

Andrzej JAWORSKI

ZWIĄZEK POMIĘDZY DEFORMACJĄ GÓROTWORU A WYDATKIEM ENERGETYCZNYM WSTRZĄSÓW GÓRNICZYCH Z REJONU KOPALŃ „BOBREK” I „MIECHOWICE”

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań wiążących poziom sejsmiczności indukowanej ze stanem deformacyjno-energetycznym górotworu naruszanego wcześniej przeprowadzoną oraz indukującą rozpatrywane wstrząsy eksploatacją górnictwem.

Badaniami objęto zbiór wstrząsów zarejestrowanych w ostatnich kilku latach w najsilniej zagrożonym sejsmicznie rejonie Niecki Bytomskiej.

Zaproponowano rozszerzenie dotychczas stosowanego modelu analitycznego na wszystkie wytrzymałe warstwy skalne obejmowane deformacyjnymi wpływami eksploatacji.

Uzyskano dużą zgodność pomiędzy obserwowanymi a obliczonymi analitycznie rozkładami (mapami warstwicowymi) wydatku energetycznego wstrząsów.

DEPENDENCE BETWEEN ROCK MASS DEFORMATION AND ENERGY EXPENDITURE OF MINING TREMORS, IN THE AREA OF COAL MINES „BOBREK” AND „MIECHOWICE”

Summary. The paper presents the investigation results linking the level of induced seismicity with the condition of rock mass in view of deformation and energy, with the rock mass having been formerly subjected to mining which induced the discussed tremors. The investigations comprised a group of tremors which have been recorded over last few years in the area of Bytom Coal Basin - an area posing the greatest seismic hazards. The author suggests expansion of the analytical model used so far onto all resistant rock layers subjected to deformation caused by mining. There is a considerable concurrence between the observed and the analytically distributions (contour maps) of tremor energy expenditure.

DEFORMACION DEL TERRENO Y SU RELACION CON EL GASTO DE ENERGIA OCASIONADO POR LOS CHOQUES EN LA REGION DE LAS MINAS „BOBREK” Y „MIECHOWICE”

Resumen. En el presente artículo se han presentado los resultados de los estudios que relacionan el nivel de la simicidad inducida con las deformaciones del terreno dañado por la explotación minera. Se ha estudiado una serie de choques registrados estos últimos años en la Cuenca de Bytom - región que corre más riesgo de los choques mineros. Se ha propuesto ampliar el uso del modelo analítico en vigor hasta la fecha de manera que pueda tomar en cuenta todas las capas de las rocas duras dañadas por las deformaciones mineras. Se ha notado una gran convergencia de las distribuciones de los gastos de energía ocasionados por los choques (mapas de las curvas de nivel), las que han sido observadas en práctica y las calculadas de una manera analítica.

1. WPROWADZENIE

Podstawowe założenia oraz rezultaty badań prowadzonych w poprzednich latach przez J. Białka, B. Drzęźłę i A. Jaworskiego nad prognozowaniem metodą analityczną sejsmiczności indukowanej wielopokładową eksploatacją górnictw przedstawił w publikacjach [1], [2], [3]. Celem tych prac, jak i prezentowanych obecnie wyników ostatnich badań autora jest ustalenie zależności pomiędzy zmiennymi w czasie składowymi tensora odkształcenia górotworu a wielkością emitowanej energii wstrząsów i ich liczebnością.

Prace te podają zależności na obliczanie przyrostu energii deformacji, za pomocą których po wyspecyfikowaniu parametrów można prognozować rozkłady gęstości energii oraz liczebności wstrząsów na wybiegach rozpatrywanych pól ścianowych oraz w ich sąsiedztwie. Prezentowane podejście stanowi próbę zintegrowania oddzielnie na ogół rozpatrywanych zagadnień, to jest aktywności sejsmicznej opisywanej metodami geofizyki górniczej oraz deformacji w otoczeniu wyrobisk górniczych opisywanych metodami geomechaniki górniczej.

W dotychczasowych badaniach przyjmowano założenie, że większość z rozpatrywanych, rejestrowanych wstrząsów ma swoje ogniska w deformowanej eksploatacyjno-wytypowanej, mocnej warstwie skalnej. Poprawność takiego założenia jest jednak trudna do zweryfikowania z uwagi na brak wiarygodnych danych o współrzędnej wysokościowej (z) ognisk rejestrowanych wstrząsów. Założenie powyższe jest zaś na pewno nie do przyjęcia w licznych sytuacjach, gdy w zasięgu wpływów rozpatrywanej eksploatacji górniczej znajduje się szereg mocnych warstw skalnych.

Taka sytuacja towarzyszy eksploatacji prowadzonej w silnie zagrożonych sejsmicznie rejonach Niecki Bytomskiej, gdzie pomiędzy pokładami siodłowymi, a także nad i pod wiązką tych pokładów zalegają mocne warstwy skalne w tym grube ławy piaskowca.

