

Teodor LUBINA

NOWY MODEL MATEMATYCZNEGO OPISU DEFORMACJI GÓROTWORU W CZASIE

Streszczenie. W pracy przedstawiono ogólny wzór różniczkowy nowego modelu geometrycznego opisu zjawiska deformowania się górotworu w czasie pod wpływem eksploatacji górniczej w oparciu o założenia teorii statystyczno-całkowej T.Kochmańskiego. W nowym modelu uwzględniono zmienność parametru r_0 charakteryzującego własności fizyko-mechaniczne skał nad eksploатовanym pokładem.

1. WSTĘP

Zagadnienie wpływu czasu na deformacje górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej było przedmiotem badań wielu naukowców /J.Litwiniszyn [10], A.Saźustowicz [16,17], S.Knothe [6], T.Kochmański [7] Z.Kowalczyk [9], K.Trojanowski [22,23,25], B.Skinderowicz [18,19,20], M.Borecki [1,2] M.Chudek [2,3,4], H.Gil [5], A.Sroka [21] i inni/. Trudno w ramach krótkiej publikacji przedstawić poglądy w tej dziedzinie poszczególnych autorów, dlatego ograniczono się tylko do podania tytułów najistotniejszych prac tych autorów.

W pracy niniejszej, mającej charakter komunikatu naukowego o wynikach badań [11], przedstawiono w postaci równania różniczkowego nowy model geometrycznego opisu mechanizmu rozchodzenia się wpływów robót górniczych w górotworze, w oparciu o założenia teorii statystyczno-całkowej T.Kochmańskiego.

2. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA W DOTYCHCZASOWYCH BADANIACH

W dotychczasowych badaniach wpływu czynnika czasu na deformacje górotworu większość autorów przyjmuje założenie S.Knothe [6], że "prędkość osiadania punktu jest proporcjonalna do różnicy między końcowym obniżeniem w_K , jakiemu punkt może ulec na skutek wybrania pewnej partii pokładu, a wielkością obniżenia punktu w danej chwili w/t :"

$$\frac{dw}{dt} = c [w_K - w/t] \quad /1/$$

gdzie:

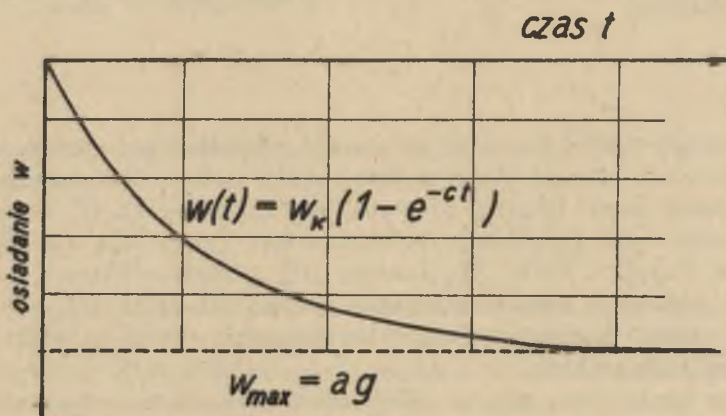
c - jest współczynnikiem zależnym od własności górotworu залегаjącego nad eksploатовanym pokładem.

Na podstawie warunków brzegowych $t=0, w=0$ oraz $t=\infty, w = w_K$, przyjmując uproszczenie, że daną /nieskończenie małą: dP / parcelę wyeksploatowano w jednym momencie dt / rozwiązanie równania różniczkowego /1/ ma postać /rys.1/:

$$w /t/ = w_K /1 - e^{-ct}/ \quad /2/$$

gdzie:

- e - podstawa logarytmów naturalnych,
- t - czas, jaki upłynął od momentu wyeksploatowania danej parceli do momentu, w którym obliczamy wartość osiadania $w /t/$.



