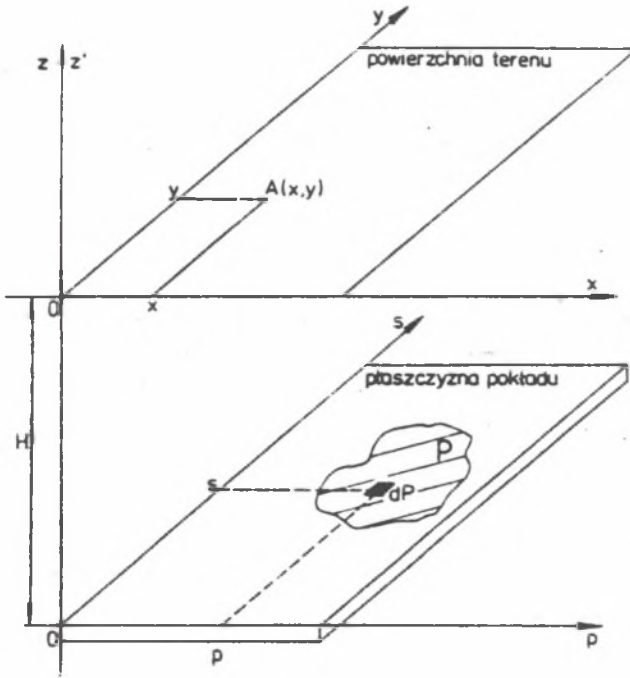
- należy mieć dokładne rozeznanie co do wartości parametrów przyjmowanych do prognozy,
- konieczne jest dysponowanie odpowiednim oprogramowaniem komputerowym dla celów wykonywania obliczeń.

Niniejszy artykuł stanowi pewnego rodzaju podsumowanie prac prowadzonych pod kierunkiem J. Zycha w ramach Problemu Resortowego pt.: "Wybrane problemy eksploatacji złóż na dużych głębokościach" oraz prac własnych autorów. Wyniki tych prac pozwoliły na osiągnięcie celu, którym było umożliwienie praktycznego stosowania metody.

2. ZAŁOŻENIA OGÓLNE METODY UWZGLĘDNIAJĄCEJ ASYMETRYCZNY PRZEBIEG PROCESU DEFORMACJI

Przyjmijmy układ współrzędnych prostokątnych (p,s,z) , którego osie p,s znajdują się w stropie poziomo zalegającego pokładu, a oś z jest skierowana pionowo ku górze (rys.1). Drugi układ współrzędnych (x,y,z') związany jest z punktami na powierzchni terenu. Oś z' tego układu pokrywa się z osią z , a osie x,y są odpowiednio równoległe do osi p,s pierwszego układu i leżą w płaszczyźnie powierzchni terenu. W rozpatrywanym przypadku $z = H = const.$

Stan przemieszczeń punktu A (x,y) położonego na powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji o powierzchni P możemy opisać za pomocą wzorów



Rys.1 Schemat do obliczania deformacji dla eksploatacji o dowolnym kształcie
 Fig.1 Exploitation scheme of any shape in orthogonal coordinate system

$$w(x,y) = - ag F(f(p,s,x,y)) \quad (1)$$

$$u(x,y) = B_0 ag \frac{\sigma Q(q(p,s,x,y))}{\sigma_x} \quad (2)$$

$$v(x,y) = B_0 ag \frac{\sigma Q(q(p,s,x,y))}{\sigma_y} \quad (3)$$

gdzie:

- u, v, w - przemieszczenia punktów odpowiednio w kierunku osi x, y, z,
- a - współczynnik osiadania,
- g - grubość pokładu,
- F(f(p, s, x, y)) - nieliniowa funkcja osiadania wyrażona wzorem:

$$F(f(p, \dots)) = f(x, \dots) - A_1 \left\{ \left[\frac{\sigma f(p, \dots)}{\sigma x} \right]^2 + \left[\frac{\sigma f(p, \dots)}{\sigma y} \right]^2 \right\} . \quad (4)$$

