

Andrzej JAWORSKI

## OCENA ZAGROŻENIA WSTRZĄSAMI I TĄPANIAMI PROJEKTOWANYCH ROBÓT GÓRNICZYCH NA PODSTAWIE ANALITYCZNYCH PROGNOZ NAPRĘŻENIOWYCH ORAZ DEFORMACYJNO-ENERGETYCZNYCH WARUNKÓW WYBIERANIA

**Streszczenie.** Omówiono możliwości oraz sposób przeprowadzania analitycznych prognoz naprężeniowych i deformacyjno-energetycznych warunków wybierania na wybiegach ścian prowadzonych w zasięgu wpływów wielopokładowych, nieregularnie wykształtowanych zaszczości eksploatacyjnych. Wskazano na typowo porównawczy charakter metody prognozowania, wymagający weryfikacji wyników na podstawie obserwacji dołowych i badań geofizycznych. Na przykładzie konkretnych prognoz stanu naprężeń, zdeformowania skał stropowych oraz wydatku energetycznego potencjalnych wstrząsów pokazano możliwości wykorzystania prognoz analitycznych do określania wpływu parametrów eksploatacji na poziom potencjalnego zagrożenia wstrząsami i tąpniętami.

## EVALUATION OF SEISMIC AND ROCKBURSTS HAZARDS OF PLANNED MINING WORKS ON THE BASIS OF ANALYTIC STRESS PROGNOSIS AS WELL AS DEFORMATION AND ENERGETIC MINING CONDITIONS

**Summary.** Possibilities and ways of making analytic stress prognoses as well as deformation and energetic conditions of mining in the longwalls within the multiseam irregularly formed exploitation remnants have been discussed. Typically comparative character of the prognosis method has been pointed out, which requires verification of results obtained by means of underground observations and geophysical tests. On the basis of certain stress state prognoses, deformations of cap rocks and energy release of potential seismic events, the possibility to apply analytic forecasts for defining the influence of mining parameters on the level of potential seismic event and rockburst hazard have been presented.

## 1. Wprowadzenie

Naprężeniowe oraz deformacyjne wpływy na górotwór wybrań o określonych parametrach, a zwłaszcza wpływy różnorodnie wykształtowanych zaszczości eksploatacyjnych określane są na ogół za pomocą metod analitycznych. Dotyczy to szczególnie słabo rozciętych wyrobiskami partii pokładów, a generalnie warstw skalnych niedostępnych dla badań geofizycznych.

Jeżeli rozpatruje się duże obszary górotworu, na przykład wybieg projektowanej ściany czy potencjalnie zagrożony wstrząsami i tąpniętami rejon eksploatacyjny, to aby uwzględnić w prognozie zmienne w czasie i przestrzeni wpływy wielopokładowych wybrań, praktycznie można obecnie korzystać [2],[3],[5],[11] z odpowiednio zmodyfikowanych rozwiązań mechaniki ośrodków ciągłych oraz rozwiązań teorii geometryczno-całkowych. Obecne bowiem możliwości obliczeniowe, a także brak danych o silnie zmiennych własnościach skał ograniczają jeszcze stosowanie w szerokim zakresie intensywnie rozwijanych metod numerycznych, jak MES i MEB. Tak więc do opisu zmian w rozkładzie w górotworze składowych tensora odkształcenia i naprężenia wykorzystywane są przemieszczeniowe, przestrzenne rozwiązania [5],[9] teorii sprężystości. Ponadto do opisu pionowych ruchów górotworu i ich pochodnych nad, a także pod [2],[4] eksploatowanymi pokładami wykorzystywane są rozwiązania teorii geometryczno-całkowych, stanowiących szczególne rozwiązanie teorii ośrodka stochastycznego. Znajomość składowych tensorów odkształcenia i naprężenia stwarza możliwości opisu rozkładu akumulowanej w górotworze energii sprężystej oraz poszukiwania zależności pomiędzy tymi składowymi a poziomem sejsmiczności indukowanej. Porównując obliczany czasoprzestrzenny rozkład składowej pionowej ruchów górotworu i jej pochodnych z rozkładem rejestrowanej aktywności sejsmicznej - w oparciu o wyznaczone parametry równania regresji, można już obecnie prognozować rozkład wskaźnika określającego wydatek energetyczny wstrząsów górniczych [3],[11]. Uwzględniane w opisie czynniki górnicze, takie jak objętość wybranego złoża, parametry eksploatacji, układ zaszczości eksploatacyjnych, zasadniczo różnicują, co stwierdza się praktycznie, nie tylko pola naprężeń i deformacji. Stanowią one także o poziomie sejsmiczności bezpośrednio indukowanej robotami górniczymi [3],[6],[7],[10],[11],[12],[13],[14] - liczna grupa wstrząsów (z wyłączeniem zdarzeń silnie związanych z tektoniką i zaburzeniami w budowie geologicznej złoża).

