ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1994
Seria: GÓRNICTWO z. 221 Nr kol. 1256

Bogdan DŻEGNIUK, Zygmunt NIEDOJADŁO, Wiesław PIWOWARSKI
AGH, Kraków

ZRÓŻNICOWANE WARUNKI GÓRNICZO - GEOLOGICZNE A KINETYKA PROCESU DEFORMACJI GÓROTWORU

Streszczenie. W pracy zdefiniowano model ośrodka warstwowego i zbudowano model aproksymacyjny procesu deformacji ośrodka o skończonej liczbie warstw. Podano różniczkowy opis przyrostu przemieszczeń oraz wektor obrotu dowolnego elementu ośrodka. Brzeg podparcia warstwy jest podporą sprężystą i dla takiego schematu podano relacje dla składowej pionowej i poziomej przemieszczeń.

DIVERSIFIED MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS AND THE KINETICS OF THE ROCK MASS DEFORMATION PROCESS

Summary. In the paper the model of laminar medium was defined and an approximation model of the deformation of the medium of a finite number of layers was created. The differential description of the increase in dislocations and a vector of a turn of any part of the medium were given. The edge of the support of the layer is an elastic support and the relationships for vertical and horizontal components of dislocations were givern for such a schema.

DIFFERENZIERTE BERGMÄNNISCH - GEOLOGISCHE BEDINGUNGEN UND KINETIK DES GEBIRGSDEFORMATIONSVERLAUFES

Zusammenfassung. In der Arbeit wurde das Modell eines Schichtmediums definiert und ein Approximationsmodell des Deformationsverlaufes dieses Mediums mit endlicher Anzahl der Schichten aufgebaut. Es wurden die Differentialgleichungen der Verschiebungzunahme und der Rotatinsvektor eines beliebigen Mediumelementes angenommen. Der Stützrand der Schicht bildet eine Spannkräftige Stütze und für ein solches Schema wurden die Formeln für die horizontalen und vertikalen Komponenten der Verschiebungen abgeleitet.

1.WPROWADZENIE

Górotwór jest ośrodkiem o strukturze warstwowej i zróżnicowanych własnościach mechanicznych, w ogólności niejednorodnych i anizotropowych. Aktualne problemy górnictwa, w zakresie deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji podziemnej, inspirują do poszukiwania metod opisu uwzględniających warstwową budowę ośrodka.

Celem niniejszej pracy jest próba zbudowania modelu aproksymacyjnego procesu deformacji ośrodka (górotworu) o skończonej liczbie warstw dla warunków oddziaływania eksploatacji podziemnej. Założono, że ośrodek stanowi trójwymiarowe kontinuum oraz przyjęto warunki ciągłości dla wektora przemieszczenia na powierzchniach wewnętrznych ciała warstwowego, co w pewien sposób uwzględnia geometrię wewnętrzną ośrodka oraz makrostrukturę.

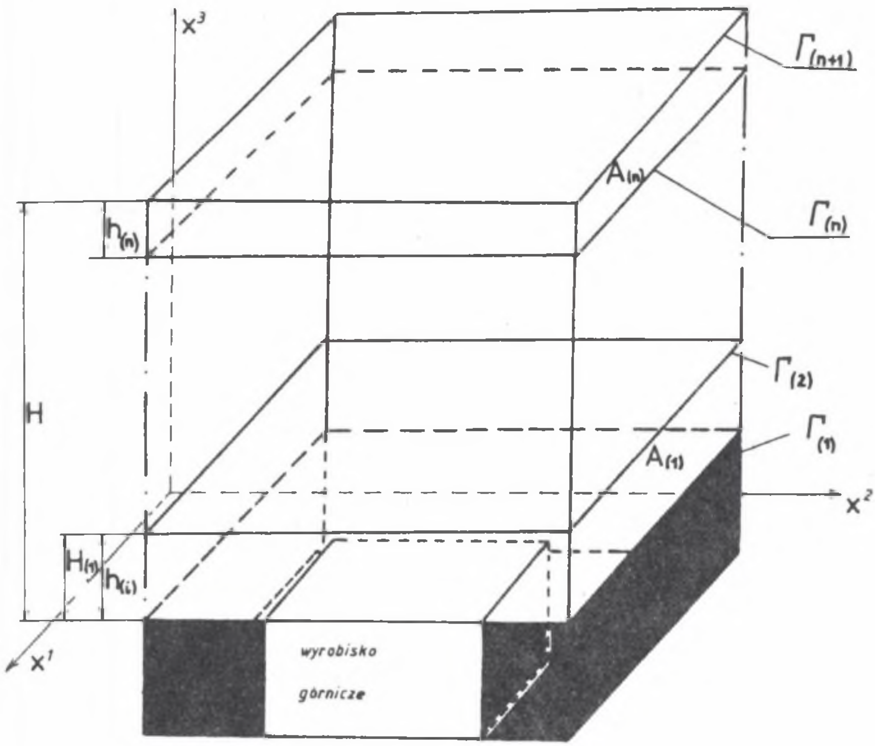
Na podstawie dokonanej analizy problemu ustalono, że model będzie równaniem różniczkowym ugięcia warstwy, gdzie brzeg podparcia posiada możliwości uginania się (sprężysta podpora). Kinetykę procesu wyrażono poprzez równanie różniczkowe paraboliczne. Ponadto jeśli znany jest opis stanu asymptotycznego pola przemieszczeń, wówczas można korzystać ze stosowanego w teorii ruchów górotworu równania różniczkowego zwyczajnego opisującego tzw. prawo wzrostu. Istotą pracy jest zaprezentowanie opisu przemieszczeń ośrodka warstwowego, natomiast nie prezentowano tu zastosowania podanych modeli.