W przedstawionych badaniach, którymi objęto rejon wzmożonej aktywności sejsmicznej obserwowanej w 7 kopalniach Niecki Bytomskiej, autor zaproponował modyfikację dotychczas stosowanego modelu analitycznego rozszerzając go na wszystkie wytrzymałe warstwy skalne, obejmowane deformacyjnymi wpływami eksploatacji. Rozszerzenie modelu na m warstw skalnych umożliwi przy zachowaniu wysokiej efektywności numerycznej uzyskanie znacząco lepszej korelacji pomiędzy wartościami przewidywanymi E_p a obserwowanymi E_w gęstości energii sejsmicznej i liczebności rejestrowanych wstrząsów. Ilustrują to przykładowo

prezentowane wyniki badań nad sejsmicznością indukowaną eksploatacją przeprowadzaną w latach 1990-94 w sąsiadujących ze sobą obszarach kopalni Bobrek i Miechowice.

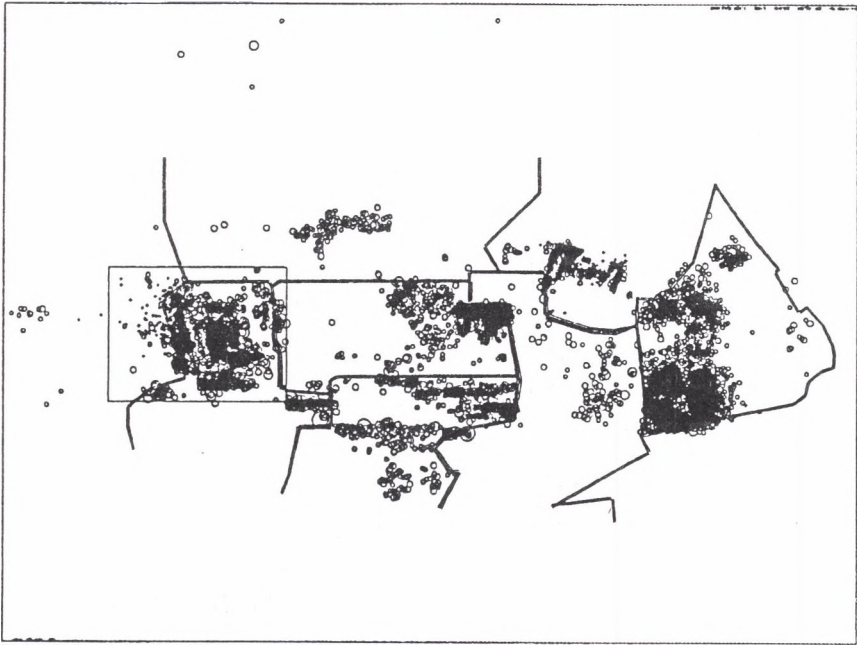
Powyższy rejon Niecki był w analizowanym czasokresie (90.10.01-94.10.01), a także jest obecnie najsilniej zagrożony wstrząsami (rys. 1) i tąpnięciami. Eksploatacja w tym rejonie prowadzona jest w silnie zmiennych warunkach górniczych determinowanych wpływami złożonego układu zaszczości eksploatacyjnych wytworzonych w pokładach grupy 400 i 500.

Na ponad 24 tys. wstrząsów o energiach z przedziału od 10^2J do 10^6J i o sumarycznym wydatku energetycznym $2 \cdot 10^8\text{J}$ zarejestrowanych w 7 kopalniach Niecki (rys.1) na analizowany obszar kopalń Bobrek i Miechowice (rys. 2) przypada ponad 3,5 tys. wstrząsów, których udział w sumarycznym wydatku energetycznym dochodzi do 50% ($9.5 \cdot 10^7\text{J}$). Natomiast wydatek energetyczny najsilniejszych wstrząsów (10^5 , 10^6J) zarejestrowanych w obszarze kopalń Bobrek i Miechowice stanowił już ok. 70% ($3.5 \cdot 10^7\text{J}$) wydatku wszystkich wstrząsów tej grupy zarejestrowanych w obszarze Niecki.

Mimo iż energia sejsmiczna wstrząsów rejestrowanych w obszarze kopalń Bobrek i Miechowice w analizowanym okresie nie przekraczała rzędu 10^6J , to w trakcie prowadzenia robót górniczych w pokł. 509 i 510 zarejestrowano aż 11 tąpnięć.

Z rozpatrywanego zbioru zdarzeń wydzielono ponad 1.5 tys. wstrząsów o energiach z przedziału 10^2J do 10^5J zarejestrowanych w silnie aktywnym sejsmicznie rejonie zawałowych ścian 7a, 4 i 5 prowadzonych w pokł. 509 kop. Bobrek.