Rys.1. Kształtowanie się wartości dynamicznych osiadań według wzoru /2/

Na podstawie analizy wyników pomiarów geodezyjnych K.Trojanowski [25] zmodyfikował założenie /1/ wprowadzając dodatkową funkcję czasu $f /t/$:

$$\frac{dw}{dt} = c [w_K /t/ - w /t/] \cdot f /t/ \quad /3/$$

W oparciu o powyższe założenie K.Trojanowski [25] wyprowadził wzór ujmujący zależność wartości osiadania punktu od czasu:

$$w /t/ = e \exp [-e F /t/] \cdot \int_0^t w_K /t/ \cdot f /t/ \cdot \exp [e F /t/] dt \quad /4/$$

$$F /t/ = \int_0^t f /t/ dt \quad /5/$$

W pracy [23] K.Trojanowski podaje, że funkcja czasu $f /t/$ występująca we wzorach /4/ i /5/ ma postać:

$$f /t/ = t^{b-1} \quad /6/$$

gdzie: b - liczbę wyznaczoną na podstawie analizy wyników pomiarów osiadań. Na podstawie wielu danych pomiarowych przyjęcie $b = 2$ stosunkowo dobrze opisuje dynamiczną nieckę osiadania [23].

Mając na uwadze fakt, że w równaniu /4/ otrzymujemy całki dwukrotne, ewentualne zależności nie dające się rozwiązać przez kwadraturę /stąd konieczność stosowania metod całkowania numerycznego lub graficznego albo też rozwinięcia w szereg potęgowy, trygonometryczny/ należy przypuszczać, że i tak skomplikowana do praktycznego stosowania postać równania /4/ ulegnie jeszcze większym komplikacjom w przypadku wyznaczania wartości innych wskaźników deformacji górotworu /pochodnych osiadania, przesunięć poziomych, odkształceń itd/.

Mając powyższe na uwadze w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej w Gliwicach prowadzono badania i szukano innego, prostrzego modelu matematycznego uwzględniającego wszystkie dotychczas podane zależności, jak również nowe spostrzeżenia, które trudno opisać dotychczasowymi wzorami.

3. NOWY MODEL OPISU DEFORMACJI DYNAMICZNYCH

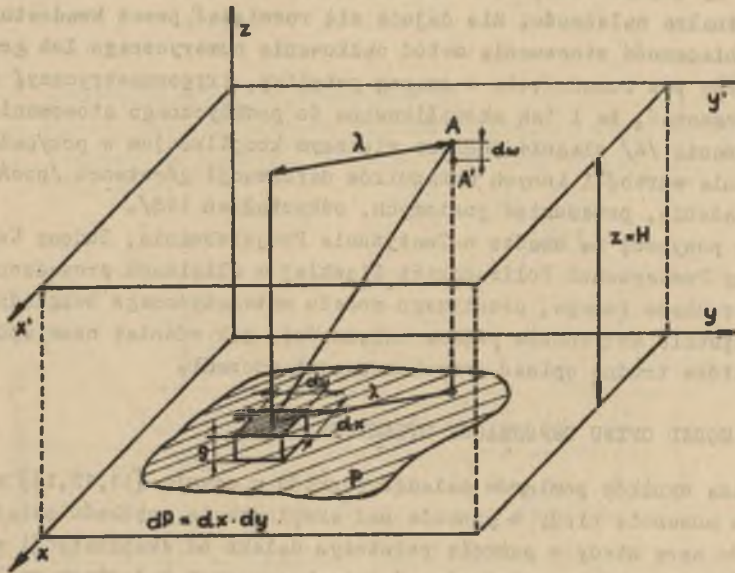
Analiza wyników pomiarów osiadań punktów w czasie [11,12,13] wskazuje, że w momencie kiedy w punkcie nad eksploatacją prędkość osiadania maleje do zera wtedy w punkcie położonym daleko od eksploatacji zaczyna się dopiero proces osiadania. W dotychczasowych badaniach zakładano że w procesie deformacji w każdym momencie bierze udział stała, określona zasięgiem wpływów objętość górotworu bez względu na czas trwania procesu. Nowo zauważone fakty wskazują, że w okresie trwania procesu deformacji górotworu w różnych momentach czasu bierze udział różna /coraz większa/ objętość górotworu.