Q (q(p, s, x, y)) - nieliniowa funkcja przemieszczeń poziomych wyrażona wzorem:

$$Q (q(p, \dots)) = q(p, \dots) - A_2 \left\{ \left[\frac{\sigma q(p, \dots)}{\sigma x} \right]^2 + \left[\frac{\sigma q(p, \dots)}{\sigma y} \right]^2 \right\} \quad (5)$$

f(p, ...) - funkcja podstawowa osiadań,

q(p, ...) - funkcja podstawowa przemieszczeń poziomych,

B₀ - współczynnik proporcjonalności,

A₁, A₂ - współczynniki ujmujące stopień asymetrii wpływów.

Wprowadzenie we wzorach (2) i (3) nowej funkcji Q(q(p, ...)) w miejsce przyjmowanej dotychczas funkcji przemieszczeń pionowych E(f(p, ...)) wynika z przeprowadzonych badań autora [8]. Badania te także innych autorów [2,3] potwierdzają, że nie jest spełniony w praktyce związek przyjęty przez S.G. Awierszyna o proporcjonalności przemieszczeń poziomych do pochodnej z przemieszczeń pionowych. W związku z tym nie da się z wystarczającą dla praktyki dokładnością opisać przemieszczeń poziomych za pomocą funkcji przemieszczeń pionowych.

Funkcje f(p, ...) i q(p, ...) we wzorach (4) i (5) oznaczają całkę podwójną z funkcji wpływów dowolnej teorii geometryczno-całkowej przy odpowiednich parametrach, rozciągniętą na obszar P wybranego pokładu. Do szczegółowych rozważań przyjęto funkcję osiadania teorii S. Knothe'go przy założeniu odpowiednich parametrów.

$$f(p, \dots) = \frac{1}{r_w^2} \iint_P \exp \left[-\pi \frac{(p-x)^2 + (s-y)^2}{r_w^2} \right] dp ds , \quad (6)$$

$$q(p, \dots) = \frac{1}{r_u^2} \iint_P \exp \left[-\pi \frac{(p-x)^2 + (s-y)^2}{r_u^2} \right] dp ds , \quad (7)$$

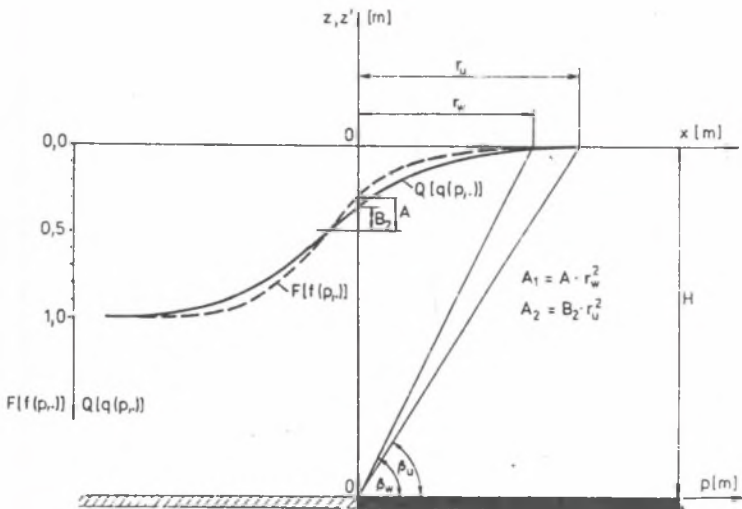
gdzie:

r_w, r_u - parametry rozproszenia wpływów głównych dla ruchów pionowych i poziomych.

Wykresy funkcji F(f(p, ...)) i Q(q(p, ...)) przy przyjęciu za funkcje podstawowe przemieszczeń funkcji określonych wzorami (6) i (7) przedstawiono na rys.2.