2. GÓROTWÓR JAKO OŚRODEK WARSTWOWY

Stosowane do rozwiązywania praktycznych problemów teorie oraz modele opisu stanu deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji podziemnej [3,5,7,10] operują idealizacją struktury ośrodka - z reguły jest to *ośrodek jednorodny*. W górotworze rzeczywistym tworzące go skały są zróżnicowane zarówno pod względem budowy, jak również w sensie zachowania pod wpływem oddziaływań mechanicznych. Inaczej zachowuje się skała sypka (nie posiadająca spójności) pod wpływem obciążenia niż skała zwięzła.

Eksploatacja podziemna zaburza naturalną równowagę dynamiczną górotworu, zaś istniejące obserwacje geodezyjne wskazują na pewne zróżnicowanie charakteru jakościowego procesu deformacji na poszczególnych horyzontach górotworu.

Przedmiotem analizy będzie więc ciało trójwymiarowe A złożone z części $A_{(i)}$, i = 1,2,...,n (rys. 1), takie że:



Rys.1. Ośrodek warstwowy w konfiguracji odniesienia
Fig. 1. Lagered medium in the refence configuration

$$A = \mathrm{int} \sum_{i=1}^{n} A_{(i)} \tag{1}$$

gdzie przekrój zbiorów jest pusty, tzn. $A_{(j)} \cap A_{(j+1)} = 0$ j = 1,2,...,n-1.

Obszar ciała warstwowego A parametryzowany jest w kartezjańskim układzie współrzędnych (x^k), k = 1,2,3; zaś obszar każdej warstwy $A_{(i)}$ przedstawiany będzie w lokalnym kartezjańskim układzie. Zgodnie z rys. 1 mamy:

$$A = \Gamma x\,(H_{(1)}, H_{(n+1)});\ H_{(1)} < H_{(2)} < \ldots < H_{(n+1)}$$

$$A_i = \Gamma \times (H_{(i)}, H_{(i+1)}) \tag{2}$$

$$h_{(i)} = H_{(i+1)} - H_{(i)}$$

gdzie:

Γ - pewien regularny obszar na płaszczyźnie $0x^1 x^2$,

$h_{(i)}$ - grubość i - tej warstwy.

Wzdłuż osi x^3 warstwa ograniczona jest płatami $x^3 = H_{(i)}$ i $x^3 = H_{(i+1)}$, zaś w płaszczyźnie (x^1x^2) powierzchnią $\partial\Gamma \times (H_{(i)}, H_{(i+1)})$, gdzie $\delta\Gamma$ - jest brzegiem obszaru Γ. Gęstość masy jest funkcją ciągłą wewnątrz $A_{(i)}$, co oznacza, że na powierzchniach rozgraniczających warstwy ciała może nastąpić skokowa zmiana gęstości.

3. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

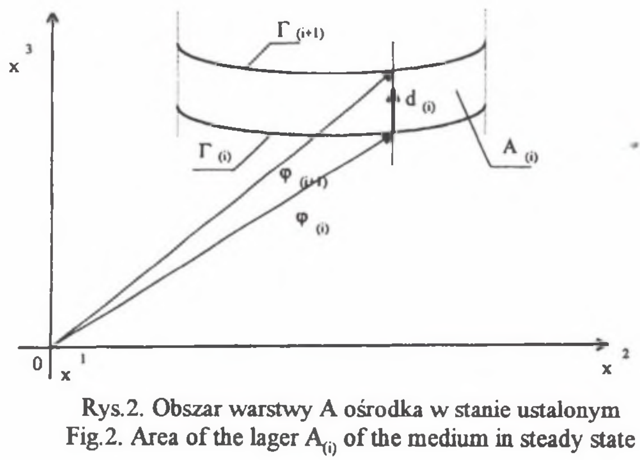
Ruch ciała warstwowego jest w pełni określony przez ruch powierzchni $\Gamma_{(i)}$, i=1,2,...,n+1 ograniczających poszczególne warstwy. Oznaczając przez $X = (x^1,x^2,x^3)$ współrzędne punktu ciała, jego położenie w chwili t można zapisać na podstawie [8] następująco:

$$x = x(X,t),\ x \in A,\ t \in T \tag{3}$$

gdzie:

x(.,t) - jest konfiguracją ośrodka w chwili t.

Zgodnie z rys.2 obszar warstwy $A_{(i)}$ w jej ustalonym położeniu opisują równania:



Rys.2. Obszar warstwy A ośrodka w stanie ustalonym
Fig.2. Area of the lager $A_{(i)}$ of the medium in steady state

$$x(X) = (H_{(i+1)} - x^3) \cdot h_{(i)}^{-1} \cdot \varphi_{(i)}(Z) + (x^3 - H_{(i)} \cdot h_{(i)}^{-1} \cdot \varphi_{(i+1)}(Z)) \tag{4}$$

gdzie:

$Z = (x^1,x^2) \in \Gamma$ jest punktem powierzchni,

$\varphi_{(i)}, \varphi_{(i+1)}$ - są równaniami parametrycznymi gładkich płatów powierzchni ograniczającymi warstwę $A_{(i)}$.

Natomiast

$$d_{(i)} = d_{(i)}(Z) = h_{(i)}^{-1} (\varphi_{(i+1)}(Z) - \varphi_{(i)}(Z)) \tag{5}$$

wyraża pole wektorów na powierzchni $\Gamma_{(i)}$.

Wstawiając (5) do (4) otrzymamy:

$$x(X) = \varphi_{(i)}(Z) + \gamma \cdot d_{(i)}(Z) \tag{6}$$

Stąd ruch dowolnego punktu ciała warstwowego opisany jest równaniem:

$$x(X,t) = \varphi_{(i)}(Z,t) + \gamma \cdot h_{(i)}^{-1} (\varphi_{(i+1)}(Z,t) - \varphi_{(i)}(Z,t) \tag{7}$$

Pole przemieszczeń ciała warstwowego dla pewnej konfiguracji stanu naturalnego można zapisać następująco:

$$w(X,t) = x(X,t) - x_0(X) \tag{8}$$

gdzie:

$x_0(X)$ - konfiguracja w chwili początkowej.

Równanie (8) wyrażone w obszarze dwuwymiarowych pól przemieszczeń przyjmuje postać:

$$w(X,t) = u_{(i)}(Z,t) \quad + \quad \gamma h_{(i)}^{-1}(u_{(i+1)}(Z,t) - u_{(i)}(Z,t))$$

$$u_{(i)}(\bullet) = \varphi_{(i)}(\bullet) \quad - \quad \varphi_{(i)}^{0}(\bullet) \tag{9}$$

$$u_{(i+1)}(\bullet) \quad = \quad \varphi_{(i+1)}(\bullet) \quad - \quad \varphi_{(i+1)}^{0}(\bullet)$$

gdzie:

$u_{(i)}(\bullet)$ i $u_{(i+1)}(\bullet)$ - są wektorami przemieszczenia punków powierzchni $\Gamma_{(i)}$ i $\Gamma_{(i+1)}$ mierzonymi od konfiguracji stanu naturalnego (beznaprężeniowego),

$\varphi_{(i)}(\bullet)$ i $\varphi_{(i+1)}(\bullet)$ - uogólnione współrzędne określające powierzchnie $\Gamma_{(\cdot)}$