Powyższe wstrząsy (niskoenergetyczna moda) odpowiedzialne za szereg tąpnięć można interpretować jako wynik sejsmiczności bezpośrednio generowanej dokonaną i prowadzoną eksploatacją, a więc mogą stanowić przedmiot badań wiążących poziom sejsmiczności indukowanej z parametrami opisującymi deformacje ośrodka skalnego. Wskazują na to wyniki szeregu badań. Wielu autorów, Drzęzła B. i inni, 1985 [4], Kijko A. i inni, 1986 [9], analizując powtarzalność silniejszych zjawisk sejsmicznych, zauważyło, że w niektórych przypadkach indukowane eksploatacją wstrząsy górnicze mogą mieć rozkład wielomodalny. Prace te, a także badania S.Gibowicza, 1989 [5], S.Lasockiego, 1990 [10], W.Zuberka, 1992 [14], A.Idziaka i innych, 1991 [7], pozwoliły wyróżnić w zbiorach rejestrowanych wstrząsów górniczych dwie grupy wstrząsów, to jest bardzo liczne wstrząsy słabe oraz nieliczne wstrząsy



Rys.1. Rozmieszczenie ognisk wstrząsów zarejestrowanych w rejonie Niecki Bytomskiej w okresie 90.10.01 - 94.10.01

Fig.1. Distribution of tremor centers recorded in the area of Bytom Coal Basin within the period 90.10.01 - 94.10.01

silne. Wstrząsy słabe, niskoenergetyczne o energii sejsmicznej, Gibowicz S., 1989 [5] mniejszej od $1 \times 10^7 \text{J}$ (magnitudzie poniżej 3) indukowane są w sąsiedztwie wyrobisk górniczych, a ich ogniska przemieszczają się wraz z postępującym frontem eksploatacji. Ta niskoenergetyczna moda może być interpretowana jako wynik sejsmiczności bezpośrednio generowanej eksploatacją górniczą.

Aktywność sejsmiczna odniesiona do tej niskoenergetycznej grupy wstrząsów zależy od własności górotworu i czynników górniczych, takich jak prędkość postępu eksploatacji czy wielkość wybranej przestrzeni; Marcak H., 1985 [11], Kijko A., 1985 [8].



Rys.2. Rozmieszczenie ognisk wstrząsów o en. $\geq 1 \times 10^4$ J zarejestrowanych w rejonie ścian 7a, 4, 5 - pokł. 509 kop. Bobrek w okresie 90.10.01 - 94.10.01

Fig.2. Distribution of tremor centers of en. $\geq 1 \times 10^4$ J recorded in the area of walls 7a, 4, 5 - seam 509, coal mine Bobrek, within the period 90.10.01 - 94.10.01

2. STAN ZDEFORMOWANIA MOCNYCH WARSTW SKALNYCH A WYDATEK ENERGETYCZNY WSTRZĄSÓW INDUKOWANYCH EKSPLOATACJĄ GÓRNICZĄ

W dużych obszarach górotworu zmienne w czasie wpływy wielopokładowej eksploatacji górniczej praktycznie są możliwe do efektywnego opisanie poprzez czasoprzestrzenne rozkłady wskaźników deformacji górotworu [1], [2].

Biorąc pod uwagę i uznając za udokumentowane, że deformacja skał w zasięgu wpływów eksploatacji jest jedną z głównych przyczyn wstrząsów górniczych - Mc Gaar A., Green R.W., 1975 [12], Wanior J., 1982 [13], Kijko A., 1985 [8] - można poszukiwać zależności funkcyjnych pomiędzy przebiegiem deformacji górotworu w czasie a poziomem aktywności sejsmicznej.

Sposób prognozowania w płaszczyźnie pokładu lub w określonej warstwie skalnej rozkładu gęstości energii sejsmicznej [J/m^2 , J/m^3] został przedstawiony w pracach [1], [2]. Przedstawiono tam także rozkłady wartości obserwowanych E_w i przewidywanych E_p powyższego wskaźnika w formie planu warstwicowego, uwidaczniającego położenie obszarów silniej zagrożonych sejsmicznie względem rozpatrywanych wyrobisk górniczych. Pomiedzy rozkładami wartości obserwowanych wskaźnika aktywności sejsmicznej wygenerowanymi na podstawie katalogu zarejestrowanych wstrząsów a rozkładami wartości przewidywanych uzyskiwano jakościową zgodność. Jednak wartości przewidywane gęstości energii sejsmicznej - wyznaczone drogą porównania (specyfikacja parametrów) obliczanych przyrostów wskaźników deformacji (charakteryzujących przyrost energii odkształcenia) z rzeczywistym wydatkiem energetycznym wstrząsów - były często stosunkowo słabo skorelowane z wartościami obserwowanymi (współczynnik korelacji $r \leq 0.5$).

Dalsze badania pokazały - Białek J., Drzęźła B., Jaworski A., [3], że w niektórych przypadkach lepsze wyniki można uzyskać, jeśli przyrost energii deformacji, której część może wyzwalać się poprzez wstrząsy górnicze, wiązać ze zmianą odkształcenia oktaedrycznego. Odkształcenie to występuje w klasycznym wzorze Clapeyrona na potencjał sprężystości i jest niezmiennikiem dewiatora. Tak więc przy założeniu, że górotwór jest nieściśliwym, liniowo sprężystym ośrodkiem, stan energetyczny zdeformowanej skały zależny będzie od kwadratu odkształcenia oktaedrycznego.