Na podstawie wzorów (1) do (5) wykorzystując wzory (6) i (7) oraz korzystając z odpowiednich wzorów transformacyjnych zostały wyprowadzone

wzory na wskaźniki deformacji w dowolnym kierunku pod wpływem eksploatacji o dowolnym kształcie [6,10].



Rys.2 Wykresy nieliniowych funkcji przemieszczeń pionowych $F(f(x))$ i poziomych $Q(q(x))$ r_w - parametr rozproszenia wpływów głównych dla ruchów pionowych r_u parametr rozproszenia wpływów głównych dla ruchów poziomych

Fig.2 Diagrams of non-linear vertical and horizontal displacement functions $F(f(x))$ and $Q(q(x))$ r_w - diffusion parameter of main influences for vertical movements r_u - diffusion parameter of main influences for horizontal movements

3. OKREŚLENIE PARAMETRÓW METODY

Wartości parametrów teorii geometryczno-całkowych przyjmowane do prognozy należy wyznaczyć na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych prowadzonych w rejonie objętym prognozą lub w rejonie o podobnej budowie geologicznej.

Gdy skorzystanie z wyników pomiarów nie jest możliwe, wartości parametrów oblicza się ze wzorów empirycznych. Podobnie rzecz ma się przy korzystaniu z metody opracowanej przez J. Zycha. Sposób określania parametrów metody w przypadku eksploatacji frontem w kształcie tzw. "nieskończonej półpłaszczyzny" podał autor w pracy [8]. W przypadku eksploatacji pola o kształcie

prostokątnym parametry metody wyznaczyć można korzystając z programu na mikrokomputery IBM opracowanego przez P. Strzałkowskiego [7]. Program ten pozwala na wyznaczenie parametrów: α , r_w , A na podstawie uzyskanych z parametrów osiadań oraz parametrów: r_u , B_1 , B_2 na podstawie przesunięć poziomych uzyskanych z pomiarów. Zachodzi przy tym związek:

$$A_1 = A r_w^2 \quad ; \quad B_0 = B_1 r_u \quad ; \quad A_2 = B_2 r_u^2$$

Wyznaczenie parametrów odbywa się przy wykorzystaniu metody najmniejszych kwadratów, a do minimalizacji funkcji celu zastosowano metodę Powella. Po wyznaczeniu parametrów dokonuje się obliczeń wskaźników deformacji w punktach linii obserwacyjnej, a następnie ich porównania z wartościami uzyskanymi z pomiarów. Podawane są przy tym wartości odchyżeń standardowych i błędów procentowych dla poszczególnych wskaźników deformacji.

Analiza wyników pomiarów geodezyjnych prowadzonych na wielu liniach obserwacyjnych pozwoliła na opracowanie wzorów empirycznych służących do obliczania wartości parametrów [7]. Wzory te posiadają następującą postać: dla $64m \leq H \leq 830m$

$$r_w = 1.792 f_s^{3.843} H^{0.671} \quad (8)$$

$$A = 0.623 H^{-0.074} + 0.029 f_s^{2.419} - 0.275 \quad (9)$$

dla $64m \leq H \leq 420m$

$$r_u = 4.519 f_s^{2.979} H^{0.540} \quad (10)$$

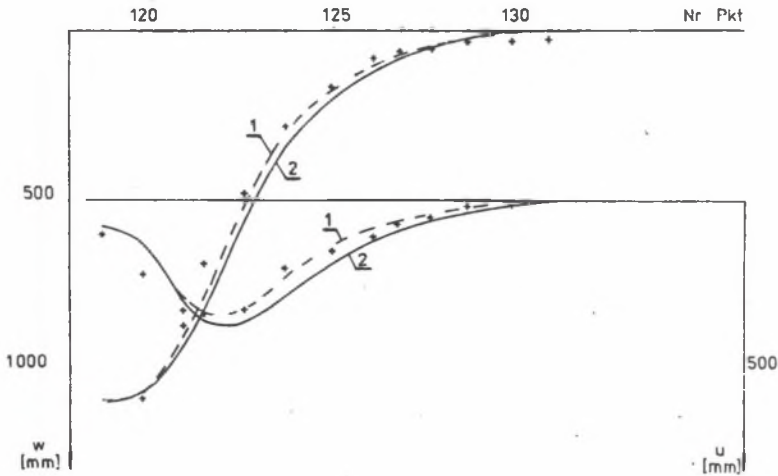
$$B_1 = -0.254 H^{0.021} + 0.564 f_s^{0.234} - 0.028 \quad (11)$$