Reasumując, aktualny stan badań prowadzonych w IEZ Pol.Śl. nad praktycznymi zastosowaniami wyników analitycznych, typowo porównawczych prognoz wpływów parametrów wielopokładowej eksploatacji na górotwór umożliwia wymiarowanie w dużych obszarach górotworu na wybiegach projektowanych wyrobisk:

- charakterystycznych naprężeniowo (wytężeniowo) stref, w tym stref koncentracji naprężeń w pokładzie i skałach sąsiadujących,
- stref, gdzie wstrząsogenne warstwy skalne poddawane są niekorzystnym, silnie zmiennym w czasie deformacjom,
- stref, gdzie stan zdeformowania mocnych warstw skalnych prowadzić może do akumulacji znaczących ilości energii sprężystej i wzrostu aktywności sejsmicznej.

Znajomość usytuowania powyższych stref względem wszystkich istniejących oraz projektowanych w danym rejonie wyrobisk jest praktycznie przydatna (mimo oczywistej niedoskonałości podejścia prognostycznego i przybliżoności wyników) dla celów wstępnej oceny zagrożenia wstrząsami i tąpnięciami, przeprowadzanej na etapie projektowania eksploatacji. Dysponowanie bowiem tego typu prognozami w wielu konkretnych przypadkach przyczyniło się do takiego zaprojektowania robót górniczych, ich koordynacji w czasie oraz doboru środków profilaktyki tąpniawej, przy których mimo silnego zagrożenia możliwe było ich bezpieczne przeprowadzenie w pełnym bądź odpowiednio zweryfikowanym zakresie.

## **2. Metodyka prognozowania stref wzmożonego zagrożenia tąpnięciami i wstrząsami na wybiegach pól ścianowych**

Niedokładności metody prognozowania wynikające z silnej idealizacji ośrodka skalnego, ilości rozpatrywanych wielopokładowych wybrań czy wielkości rozpatrywanych obszarów i czasookresów obliczeniowych wymagają w odniesieniu do wymiarowania charakterystycznych naprężeniowo (wytężeniowo) stref, a także stref wzmożonego wydatku energetycznego potencjalnych wstrząsów - typowo porównawczego podejścia. Oznacza to, że prognoza wyprzedzająca dla rozpatrywanego zakresu eksploatacji projektowanej powinna być poprzedzona obliczeniami testowymi (prognozą porównawczą) obejmującymi określony zakres przeprowadzonej już w danym rejonie lub w jego sąsiedztwie eksploatacji o rozeznaczonych przejawach ciśnienia górotworu, zagrożenia tąpnięciami i wstrząsami.

Tego typu tok postępowania nie jest konieczny przy prognozowaniu wskaźników deformacji mocnych warstw skalnych z uwagi na mierzalność pionowych ruchów górotworu i powierzchni [2].