Na podstawie analizy wyników pomiarów dynamicznych nieck osiadania [1] zaproponowano nowy model matematycznego opisu mechanizmu rozchodzenia się wpływów górniczych w górotworze, w oparciu o założenia teorii statystyczno-całkowej T.Kochmańskiego.

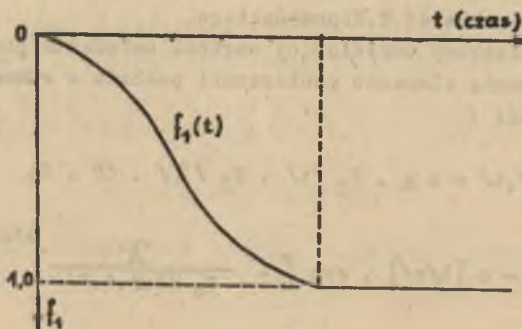
Ogólny wzór różniczkowy określający wartość osiadania punktu pod wpływem wyeksploatowania elementu powierzchni pokładu o równej grubości /rys.2/ ma postać:

$$dw / P, t / = a g \cdot f_1 / t / \cdot f_2 / \lambda / \cdot dP \cdot dt \quad /7/$$

$$f_2 / \lambda / = c [b / z /] \cdot \exp \left[- \frac{\lambda}{r_0 / x, y, z, t /} \right] \quad /8/$$



Rys.2. Schemat przestrzennego pola eksploatacyjnego P i usytuowanie punktu A na powierzchni terenu



Rys.3. Wykres wartości funkcji f_1/t

gdzie:

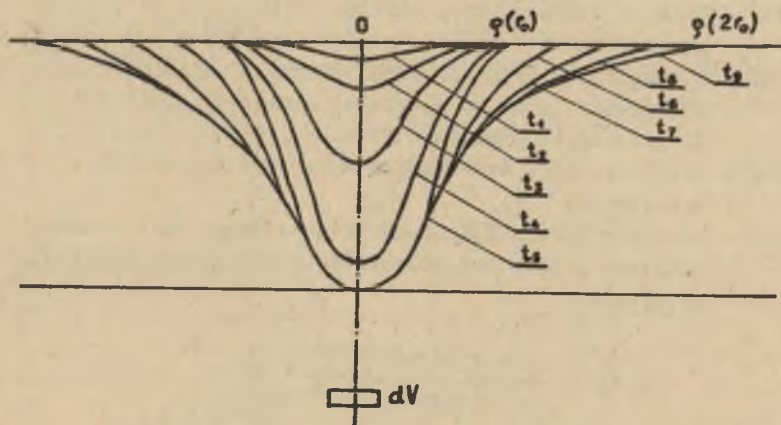
- dw - różniczka osiadanania w badanym punkcie w danym momencie t
 pod wpływem wyeksploatowanego pola dP ,
 a - współczynnik eksploatacyjny,
 g - grubość pokładu,
 $f_1 / t /$ - funkcja czasu, której wartość zmienia się od 0 do 1,
 przedstawiona w formie wykresu /rys.3./
 $f_2 / \lambda /$ - funkcja oddziaływania eksploatacji w zależności od
 odległości badanego punktu od elementu eksploatacji
 dP i czasu t , /rys.4/,
 $c [b/z]$ - stała wartość, którą można wyznaczyć z warunków
 brzegowych,
 $b / z /$ - parametr teorii T.Kochmańskiego zależny od wysokości
 badanego punktu nad stropem eksploatowanego pokładu
 wg wzoru:

$$b / z / = \frac{5 - 1,12 \log z}{1 + 0,672 \log z} \quad /9/$$

- λ - odległość pozioma /rzut poziomy odległości/ elementu
 eksploatacji dP od badanego punktu /rys.3/
 $r_0 / x, y, z, t /$ - parametr teorii T.Kochmańskiego charakteryzujący
 własności fizyko-mechaniczne nadległego górotworu
 nad eksploatowanym pokładem, wartość jego zależy
 od usytuowania $/x, y, z/$ badanego punktu od całego
 pola wybranego, kierunku postępu eksploatacji,
 kształtu pola górniczego, czasu i dotychczasowej
 eksploatacji w danym górotworze, m.