$$B_2 = 0.142 - 0.021 \ln r_u + 1.015 \ln f_s \quad (12)$$

gdzie:

H - głębokość eksploatacji [m],

f_s - średnioważony wskaźnik charakteryzujący własności geomechaniczne górotworu.



Rys.3 Osiadania i przesunięcia poziome + - uzyskane z pomiarów 1 - obliczone przy parametrach wyznaczonych z pomiarów 2 - obliczone przy parametrach wyliczonych z proponowanych wzorów

Fig.3 Mining subsidence and horizontal displacements + - measured 1 - theoretically calculated when the parameters were obtained from the geodesic measurement results 2- theoretically calculated when the parameters were obtained from the formulae proposed

Na rys.3 przedstawiono przykładowe przebiegi osiadań i przesunięć poziomych uzyskanych z pomiarów, obliczonych przy parametrach wyznaczonych z pomiarów i obliczanych przy parametrach określonych ze wzorów (8)-(12).

4. PROGRAM DO PROGNOZOWANIA WPŁYWÓW EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ WG WZORÓW METODY J. ZYCHA

Program służący do prognozowania wpływów eksploatacji górniczej wg metody J. Zycha opracowany został przez B. Drzęźlę i autora metody na mikrokomputery typu IBM. Sposób dokonywania obliczeń jest podobny jak w programach B. Drzęźli opisanych w pracy [6].

Zakres stosowania programu

W omawianym programie przewidziano obliczenie dziesiętnastu wskaźników deformacji w danym punkcie na powierzchni [6].

Program posiada następujące możliwości i ograniczenia:

1. Program oblicza dowolną liczbę spośród możliwych do obliczenia wskaźników deformacji.
2. Liczba pokładów a także liczba parcel w poszczególnych pokładach jest dowolna. Jedynym ograniczeniem jest pamięć komputera,
3. Pracele mogą być wielokątami o dowolnym kształcie i nieograniczonej ilości wierzchołków,
4. W programie uwzględnia się poprawkę ze względu na kąt upadu pokładu,
5. Obliczane wielkości wskaźników deformacji obrazują stan po uspokojeniu się ruchów górotworu powstałych w wyniku prowadzonej eksploatacji,
6. Program umożliwia wydruk narastających sum wielkości wskaźników deformacji pochodzących od poszczególnych parcel, pokładów i rejonów,
7. Istnieje możliwość sporządzania zestawień wielkości poszczególnych wskaźników dla różnych okresów eksploatacji.

Szczegółowy opis programu wraz z instrukcją przygotowania danych i przykładem działania przedstawiono w pracy [6]

5. ZASTOSOWANIE PROGRAMÓW GRAFICZNYCH DO ANALIZY WYNIKÓW POMIARÓW GEODEZYJNYCH I PROGNOZOWANYCH WARTOŚCI WSKAŹNIKÓW DEFORMACJI

Wszelką analizę wyników pomiarów i obliczeń w znacznym stopniu ułatwia ich graficzne przedstawienie. Sporządzanie wykresów oraz inne prace kreślarskie są jednak bardzo pracochłonnym elementem tej analizy. Mając na uwadze powyższe, celowe jest wykorzystanie do tego typu prac mikrokomputerów wraz z urządzeniami peryferyjnymi (drukarki, plotery). W Zakładzie Zwalczania Szkód Górniczych opracowano zestaw programów wspomagających proces prognozowania wpływów eksploatacji górniczej, z których najważniejsze to:

- program "Wykres" [9] - jest to aplikacja do programu FRAMEWORK. Program ten pozwala na wykreślanie dowolnych wykresów liniowych. Możliwy jest wydruk wykresu zarówno na drukarce, jak i na ploterze.
- program "Digit" - służy do określania współrzędnych wierzchołków parcel eksploatacyjnych oraz punktów obliczeniowych na mapach górniczych za pomocą plotera.