Tak więc prognozując naprężenia, występujących we wzorach stałych materiałowych charakteryzujących ścisłość  $\nu$  i sprężystość postaciową  $G$  ośrodka nie traktuje się jako średnich statystycznych lokalnie niejednorodnych i anizotropowych własności górotworu rzeczywistego. Do obliczeń prognostycznych wprowadza się natomiast ich zastępcze, nierzeczywiste wartości, przy których wyniki prognozy porównawczej dla eksploatacji już przeprowadzonej (testu) najbardziej odpowiadają stwierdzonemu robotami górniczymi oraz pomiarami geofizycznymi wykształtowaniu stref wzmożonej koncentracji naprężeń w określonym rejonie eksploatacyjnym.

Okazuje się, że na przykład stosując hipotezę wyężeniową Coulomba-Mohra, a także prostą zależność Prandtla-Gila [9] określającą wytrzymałość na ściskanie przyociosowego pasa calizny węglowej:

$$\sigma_{z_b}(x, z = H_{eksp}) = -\frac{\pi k}{2} - \frac{k}{h} \left[ x - (2 + 4)h \right] + \gamma H (\sin^2 \alpha + n \cos^2 \alpha) \quad (1)$$

rzeczywisty, stwierdzany pomiarem zasięg strefy wyężenia calizny (strefy spękań) oddzielającej wyrobisko od strefy koncentracji naprężeń uzyskuje się obliczając naprężenia (obciążenie calizny) przy wartościach modułu sprężystości skał  $G$  z przedziału 500 - 700 MPa. Jest to wartość kilkakrotnie niższa od wartości średniej, przyjmowanej na podstawie wyników badań laboratoryjnych. Podobne niskie wartości modułu  $G$  przyjmowane są obecnie do obliczeń numerycznych MES - program FLACK. Z kolei jako objęte koncentracją naprężeń oraz za potencjalnie silnie zagrożone tapaniami przyjmuje się na ogół obszary, gdzie prognozowane naprężenia pionowe, ściskające przekraczają ok. 30-35 MPa. Przy takich bowiem analitycznie obliczanych wartościach naprężeń w prognozowanych strefach ich występowania stwierdza się metodami geofizycznymi, a także np. wierceniami małośrednicowymi, rzeczywistą ich koncentrację. W obszarach tych dochodziło także do tąpnięć i silnych odprężeń przy wstrząsach nie przekraczających rzędu  $10^5$ J.

Przy wymiarowaniu stref wzmożonego wydatku energetycznego [ $J/m^2$ ] potencjalnych wstrząsów górniczych na wybiegach rozpatrywanych wyrobisk niezbędne jest, co odnosi się także do prognoz naprężeniowo-deformacyjnych warunków wybierania, przygotowanie numerycznej bazy danych opisującej geometrię i przebieg w czasie całej dokonanej oraz projektowanej w danym obszarze górotworu wielopokładowej eksploatacji. Ponadto, dla

zakresu eksploatacji dokonanej obejmowanego prognozą porównawczą niezbędne jest wygenerowanie rozkładu  $[E_w; J/m^2]$  wydatku energetycznego zarejestrowanych już wstrząsów. Rozkład ten najczęściej charakteryzuje wydatek energetyczny wstrząsów indukowanych we wszystkich podbieranych warstwach skalnych, o czym przesądza brak danych o składowej pionowej ognisk rejestrowanych wstrząsów górniczych.

Jak już wspomniano, obliczany następnie porównawczo dla wybranego zakresu eksploatacji dokonanej czasoprzestrzenny rozkład składowych pionowych ruchów górotworu i jej pochodnych porównywany jest z rozkładem wydatku energetycznego zaobserwowanych wstrząsów. W oparciu zaś o wyznaczone parametry równania regresji prognozowany jest rozkład wskaźnika  $E_\varphi$  zależnego od parametrów eksploatacji (ruchów górotworu), określającego wydatek energetyczny wstrząsów indukowanych na dalszym wybiegu wyrobisk.