W dotychczasowych badaniach przyjmowano zmienność parametru r_0
 tylko w płaszczyźnie pionowej, tzn. $r_0 / z /$, natomiast w płaszczyźnie
 poziomej przyjmowano $r_0 / x, y / = \text{const}$.

Rozwiązanie powyższych równań /7/ i /8/ jest trudne, dlatego dla
 uproszczenia można traktować różniczkę dw jako skończony przyrost
 osiadanania Δw i rozwiązywać w sposób przybliżony, numeryczny, uwzględ-
 niając zmienność $r_0 / x, y, z, t /$ i $f_1 / t /$. Należy zaznaczyć, że przed
 przystąpieniem do obliczania wartości osiadań dynamicznych konieczna
 jest znajomość, przynajmniej przybliżona, przebiegu zmienności r_0 i
 $f_1 / t /$ dla konkretnego górotworu. Wartości tych funkcji można okreś-
 lić na podstawie analizy dotychczasowych wyników pomiarów wpływów
 eksploatacyjnych w zbliżonych warunkach geologiczno-górnich.



Rys.4. Schemat geometryczny proponowanego nowego modelu opisu deformacji dynamicznych górotworu

4. ZAKOŃCZENIE

Ze względu na duże znaczenie zagadnienia dynamicznych deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej obecnie trwają dalsze, intensywne badania w szeregu ośrodkach naukowych /AGH Kraków, Instytut Mechaniki Górotworu PAŃ Kraków, Politechnika Śląska Gliwice, Politechnika Wrocławska, Główny Instytut Górniczo-Kohalicznego, Katowice/, mające na celu lepsze poznanie i precyzyjniejsze opisanie tego skomplikowanego zjawiska oraz ściślejsze prognozowanie wpływu robót górniczych na górotwór i obiekty usytuowane wewnątrz lub na powierzchni górotworu.

LITERATURA -

- [1] BORECKI M., BILIŃSKI A., KIDYBIŃSKI A.: Wpływ prędkości wybierania na zachowanie się górotworu i obudowy. Prace Głównego Instytutu Górniczo-Kohalicznego, Komunikat nr 301, Katowice 1962.
- [2] BORECKI M., CHUDEK M.: Mechanika górotworu. Śląsk, Katowice 1972.
- [3] CHUDEK M., OŁASZOWSKI W., PACH A., ZYLIŃSKI R.: Problemy utrzymania rurociągów na terenach górniczych. Przegląd Górniczy, 1969, nr 3.
- [4] CHUDEK M., ŚLIŹAŃSKI Z.: Deformacje górotworu i powierzchni przy prowadzeniu eksploatacji rud żelaza w kopalniach rejonu częstochowsko-kłobucko-żęczyckiego. Prace Głównego Instytutu Górniczo-Kohalicznego, Komunikat nr 582, Katowice 1973.