4. OPIS W PRZEMIESZCZENIACH

Zjawisko deformacji górotworu w warunkach eksploatacji podziemnej jest procesem, którego środek masy ośrodka *nie przemieszcza* się lub jego przemieszczenia są *minimalne* pod działaniem sił zewnętrznych. Zmiana pierwotnego układu równowagi dynamicznej zaburzona zostaje poprzez ubytek masy w określonym miejscu ośrodka zdominowanego przez siłę grawitacji. Powstały w takim układzie nadmiar energii ciała stałego (quasi-kruchego) uwalnia się poprzez powierzchnię S otaczającą objętość powstałego ubytku masy. Zakładając, że powstaje chwilowo niezrównoważone pole naprężeń, w opisie można przyjąć, że składowe *zmian tensora naprężeń* stanowią przyczynę deformacji, zaś zmiany składowych stanu, odkształceń są tu skutkami.

Pole odkształceń przestrzeni wypełnionej przez ciało o dowolnej konfiguracji można określić znając charakter zmian geometrycznych, jakim ulegają dowolnie małe elementy tej przestrzeni. Z założenia continuum materialnego wynika, że rozpatrywane wielkości są funkcjami klasy C^n współrzędnych. W ogólnym przypadku przemieszczenia mogą być funkcjami współrzędnych punktu:

$$\begin{aligned} u &= u(x^1,x^2,x^3) \\ v &= v(x^1,x^2,x^3) \\ w &= w(x^1,x^2,x^3) \end{aligned} \tag{10}$$

Stąd wektorowe pole przemieszczeń można zapisać jako:

$$\overline{U}(u(x^i),v(x^i),w(x^i)) \qquad i = 1,2,3 \tag{11}$$

gdzie:

u, v, w - składowe przemieszczenia odpowiednio w kierunku osi x^1, x^2, x^3.

W przestrzeni deformacyjnej wywołanej oddziaływaniem eksploatacji podziemnej każdy punkt doznaje przemieszczenia. Jeżeli przez $M(x^1, x^2, x^3)$ i $N(x^1 + dx^1, x^2 + dx^2, x^3 + dx^3)$ oznaczymy dwa dowolnie blisko leżące punkty ośrodka, to odległość pomiędzy tymi punktami po odkształceniu wyraża się zależnością:

$$(dl)^2 = \left(dx^1 + du\right)^2 + \left(dx^2 + dv\right)^2 + \left(dx^3 + dw\right)^2 \tag{12}$$

Korzystając z założenia o różniczkowalności funkcji u(.), v(.), w(.) mamy:

$$\begin{aligned} du &= \frac{\partial u}{\partial x^1}dx^1 + \frac{\partial u}{\partial x^2}dx^2 + \frac{\partial u}{\partial x^3}dx^3 \\ dv &= \frac{\partial v}{\partial x^1}dx^1 + \frac{\partial v}{\partial x^2}dx^2 + \frac{\partial v}{\partial x^3}dx^3 \\ dw &= \frac{\partial w}{\partial x^1}dx^1 + \frac{\partial w}{\partial x^2}dx^2 + \frac{\partial w}{\partial x^3}dx^3 \end{aligned} \tag{13}$$

Macierz

$$\operatorname{grad}\overline{U} = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial u}{\partial x^i} \\ \dfrac{\partial v}{\partial x^i} \\ \dfrac{\partial w}{\partial x^i} \end{bmatrix}_{i=1,2,3} \tag{14}$$

jest tensorem drugiego rzędu, określającym charakter pola przemieszczeń (dla pola jednorodnego grad $\overline{U} = 0$).

Dowolny element górotworu, znajdujący się w obszarze eksploatacji, doznaje w ogólności przemieszczenia w kierunku określonej prostej oraz wykonuje *obrót* wokół lokalnej osi obrotu. Ponadto wiadomo [6], że dowolną, odpowiednio gładką funkcję wektorową U można rozłożyć na dwie inne funkcje:

$$\overline{U} = \nabla \times \overline{U_1} + \nabla U_2 \tag{15}$$

gdzie:

$\nabla \times \overline{U_1}$ - jest rotacją pola wektorowego U_1,

∇U_2 - gradient pola skalarnego,
∇ - wektor określony jako pewna operacja formalna,
i,j,k - wersory,

$$\nabla = \bar{i}\frac{\partial}{\partial x^1} + \bar{j}\frac{\partial}{\partial x^2} + \bar{k}\frac{\partial}{\partial x^3}. \tag{16}$$

Rotacja pola $\nabla \times \bar{U}$ ma postać:

$$\nabla \times \bar{U} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \frac{\partial}{\partial x^1} & \frac{\partial}{\partial x^2} & \frac{\partial}{\partial x^3} \\ u & v & w \end{vmatrix} \tag{17}$$

Wobec tego wektor obrotu $\bar{\omega}$ posiada współrzędne:

$$\omega_{x1} = 0.5\left(\frac{\partial w}{\partial x^2} - \frac{\partial v}{\partial x^3}\right); \ \omega_{x2} = 0.5\left(\frac{\partial u}{\partial x^3} - \frac{\partial w}{\partial x^1}\right); \ \omega_{x3} = 0.5\left(\frac{\partial v}{\partial x^1} - \frac{\partial u}{\partial x^2}\right) \tag{18}$$

Jeżeli rotacja wektora $\bar{U}$ zeruje się, to jest to *pole bezwirowe*; w górotworze ten warunek *nie zachodzi* - co można wykazać analizując pracę związaną ze zniszczeniem struktury górotworu.

Drugi składnik równania (15) określa pewną funkcję skalarną zwaną *potencjałem*, odnosząc się do pola przemieszczeń:

$$\operatorname{div}\bar{U} = \Delta\bar{U} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \bar{U}}{\partial x^i} \tag{19}$$

Z drugiej strony diwergencja pola wektorowego przemieszczeń jest równoważna (poprzez związki Couchy'ego) dylatacji:

$$\operatorname{div}\bar{U} = \Theta = \frac{dV^* - dV}{dV} \tag{20}$$

gdzie:

dV - pierwotna objętość elementu,
dV^* - objętość elementu po odkształceniu.

Jeżeli ciało warstwowe spełnia warunki ciała sprężystego, to opis przemieszczeń można wyrazić na podstawie [9] - jako związki wynikające z warunków równowagi wewnętrznej Naviera:

$$\nabla^2 u = \frac{1}{1-2v} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial x^1} + \frac{X^1}{G} = 0$$

$$\nabla^2 v = \frac{1}{1-2v} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial x^2} + \frac{X^2}{G} = 0 \qquad (21)$$

$$\nabla^2 w = \frac{1}{1-2v} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial x^3} + \frac{X^3}{G} = 0$$

gdzie:

$\nabla^2 = \sum_{i=1}^{3} \frac{\partial}{\partial x^i}$ - operator Laplace'a,

v - stała Poissona,

$G = \frac{E}{2(1+v)}$,

E - moduł Younga,

X^i - współrzędne siły objętościowej (masowej).

Dla równania (21) wynika konieczność wyrażenia w przemieszczeniach warunków brzegowych. Z reguły ośrodek (górotwór) nie spełnia warunków ciała sprężystego, stąd dla opisu przemieszczeń należy zdefiniować inne równania.

Ugięcie warstwy następuje pod wpływem obciążenia siłą $p(x^1,x^2)$ będącą efektem działania sił masowych, więc równania składowych przemieszczeń można wyrazić korzystając z [2] następująco:

$$u = x^3 \cdot \frac{\partial w(\cdot,x^1)}{\partial x^1}$$

$$v = x^3 \cdot \frac{\partial w(\cdot,x^2)}{\partial x^2} \qquad (22)$$

oraz

$$D\nabla^2 \cdot \nabla^2 \cdot w(x^1,x^2) = p(x^1,x^2) \qquad (23)$$

gdzie:

$$D = \frac{Eh^3_{(i)}}{\left[12\left(1-v^2\right)\right]}$$

W równaniu (20) obciążenie warstwy wynikające z sił masowych jest możliwe (z pewną dokładnością) do wyznaczenia. Znacznie trudniej jest ustalić warunki brzegowe, które w sposób istotny rzutują na rozwiązanie.