Podjęcie powyższe wiąże wyniki na ogół oddzielnie rozpatrywanych zagadnień, to jest aktywności sejsmicznej opisywanej metodami geofizyki górniczej i deformacji w otoczeniu wyrobisk opisywanych metodami geomechaniki górniczej.

Ogólna parametryczna funkcja charakteryzująca stan zdeformowania określonej warstwy skalnej ma postać [11]:

$$E_\varphi(x, y, t_1, t_2) = A_1 X_1 + \dots + A_6 x_6 \quad (2)$$

Po wyspecyfikowaniu nieznanymi parametrów  $A_i$  opisuje ona ilość energii mogącej się wydzielić w formie wstrząsów górniczych.

Sumaryczną energię wstrząsów wydzieloną na jednostkę powierzchni obszaru ze wszystkich rozpatrywanych  $m$  warstw można wyrazić [11] zależnością:

$$E_\varphi(x, y, t_1, t_2) = \sum_{n=1}^m A_{1n} X_{1n} + \dots + A_{6n} X_{6n} \quad (3)$$

gdzie:

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

Składowe  $X_i$ ,  $X_{in}$  zależności (2) i (3) są całkami po czasie z dodatnich oraz ujemnych wartości poszczególnych składowych wyrażenia charakteryzującego [11] zmiany stanu odkształcenia w czasie:

$$\frac{d\varphi}{dt} = 2A_1 \left( Tx \frac{dTx}{dt} + Ty \frac{dTy}{dt} \right) + 2A_2 \varepsilon_z \frac{d\varepsilon_z}{dt} + A_3 H \frac{d\varepsilon_z}{dt} \quad (4)$$



gdzie:  $\epsilon_z$  - odkształcenie pionowe,

$T_x, T_y$  - składowe nachylenia.

Zmieniające się z upływem czasu, zależne od geometrii wybrań obniżenia oraz ich pochodne względem  $x, y, z$  i  $t$  wyznaczone są za pomocą systemu programów opartego na rozwinięciu [1],[2] teorii ruchów górotworu Budryka-Knothe'go.

Tam gdzie prognozowane obszary wzmożonego wydatku energetycznego potencjalnych wstrząsów pokrywają się z obszarami podwyższonych naprężeń oraz silnego przyrostu odkształceń w podbieranych warstwach stropowych, a zwłaszcza pokrywają się ze strefami koncentracji naprężeń prognozowanymi w caliznie węglowej w sąsiedztwie wyrobisk, w praktyce obserwuje się silny wzrost zagrożenia łąpaniami, w tym skutkami wstrząsów górniczych.

### **3. Przykład analitycznej prognozy wpływów na górotwór eksploatacji o określonych parametrach**

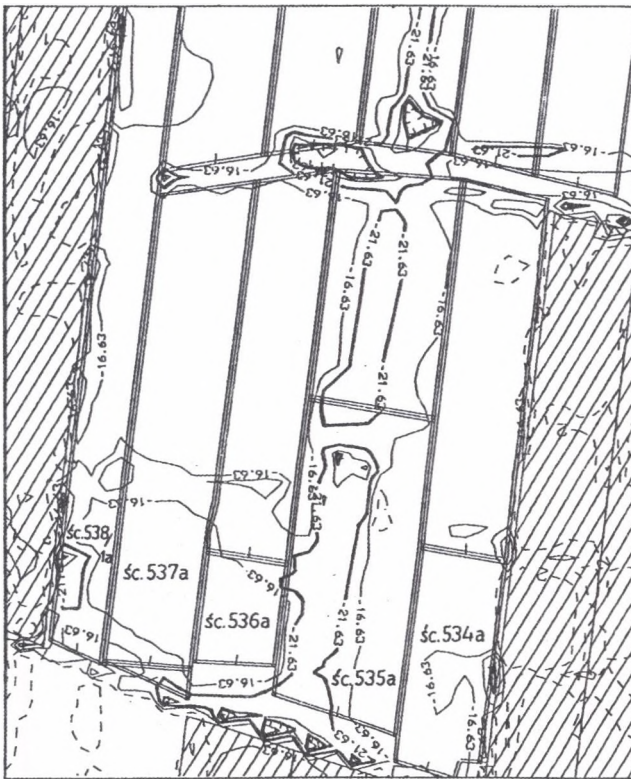
W wyrobiskach górniczych zagrożonych łąpaniami bieżący stan zagrożenia określa się tzw. metodą kompleksową [16], w ramach której ocenę tego zagrożenia na dalszym projektowanym ich wybiegu można wstępnie przeprowadzać tzw. metodą rozeznania górniczego. W metodzie tej wybranym czynnikiem górniczym - eksploatacyjnym (np. usytuowaniu zasłności względem wyrobiska) przypisuje się określone, zgeneralizowane wagi (punktację), których suma określa stan potencjalnego zagrożenia.