Przy pominięciu wpływu ruchów poziomych odkształcenie to można wyrazić poprzez odkształcenie pionowe (ϵ_z) oraz składowe nachylenia (T_x , T_y), a wskaźnikiem stanu energii φ skały w obszarze wpływów eksploatacji może być funkcja:

$$\varphi(x, y, z, t) = A_1(T_x^2 + T_y^2) + A_2\epsilon_z^2 \quad (1)$$

Jeżeli uwzględnić fakt, że materiał skalny w górotworze wskutek ciężaru nadkładu jest wstępnie pionowo odkształcony o wielkość ε_{z0} , to wzór (1) przybierze postać:

$$\varphi(x, y, z, t) = A_1(T_x^2 + T_y^2) + A_2(\varepsilon_z + \varepsilon_{z0})^2 \quad (1.1)$$

Zależność powyższą można wykorzystać próbując zbudować model opisu wydatku energetycznego lub ilości wstrząsów wydzielanych na jednostkę powierzchni w określonym przedziale czasu.

Prędkość zmian energetycznych spowodowanych zmianami stanu odkształcenia w czasie uzyska się obliczając pochodną względem czasu t ze wskaźnika stanu energii odkształcenia określonego wzorem (1.1):

$$\frac{d\varphi}{dt} = 2\bar{A}_1 \left(T_x \frac{dT_x}{dt} + T_y \frac{dT_y}{dt} \right) + 2\bar{A}_2 (\varepsilon_z + \varepsilon_{z0}) \frac{d\varepsilon_z}{dt} \quad (2)$$

Wielkość odkształcenia pierwotnego ε_{z0} jest nieznaną. Można założyć, że wielkość ε_{z0} jest liniowo zależna od głębokości H i nieznanego parametru A_3 , który reprezentuje własności mechaniczne skały. Dla zachowania liniowej ze względu na nieznanne parametry A_1 , A_2 , A_3 postaci wzoru (2) przedstawiono go w nieco zmienionej postaci:

$$\frac{d\varphi}{dt} = 2A_1 \left(T_x \frac{dT_x}{dt} + T_y \frac{dT_y}{dt} \right) + 2A_2 \varepsilon_z \frac{d\varepsilon_z}{dt} + A_3 H \frac{d\varepsilon_z}{dt} \quad (2.1)$$

Składniki wzoru (2.1) mogą być zarówno dodatnie, jak i ujemne, gdyż potencjalna energia odkształcenia może wzrastać lub maleć. Analiza dużej populacji wstrząsów górniczych wykazuje, że ich hipocentra występują z różnym nasileniem, zarówno przed, jak i za czołem ściany. Jeśliby tu zastosować analogię do ściskania próbki skalnej, to można powiedzieć, że energia sejsmiczna jest wydzielana zarówno w czasie obciążania, jak i odciążania warstwy skalnej, jednak intensywność tego procesu jest różna. Wynika stąd, że w zależności od znaku iloczynów odkształceń ε_z i pochodnej $d\varepsilon_z/dt$ oraz znaku sumy iloczynów składowych nachyleń i pochodnej ze składowych nachyleń występujących we wzorze (2.1) - parametry A_1, A_2, A_3 mogą mieć po dwie różne wartości. Okazuje się więc, że trzeba będzie wyspecyfikować 6 nieznanymi parametrów.

Następnym istotnym problemem wymagającym uwzględnienia jest obserwowana, istotna zależność ilości i energii wstrząsów od znaku odkształceń pionowych ε_z . Wprawdzie we wzorze (2.1) jest ujęta zależność od ε_z , to jednak dotychczasowe doświadczenie wykazuje,

że w rejonach, w których zaszłości eksploatacyjne spowodowały odprężenie górotworu ($\epsilon_z > 0$), obserwuje się zasadniczy spadek aktywności sejsmicznej górotworu.

Dokonując całkowania wzoru (2.1) po czasie t z uwzględnieniem powyższych uwag, uzyskuje się zależność (3), która po wyspecyfikowaniu nieznanymi parametrów A_i opisuje aktywność sejsmiczną indukowaną eksploatacją górnictw:

$$E_{\varphi}(x, y, z = \text{const.}, t_1, t_2) = A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 + A_4 X_4 + A_5 X_5 + A_6 X_6 \quad (3)$$

gdzie:

E_{φ} - obliczany na podstawie zmian odkształceń pionowych i nachyleń wydatek energetyczny w punkcie górotworu o współrzędnych x, y, z w przedziale czasu $t_1 < t < t_2$.

Składowe X_i liniowej zależności (3) są całkami po czasie t z poszczególnych składowych wzoru (2.1):

$$X_i = \int_{t_1}^{t_2} F_i(t) dt$$

przy czym przykładowo:

$$\begin{aligned} F_1(t) &= T_x \frac{dT_x}{dt} + T_y \frac{dT_y}{dt} \quad \text{dla} \quad T_x \frac{dT_x}{dt} + T_y \frac{dT_y}{dt} > 0 \\ F_1(t) &= 0 \quad \text{dla} \quad T_x \frac{dT_x}{dt} + T_y \frac{dT_y}{dt} < 0 \end{aligned} \quad (3.1)$$

Dla analizowanych zbiorów wstrząsów górniczych z obszaru kopalń Bobrek i Miechowice współczynnik korelacji pomiędzy wyznaczanymi w oparciu o zależność (3) wartościami przewidywanymi E_{φ} a obserwowanymi E_w gęstości energii sejsmicznej nie przekraczał 0.5 ($r < 0.5$).