Obciążenie danej warstwy górotworu wynika z sił masowych i opisane jest zależnością:

$$p_{(i)}\left(x^1, x^2\right) = \int_0^{h_{(i)}} \rho(\xi)d\xi \tag{24}$$

Z rozważań [1] wynika, że w górotworze nad eksploatacją następuje obniżenie warstwy stropu wzdłuż brzegu podparcia, co można zapisać jako:

$$\partial\pi \times H_{(0)} = r\left(x^1, x^2\right) \tag{25}$$

gdzie:

$\partial\pi$ – brzeg obszaru pola górniczego.

Dla dalszych rozważań można przyjąć założenie o proporcjonalności między reakcją podpory (brzegu obszaru) a ugięciem warstwy w formie zależności:

$$r\left(x^1, x^2\right) = k \cdot w\left(x^1, x^2\right) \tag{26}$$

gdzie:

k - współczynnik proporcjonalności.

Wówczas schemat ideowy procesu w płaszczyźnie (x^1,x^2) można przedstawić jak na rys.3. Przy wykorzystaniu schematu ideowego (rys.3) oraz (26) równanie (23) przyjmie postać:

$$D\nabla^2\nabla^2 w\left(x^1, x^2\right) + k \cdot w\left(x^1, x^2\right) = p\left(x^1, x^2\right) \tag{27}$$

Rozwiązanie efektywne równania (27) można podać dla warstwy o regularnym brzegu $\partial\pi$ (koło, prostokąt) stosując trygonometryczną transformatę Fouriera dla brzegu nieregularnego (dowolny wielokąt), równanie (27) całkujemy numerycznie. Uwzględniając kinetykę analizowanego procesu (ruchomy brzeg obszaru deformacji $\partial\pi$) skorzystano z [8], gdzie strumień jest proporcjonalny do $\nabla w(\Phi \sim \nabla w)$, stąd:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = d \cdot \Delta w + v \cdot \nabla w \tag{28}$$

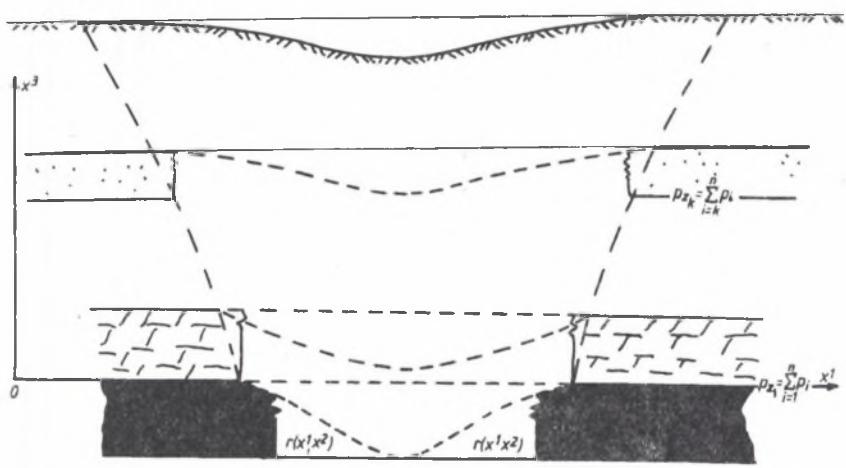
gdzie:

d - współczynnik dyfuzji,

Δ - laplasjan,

v - prędkość rozwoju eksploatacji.

Warunki graniczne dla (27) - uwzględnia się tu warunki Fouriera I i II rodzaju.



Rys.3. Przemieszczenie pionowe $w(x^1,x^2)$ warstw górotworu w płaszczyźnie x^1,x^2
Fig.3. Vertical displacement $w(x^1,x^2)$ of the rock mass lagers in the plane x^1,x^2

Jeżeli znana jest wielkość przemieszczenia $w(x^1,x^2)$ lub wielkośc tę określamy według (27), to kinetykę procesu można uwzględnić korzystając z [4], tj.:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = c[\, w(x^1,x^2) - w(x^1,x^2,t)] \tag{29}$$

gdzie:

c - współczynnik czasu.

Dla warunku początkowego $w(x^1,x^2,t=0)$ równanie (28) przyjmie postać:

$$\int_0^t \frac{dw(\cdot,\tau)}{w(\cdot)-w(\cdot,\tau)} = c\int_0^t d\tau$$

Przedstawione rozważania pozwalają określić stan deformacji dowolnej warstwy górotworu $H_{(i)}$ ciała A rozumiany jak opis w przemieszczeniach. Nie analizowano tu *reologicznych równań stanu*, które wiążą ze sobą tensory naprężeń i odkształceń z tensorami *prędkości naprężeń* i *odkształceń*. Wprawdzie czas, jako czynnik fizyczny, występuje tu w przedstawionych równaniach, można jednak wykazać, że są to tzw. *opisy przyrostowe*.