Dokładniejszą ocenę wpływu szeregu z ujmowanych w powyższej metodzie, a także innych (np. pełnej geometrii, przyrostu powierzchni i objętości wybrania) parametrów eksploatacyjnych na poziom potencjalnego zagrożenia łąpaniami i wstrząsami można uzyskać analizując wyniki porównawczych, analitycznych prognoz naprężeniowych oraz deformacyjno-energetycznych warunków wybierania.

Przykładowo podejście takie zastosowano [15] analizując wpływ, jaki mogłaby mieć ewentualna, uzasadniona względami techniczno-ekonomicznymi zmiana parametrów prowadzonej pod osiedlem Paderewskiego w Katowicach eksploatacji podsadzkowej na obniżenie zagrożenia wstrząsami i łąpaniami.

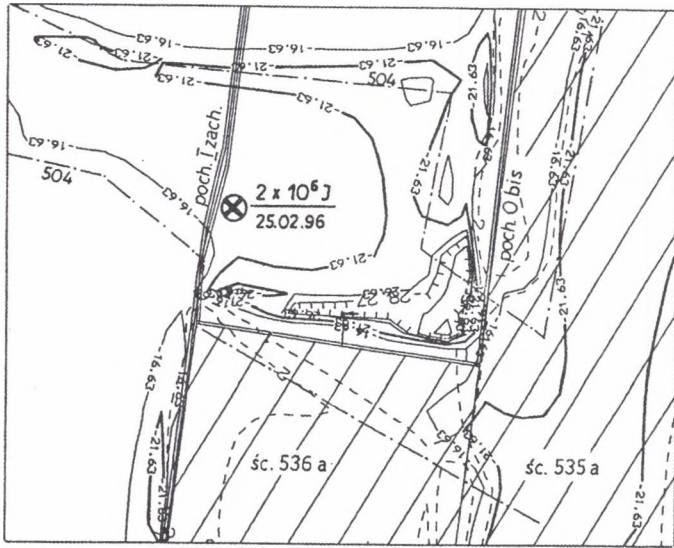
Przedmiot analizy stanowiła ściśle koordynowana eksploatacja prowadzona i projektowana w przyspagowej warstwie pokł. 510 na poziomie 630 m w polach poprzecznych ścian 534a - 538/1a. Analiza ta została przeprowadzona po odczuty w obiektach zabudowy osiedla wstrząsie górniczym o energii  $2 \times 10^6 \text{J}$ , który wystąpił w dniu 25.02.96.