Zależność (3) nie uwzględnia faktu, że skały budujące górotwór posiadają własności reologiczne, co w praktyce powinno powodować spadek z upływem czasu intensywności oddziaływania zaszłości eksploatacyjnych. Stąd też uzasadnione wydaje się rozszerzenie zależności (3) poprzez wprowadzenie dodatkowego wyrażenia charakteryzującego ten proces.

Tak więc na wysokości zalegania rozpatrywanej warstwy skalnej proponuje się obliczać także pewne zastępcze odkształcenie pionowe ϵ_z , którego spadek przebiegać będzie w podobny sposób jak spadek podlegających relaksacji naprężeń pionowych:

$$\varepsilon_{zr}(x, y, t) = \int_0^t \frac{d\varepsilon_z}{d\tau} e^{-t_z(t-\tau)} d\tau \quad (4)$$

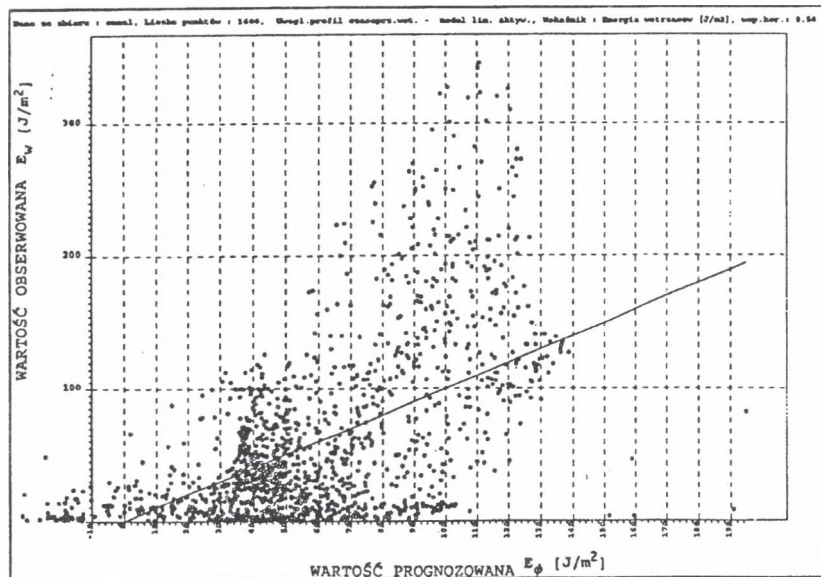
gdzie:

t_z - współczynnik określający szybkość spadku oddziaływania zaszcłości eksploatacyjnych.

W konsekwencji takiego zmodyfikowania zależności (3) rozszerzy się ona o kolejne składowe A_7X_7 , A_8X_8 (które charakteryzować będą wpływ czynnika reologicznego na poziom sejsmiczności indukowanej) i przybierze postać:

$$E_\varphi(x, y, z = \text{const.}, t_1, t_2) = A_1X_1 + A_2X_2 + \dots + A_8X_8 \quad (5)$$

Współczynnik korelacji pomiędzy tak wyznaczanymi przy wykorzystaniu zależności (5) wartościami przewidywanymi E_φ a obserwowanymi E_w gęstości energii $[J/m^2]$ wszystkich zarejestrowanych wstrząsów wynoszą: $r = 0.52$ - dla obszaru kop. Bobrek i Miechowice i $r = 0.58$ - dla rejonu ścian 7a, 4 i 5 kop. Bobrek (rys. 3).



Rys.3. Zależność pomiędzy wartościami obserwowanymi E_w a przewidywanymi E_φ wydatku energetycznego wszystkich wstrząsów indukowanych w rejonie pól ścian 7a, 4 i 5

Fig.3. Dependency between observed values E_w and forecasted E_φ of energy expenditure of all tremors induced in the area of wall fields 7a, 4 and 5

Powyższe zależności - modele opisujące wydatek energetyczny wstrząsów wydzielany w rozpatrywanym obszarze górotworu i przedziale czasu mogą być wykorzystywane do prognozowania poziomu zagrożenia sejsmicznego tylko w rejonach, gdzie zdecydowana większość indukowanych eksploatacją wstrząsów ma swoje ogniska w określonej, pojedynczej warstwie skalnej. Wypytowanie takiej warstwy stwarza na ogół duże trudności z uwagi na brak wiarygodnych danych o współrzędnej wysokościowej (z) ognisk rejestrowanych wstrząsów. Trudności te się pogłębiają, jeśli w zasięgu wzmożonych wpływów eksploatacji górniczej znajduje się szereg mocniejszych warstw skalnych, z których każda może być odpowiedzialna za rejestrowane zdarzenia.