5. PODSUMOWANIE

W pracy zdefiniowano model ośrodka warstwowego jako bliższy strukturalnie budowie geologicznej górotworu. Podano opis ruchu ciała warstwowego wyrażony poprzez ruch powierzchni ograniczających poszczególne warstwy. Powstałe w wyniku oddziaływania pole przemieszczeń wyrażono w konfiguracji stanu naturalnego oraz w obszarze dwuwymiarowych pól przemieszczeń. Uwzględniając, że przemieszczenia są funkcjami współrzędnych punktów ośrodka, podano różniczkowy opis przyrostu przemieszczeń oraz wektor obrotu dowolnego elementu ośrodka. Jeżeli ośrodek spełnia warunki ciała sprężystego, zapisano równania przemieszczeń wynikające z warunków równowagi wewnętrznej Naviera. Dla ciała niesprężystego opis przemieszczeń wynika z działania sił masowych na daną warstwę. Brzeg podparcia warstwy jest podporą sprężystą i dla takiego schematu podano relację w formie równania różniczkowego dla składowej pionowej i związki dla przemieszczeń w płaszczyźnie poziomej. Zamknięcie pracy stanowi opis kinematyki procesu przemieszczeń bez analizy reologicznych równań stanu.

LITERATURA

[1] Biliński A.: Przejawy ciśnienia górotworu w polach eksploatacji ścianowej w pokładach węgla. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej "Górnictwo" z. 31, 1968.

[2] Filcek H.: Ugięcie stropu i ciśnienie w rejonie filara szybowego w świetle teorii zgęcia płyt w sprężystym podłożu. Zeszyty Naukowe AGH jednotematyczne pt. "Rozprawy", Kraków 1965.

[3] Knothe S.: Równanie profilu ostatecznie wykształconej niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t.I, z.1, Warszawa 1953.

[4] Knothe S.: Wpływ czsu na kształtowanie się niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t.I, z.1, Warszawa 1953.

[5] Kochmański T.: Obliczanie ruchów punktów górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. PWN, Warszawa 1956.

[6] Korn G.A., Korn T.M.: Matematyka. PWN, Warszawa 1983.

[7] Litwiniszyn J.: Równanie różniczkowe przemieszczeń górotworu. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa t.I, z.1, Warszawa 1953.

[8] Piwowarski W.: Opis przemieszczeń pionowych aktywnego procesu deformacji górotworu w warunkach eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe AGH, Kraków 1989.

[9] Woźniak C.: Wstęp do mechaniki analitycznej kontinuum materialnego. Prace IPPT PAN, Warszawa 1975.

[10] Zych J.: Metoda prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu uwzględniająca asymetryczny przebieg deformacji. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej "Górnictwo" z. 164, Gliwice 1987.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan ZYCH

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1994 r.

Abstract

Rockmass, from the point of view of physics, is a laminar medium naving varied geological condition. The aim of this paper is an attempt to build a model of the deformation process which takes into account laminar structure of the medium. It has been assumed that it is a three-dimensional structure of finite number of strata, which in mathematical notation is formulated by equation (1). Each stratum is limited by two planes and its geometry is described by equation (2).

Kinetics of deformation process of medium is completely defined by movement of particular planes, which has been written in the form of equation (3). Whereas movement of any point of the laminar medium is expressed by equation (7). While relation (9) describes in a general form - field of vertical dislocations w(.) and area of horizontal dislocations u(.) and v(.).

What comes about under the influence of deep mining is change of field of dislocations. When a laminar medium satisfies the conditions of elastic substance then description of dislocations is expressed by differential equations (2 1). They are stationary equations.

Taking into account kinetics of deformation process appriopriate equations for vertical dislocations take form (28) or (29) with Fourier's conditions of type I and II.

Equations presented above make it possible to define state of deformation of any stratum H(i) of the given medium. In accordance with the scheme (fig.3) each stratum is located on an elastic post in horizontal surface along the edge of the support.

Assumption of laminar structure of medium makes it possible to take into account variation of geological conditions which in the model is defined in the form of loads resulting from gravity and durability of particular strata.