Prognozą analityczną naprężeniowych oraz deformacyjno-energetycznych warunków wybierania objęto (rys. 1 - 7) cały analizowany rejon eksploatacji podsadzkowej prowadzonej i



- strefy podwyższonych naprężeń przekraczających 21 MPa
- ▨ strefy koncentracji naprężeń
- - - strefy wyłączenia calizny węglowej

Rys. 1. Stan naprężeń w pokł. 510 przed rozpoczęciem eksploatacji w polach ścian 534a - 538/1a  
 Fig. 1. Stress in seam 510 before exploitation in the longwalls 534a - 538a/1a



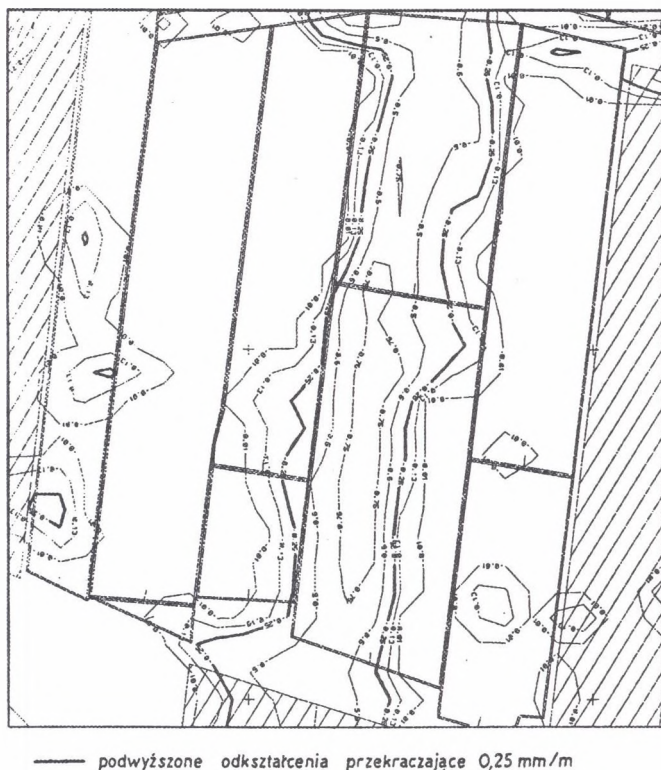
Rys. 2. Stan naprężeń w pokł. 510 w rejonie pola śc. 536a w dniu (25.02.96) wystąpienia wstrząsu o en.  $2 \times 10^6 \text{ J}$

Fig. 2. Stress in seam 510 in the area of longwall 536a on the day of seismic event of energy equal  $2 \times 10^6 \text{ J}$  (25 Feb. 1996)

projektowanej w przyspągowej warstwie pokł. 510. Celem specyfikacji parametrów metody porównawczo zaprognozowano powyższe warunki wybierania na kilkusetmetrowych odcinkach wybiegu eksploatacji przeprowadzonej już w polach ścian 534a, 535a i 536a, konfrontując je z obserwowanymi przejawami zagrożenia sejsmicznego, w tym wynikami badań geofizycznych - specyfikacja parametrów metody prognozowania.

Zaprognozowane przy uwzględnieniu wyników dotychczasowych obserwacji rozkłady składowej pionowej przestrzennego stanu naprężenia (rys. 1,2) potwierdzają potencjalnie wysokie zagrożenia łąpaniami wyrobisk utrzymywanych oraz prowadzonych w rejonach stref silnie podwyższonych, a lokalnie koncentracji naprężeń. Zwraca jednak uwagę, że zgodnie z wynikami obserwacji dołowych, a także prognozy (rys. 2) koncentracja naprężeń przed frontami prowadzonych ścian utrzymywała się oraz powinna się nadal utrzymywać w dostate-