- [5] GIL H.: Próba teoretycznego ujęcia procesu rozwarstwiania górotworu. Archiwum Górnictwa, t.XVI, nr 2. Warszawa 1971.
- [6] KNOPHE S.: Wpływ czasu na kształtowanie się niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa. T.I., z.1, Warszawa 1953.
- [7] KOCHMAŃSKI T.: The movement of the Surface of the Ground Considered as an Integral of underground extraction influences. Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences et des Lettres. Classe des Sciences Mathematiques et Naturelles. Serie A.Vol. 1, nr 3, 1951
- [8] KOCHMAŃSKI T., LUBINA T., MAGDZIORZ J., ZYCH J.: Interpretacja wyników pomiarów geodezyjnych prowadzonych w rejonie filarów ochronnych Huty Batory i osiedla Chorzów-Batory /do pomiaru z 1969 roku. Gliwice 1970 /nie publikowana/.
- [9] KOWALCZYK Z.: Określenie wpływów eksploatacji górniczej metodą przekrojów pionowych. Śląsk, Katowice 1972.
- [10] LITWINISZYN J.: Wpływ czasu na stan odkształcenia i naprężenia górotworu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa. T.III, z.4, Warszawa 1955.
- [11] LUBINA T.: Wybrane zagadnienia wpływu czynnika czasu na deformacje górotworu. Praca doktorska /nie publikowana/. Gliwice 1973.
- [12] LUBINA T.: Uwagi wynikające z analizy dynamicznych niecek osiadania. Zeszyty Naukowe AGH. Geodezja z.31, PWN, Warszawa-Kraków 1976.
- [13] LUBINA T.: Analiza momentu największej prędkości osiadania punktu na powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji górniczej na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych. ZN Politechniki Śląskiej. Górnictwo z. 71, Gliwice 1976.
- [14] LUBINA T.: Określenie wartości parametru r_0 z poeksploatacyjnej niecki osiadania. ZN Politechniki Śląskiej. Górnictwo z.64, Gliwice 1975.
- [15] PIWOWARSKI W.: Prognozowanie przemieszczeń pionowych powstałych w procesie rozwijającej się eksploatacji górniczej w oparciu o liniowy model matematyczny zjawiska. Praca doktorska nie publikowana/. Kraków AGH, 1977.
- [16] SAEUSTOWICZ A.:Zarys mechaniki górotworu. Śląsk, Katowice 1965.
- [17] SAEUSTOWICZ A.: Wpływ czasu na wielkość poziomych przemieszczeń górotworu. Archiwum Górnictwa. T.II, z.1-2, 1957.
- [18] SKINDEROWICZ B.: Częstość wykonywania pomiarów odkształceń powierzchni wywołanych eksploatacją górniczą złóż pokładowych. Przegląd Górniczy nr 2, 1970.
- [19] SKINDEROWICZ B.: Określenie współczynnika czasu dynamicznych niecek osiadania. Przegląd Górniczy, nr 10, 1971.

- [20] SKINDEROWICZ B.: Wpływ czasu na kształtowanie się dynamicznych niecek osiadania. Prace Głównego Instytutu Górnicztwa. Komunikat nr 666. Katowice 1976.
- [21] SROKA A.: Wpływ postępu frontu eksploatacji górniczej na kształtowanie się wskaźników deformacji. Praca doktorska /nie publikowana/. AGH, Kraków 1975.
- [22] TROJANOWSKI K.: Przyczynek do teorii kształtowania się ruchów górotworu w czasie. Przegląd Naukowo-Techniczny AGH, Seria G, nr 6, z.4. Kraków 1959.
- [23] TROJANOWSKI K.: Wpływ czasu i postępu frontu górniczego na ruchy powierzchni. Rudy i Metale Nieżelazne, nr 7, 1965.
- [24] TROJANOWSKI K.: Dynamiczne wartości deformacji powierzchni wywołane wpływem podziemnej eksploatacji górniczej. Przegląd Górniczy nr 12, 1967.
- [25] TROJANOWSKI K.: Zagadnienie wpływu czynnika czasu i postępu eksploatacji górniczej na przebieg procesu ruchów powierzchni w świetle badań geodezyjnych. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej.PAN.Oddz.Kraków Górnicztwo z.11, Kraków 1972.
- [26] WYCISŁO K.: Wpływ czasu na przebieg obniżen górotworu nad eksploatacją górniczą. Praca doktorska. AGH, Kraków,1964.

НОВАЯ МОДЕЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ ГОРНОГО МАССИВА ВО ВРЕМЯ НИ

Резюме:

В статье приводится обобщенная дифференциальная формула геометрической модели описания деформирующегося горного массива во времени под влиянием горной эксплуатации, опираясь на исходные данные статистическо-интегральной теории Т. Кохманьского. В новой модели учитывается переменность параметра характеризующего физико-механические свойства пород эксплуатируемого пласта.

A NEW MATHEMATICAL MODEL OF DESCRIPTION OF THE OROGEN DEFORMATION IN TIME

S u m m a r y

The paper presents the generalized differential formula of the new geometrical model of description of the phenomenon of orogen deformation in time due to the influence of the mining exploitation basing on the assumptions of the statistical-integral theory of T.Kochmański. The new model accounts for the variation of the r_0 parameter characterizing the physical-mechanical properties of rock laying over the exploited coal-bed.