W takich przypadkach, aby uniknąć w praktyce niezwykle czasochłonnego całkowania po współrzędnej (z) wielkości określanych zależnością (5), proponuje się rozszerzenie omawianego modelu na wszystkie mocniejsze warstwy skalne, które zalegając nad, a także pod wybieranymi pokładami obejmowane są wpływami rozpatrywanej eksploatacji.

Korzystając ze wzoru (5) dla pojedynczej warstwy - sumaryczną energię wstrząsów wydzielaną na jednostkę powierzchni obszaru ze wszystkich rozpatrywanych m - warstw proponuje się wyrazić zależnością:

$$E_{\varphi}(x, y, t_1, t_2) = \sum_{n=1}^m A_{1n} X_{1n} + \dots + A_{8n} X_{8n} \quad (6)$$

przy czym tok obliczeń będzie przebiegać następująco:

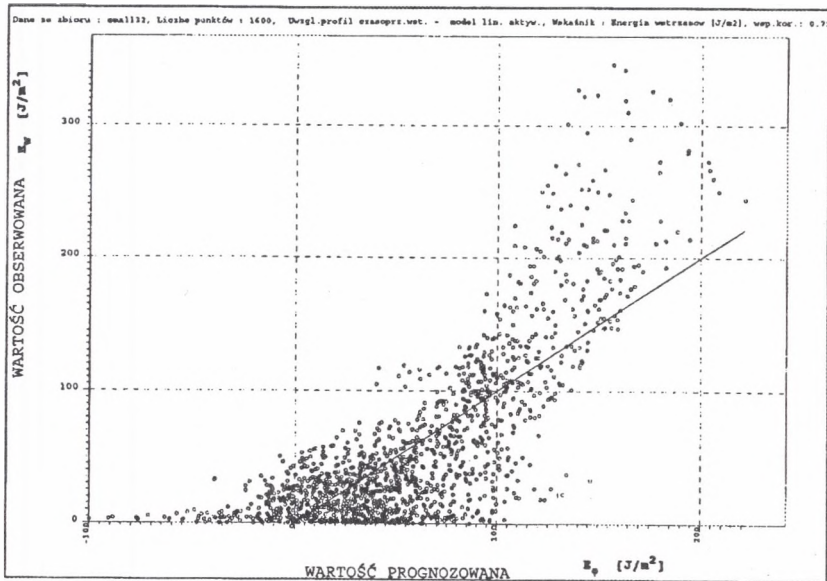
- dla każdego z punktów $P(x, y, z)$ siatki obliczeniowej tworzone są wieloelementowe tablice zmieniających się z upływem czasu i kolejną warstwą skalną wartości obniżenia $W_{(ij)}$, nachyleń $Tx_{(ij)}$ i odkształcenia $\epsilon z_{(ij)}$,
- przy wykorzystaniu tablic wartości $W_{(ij)}$, $Tx_{(ij)}$, $Ty_{(ij)}$, $\epsilon z_{(ij)}$ wyznaczane są wielkości X_{in} stanowiące $m \cdot 8$ - elementową macierz \mathbf{X} zmiennych niezależnych.

Dysponując macierzą \mathbf{X} zmiennych niezależnych oraz wektorem obserwacji \mathbf{E} (wartościami wydzielonej przez zarejestrowane wstrząsy energii; [J/m^2]) wyznacza się metodą najmniejszych kwadratów współczynniki A_{in} regresji wielokrotnej, opisanej wzorem (6). W przypadku rozpatrywania m -warstw skalnych wyznaczeniu podlega $m \cdot 8$ współczynników. Wydaje się, że dla redukcji ilości podlegających wyznaczeniu współczynników można uprościć powyższy model przyjmując, że współczynniki specyfikowane dla każdej z poszczególnych warstw

skalnych (8 współczynników dla 1 warstwy) różnią się jedynie stałym dla danej warstwy mnożnikiem.

Wyznaczając w oparciu o zależność (6) płaski rozkład (plan warstwiczny) wydatku energetycznego wstrząsów górniczych indukowanych w analizowanym rejonie kopalń Bobrek i Miechowice oraz przyjmując, że o poziome aktywności sejsmicznej decydują tam procesy deformacyjno-naprężeniowe zachodzące we wszystkich silniej deformowanych mocnych warstwach skalnych, to jest w czterech warstwach piaskowca (1 warstwa poniżej poziomu eksploatacji), uzyskano dalszą, znaczącą poprawę wyników prognozy porównawczej.