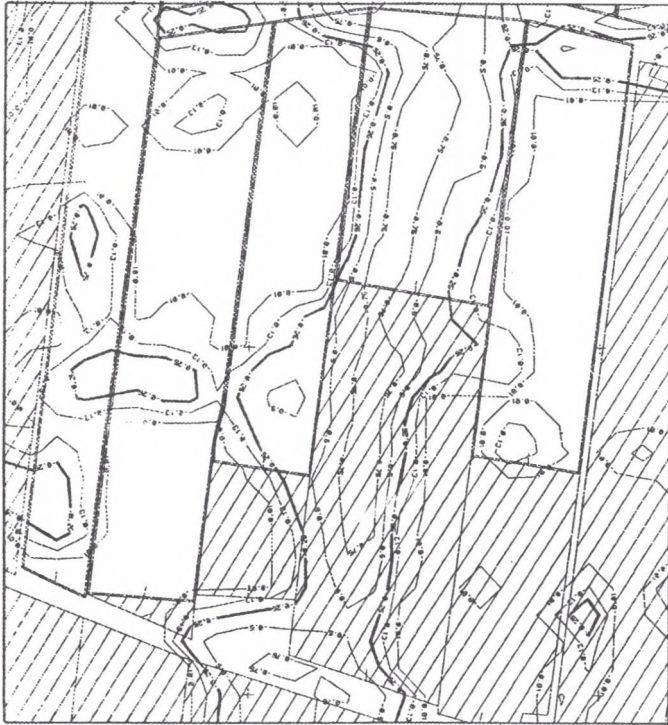


Rys. 3. Rozkład odkształceń pionowych - ściskających w mocnych piaskowcach nad pokł. 501 przed rozpoczęciem eksploatacji w polach ścian 534a - 538/1a

Fig. 3. Distribution of vertical compressive deformations in solid sandstone over seam 501 before exploitation in the longwalls 534a - 538/1a

cznej (powyżej 3, 4M) odległości od ociosów frontu ścianowego i wyrobisk chodnikowych obejmowanych jęgc wpływami. Ponadto fronty przedmiotowych ścian przeszły już najprawdopodobniej (rys. 1) przez obszary o pogorszonych warunkach naprężeniowych, zbliżonych do prognozowanych lokalnie na dalszym wybiegu ścian 534a - 538/1a.

Z kolei prognozy stanu zdeformowania mocnych, wstrząsogennych warstw stropowych (rys. 3 i 4) wskazują, co odnosi się także do warunków naprężeniowych, na występowanie na dotychczasowym oraz projektowanym wybiegu ścian obszarów podwyższonego zagrożenia sejsmicznego. Obszary te jednak w świetle wyników prognozy należy traktować jako głównie stacjonarne, to jest powstałe w następstwie wcześniejszych wpływów wielopokładowych

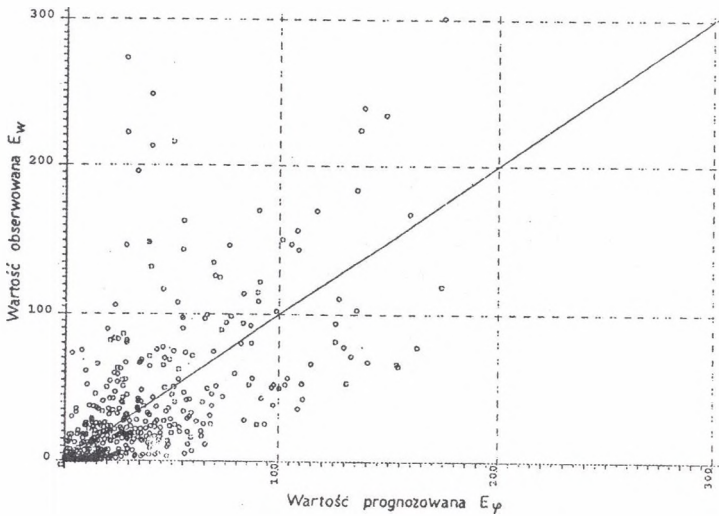


Rys. 4. Rozkład ekstremalnych w czasie odkształceń ściskających w piaskowcach nad pokł. 501 powodowanych wpływami zaszczości oraz eksploatacji przeprowadzonej w pokł. 510 zgodnie z dotychczasowym projektem

Fig. 4. Distribution of vertical compressive deformations in solid sandstone over seam 501 induced by the influence of remnants and mining carried out in seam 510 in accordance with current project

wybrań przeprowadzonych w pokładach 501, 504 i 510, a także w odległych pokładach grupy 400. Wskazuje to, że warunkowana wymogami techniczno-ekonomicznymi oraz wymogami ochrony złoża i powierzchni zmiana parametrów (rygorów) eksploatacji podsadzkowej nie doprowadzi do zasadniczego obniżenia (podwyższenia) dotychczas obserwowanego poziomu zagrożenia tapaniami i wstrząsami.