Ponadto do sporządzania map wskaźników deformacji wykorzystuje się pakiet programów graficznych SURFER.

6. UWAGI KOŃCOWE

Opracowana przez J. Zycha metoda pozwala, jak wykazano w pracach [10,11,12], na uzyskanie lepszej jakości prognoz niż stosowane dotychczas teorie geometryczno-całkowe. Dlatego też polecić ją można do szerokiego stosowania w praktyce górniczej, przy czym spełnione być muszą warunki sformułowane we wstępie niniejszej pracy.

Prowadzone ostatnio badania pozwalają na zastosowanie w praktyce tej metody przez osiągnięcie następujących rezultatów:

1. Opracowanie programu do wyznaczania parametrów metody na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych.
2. Podanie wzorów empirycznych pozwalających na obliczanie wartości parametrów, gdy nie można skorzystać z wyników pomiarów.
3. Opracowanie programu służącego do obliczania wpływów eksploatacji górniczej prowadzonej wyrobiskami o kształcie dowolnego wielokąta. Warto przy tym podkreślić, że sumowanie wpływów wywołanych eksploatacją prowadzoną w jednym pokładzie realizowane jest w sposób odmienny, niż zakładają to dotychczasowe opracowane teorie geometryczno-całkowe.

LITERATURA

- [1] *Drzęźła B.*: Podstawy teoretyczne wyznaczania parametrów teorii ruchów górotworu nad eksploatacją górniczą przy pomocy maszyny cyfrowej. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Górnictwo z. 44. Gliwice 1971.
- [2] *Dzęgniuk B.*: Niektóre efekty nieliniowe w procesie osiadania nad eksploatacją górniczą. Zeszyty Naukowe AGH. Geodezja z. 34. Kraków 1975.
- [3] *Greń K.*: Próba ujęcia asymetrii wpływów eksploatacji górniczej przy poziomym zaleganiu pokładu. PAN Oddz. w Krakowie. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej. Geodezja 29. 1981.
- [4] *Knothe St.*: Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej. Wydawnictwo Śląsk. Katowice 1984.
- [5] *Kochmański T.* - Obliczanie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej, PAN, Warszawa 1956.

- [6] Oprogramowanie metody prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu uwzględniającej asymetryczny przebieg procesu deformacji. Problem Resortowy, Praca zbiorowa, Gliwice 1991.
- [7] Strzałkowski P.: Wpływ warunków geologiczno-górniczych na parametry asymetrycznego rozkładu deformacji powierzchni terenu. Praca doktorska, (nie publikowana). Gliwice 1989.
- [8] Zych J.: Metoda prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu uwzględniająca asymetryczny przebieg procesu deformacji. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Górnictwo z. 164, Gliwice 1987.
- [9] Zych J., Ścigała R.: Wykorzystanie mikrokomputera do graficznej interpretacji przebiegu wskaźników deformacji. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. Górnictwo z. 185, Gliwice 1990.
- [10] Zych J., Strzałkowski P., Karchniwy A.: Możliwości zwiększenia dokładności prognozowania wpływów eksploatacji i ich ocena na przykładzie wybranych linii obserwacyjnych. IV Sympozjum nt.: "Wybrane problemy geomechaniki i budownictwa górniczego na dużych głębokościach" Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo z. 191. Gliwice 1990.

Recenzent: Dr hab. inż. **Wiesław PIWOWARSKI**

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1992r.