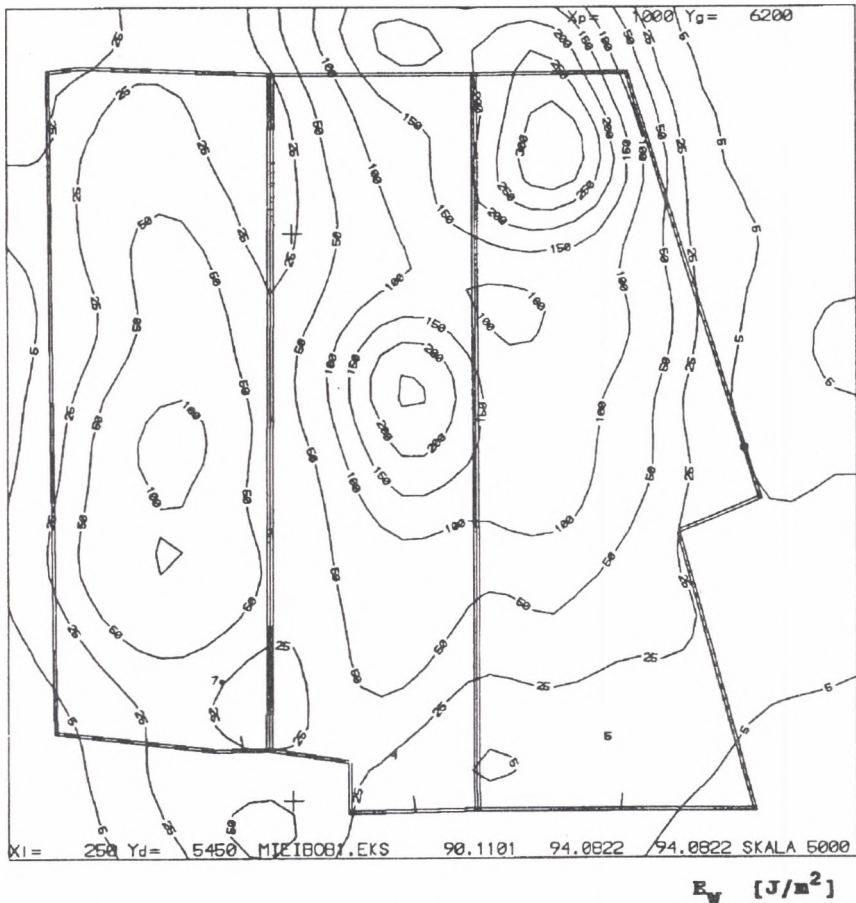
Współczynnik korelacji pomiędzy wartościami przewidywanymi E_{ϕ} a obserwowanymi E_w sumarycznego wydatku energetycznego wstrząsów z obszaru kopalń Bobrek i Miechowice wynosi w takim przypadku $r = 0.69$; dla rejonu ścian 7a, 4, 5 kop. Bobrek przyjmuje on wartość $r = 0.77$ (rys. 4).



Rys.4. Zależność pomiędzy wartościami obserwowanymi E_w a przewidywanymi za pomocą wzoru (6) wartościami E_{ϕ} wydatku energetycznego wstrząsów indukowanych w rejonie pól ścian 7a, 4 i 5

Fig.4. Dependency between observed values E_w and the values E_{ϕ} of energy expenditure of all tremors induced in the area of wall fields 7a, 4 and 5, forecasted by means of equation (6)

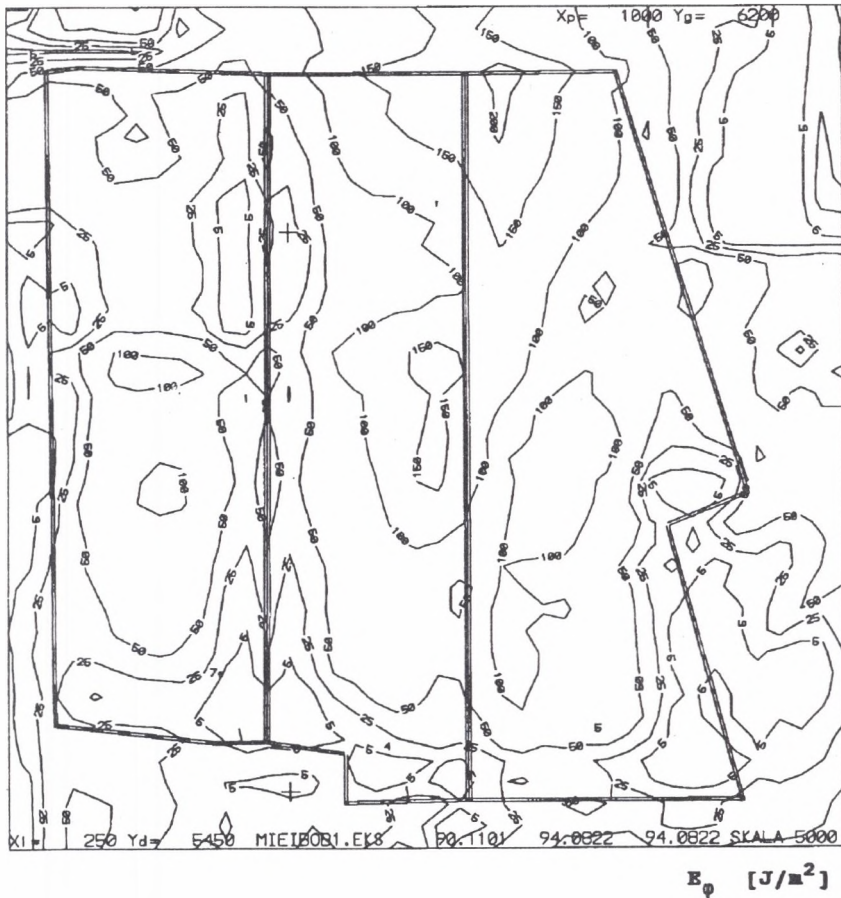
Rozkład (plan warstwiczny) rzeczywistych wartości wydatku energetycznego E_w , [J/m^2] zarejestrowanych w rejonie ścian 7a, 4, 5 wstrząsów przedstawia rys. 5.



Rys.5. Rozkład wartości obserwowanych E_w , [J/m^2] wydatku energetycznego wstrząsów indukowanych w rejonie śc. 7a, 4, 5 w okresie 90.10.01 - 94.10.01

Fig.5. Distribution of observed values E_w , [J/m^2] of energy expenditure of tremors induced in the area of wall fields 7a, 4 and 5, within the period 90.10.01 - 94.10.01

Rozkład (plan warstwiczny) przewidywanych porównawczo w oparciu o zależność (6) wartości wydatku energetycznego E_φ , [J/m^2] przedmiotowych wstrząsów przedstawia rys. 6.



Rys.6. Rozkład przewidywanych za pomocą wzoru (6) wartości E_{ϕ} ; [J/m^2] wstrząsów indukowanych w rejonie śc. 7a, 4, 5 w okresie 90.10.01 - 94.10.01

Fig.6. Distribution of values E_{ϕ} ; [J/m^2] of tremors induced in the area of wall fields 7a, 4 and 5, within the period 90.10.01 - 94.10.01, forecasted by means of equation (6)

Uzyskana duża zgodność wyników (współczynnik korelacji $r = 0.77$) pomiędzy wartościami obserwowanymi E_w a przewidywanymi E_{ϕ} upoważnia już do podjęcia próby wykonania przy wykorzystaniu zależności (6) prognozy wyprzedzającej rozkładu wydatku energetycznego, a także liczebności wstrząsów dla kolejnych wybrań projektowanych w przedmiotowym rejonie eksploatacyjnym.

LITERATURA

1. Białek J., Jaworski A., 1989: Próba oceny aktywności sejsmicznej na podstawie prognozowanych stanów deformacyjnych.
2. Białek J., Drzęźła B., Jaworski A., 1992: Próba ustalenia zależności funkcyjnych pomiędzy przebiegiem deformacji górotworu w czasie a energią sejsmiczną dla warunków KWK Rydułtowy. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-16 (245).
3. Białek J., Drzęźła B., Jaworski A.: Prognozowanie metodą analityczną wydatku energetycznego wstrząsów indukowanych w górotworze deformowanym wielopokładową eksploatacją. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. - w druku.
4. Drzęźła B., Mendecki A., Garus A., 1985: Czasowe zmiany w powtarzalności wstrząsów z rejonu niecki bytomskiej. ZN Pol. Śl. s.Górnictwo, z.138.
5. Gibowicz S., 1989: Mechanizm ognisk wstrząsów górniczych. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M.13 (221).
6. Gibowicz S., Kijko A.: An Introduction to Mining Seismology. Academic Press, INC. 1994 r.
7. Idziak A., Sagan G., Zuberek W., 1991: Analiza rozkładów energetycznych wstrząsów z obszaru Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., M-15 (235).
8. Kijko A., 1985: Model związku aktywności sejsmicznej górotworu z eksploatacją. Acta Geoph. Pol. 33.3.
9. Kijko A., Drzęźła B., Mendecki A., 1986: Bimodalny charakter ekstremalnych zjawisk sejsmicznych w kopalniach. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. M-8 (191).
10. Lasocki S., 1990: Predykcja silnych wstrząsów górniczych. ZN AGH, Geofizyka Stosowana nr 7.
11. Marcak H., 1985: Geofizyczne modele rozwoju procesu niszczenia górotworu poprzedzające tąpnięcia i wstrząsy w kopalniach. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc. M-6 (176).
12. Mc.Garr A., Green R.W., 1975: Measurements of tilt in a deep level gold mine and its relationship to mining and seismicity. Geoph. J.R. Astr. Soc. 43.

13. Wanior J., 1982: Metoda prognozowania wstrząsów i tąpnięć w oparciu o wyniki pomiarów geodezyjnych. PTPNOZ, Częstochowa.
14. Zuberek W., 1992: Sejsmiczność indukowana eksploatacją górniczą na powierzchniach nieciągłości w górotworze. ZN AGH, Geofizyka stosowana z. 9.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Józef Dubiński

Wpłynęło do Redakcji 12 października 1995 r.

Abstract

The paper presents results of experiments to find out interdependence between the level of induced seismism and the rock mass deformation as well as energetic condition in the case of mining induced deformation of rock mass.

Seismic events recorded in recent years in the most endangered part of Bytom basin were examined.

It was suggestef that the analutical model used so far should be applied for all resistant rock layers influenced by mining induced deformation. A strict conformity was found between the observed and calculated contour maps of seismic event energy release.