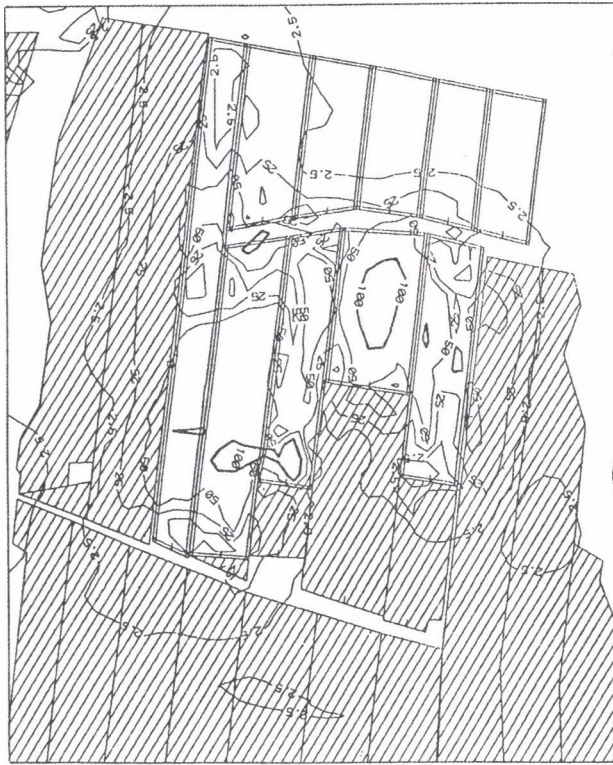
Tak więc dotychczasowe warunki prowadzenia ścian na wysokość do 2.5 m z postępem do 2.4m/doba (50 m/miesiąc) i przy ustępliwości frontów odpowiednio od 200 do 300 m można uznać za generalnie dostosowane do warunków wybierania, w tym występujących zagrożeń naturalnych. Zmiana parametrów eksploatacyjnych, w tym zmniejszenie wysokości ścian do 2.3 m postępu do 1.8 m/doba (ok. 30 m/miesiąc), a w znikomym stopniu zwiększenie ustępliwości frontów, doprowadzi oczywiście, choć nie radykalnie do dalszego obniżenia zagrożenia sejsmicznego.



Rys. 5. Zależność pomiędzy wartościami obserwowanymi  $E_w$ , a przewidywanymi  $E_p$  wydatku energetycznego [ $J/m^2$ ] wstrząsów indukowanych w rejonie pól ścian 534a - 538/1a

Fig. 5. The dependence between the observed values  $E_w$ , and expected ones  $E_p$  of energy release [ $J/m^2$ ] of induced seismic events in the area of longwalls 534a-538/1a

Zmiany te, przy uzyskanej prognozą porównawczą, (rys. 5) korelacji (współczynnik korelacji  $r = 0.7$ ), mogą prowadzić do pewnego ograniczenia (rys. 6 i 7) stref zagrożonych wzmocnionym wydatkiem energetycznym indukowanym eksploatacją wstrząsów, lecz nie doprowadzą w świetle wyników prognozy do istotnego obniżenia poziomu tego wydatku. Działania te jednak spowodują obniżenie maksymalnej energii potencjalnego, najsilniejszego wstrząsu (rzędu  $10^6 J$ ) i jak wykazują badania GIG - zmniejszają o co najmniej 20% wielkość maksymalnych przyspieszeń drgań gruntu.



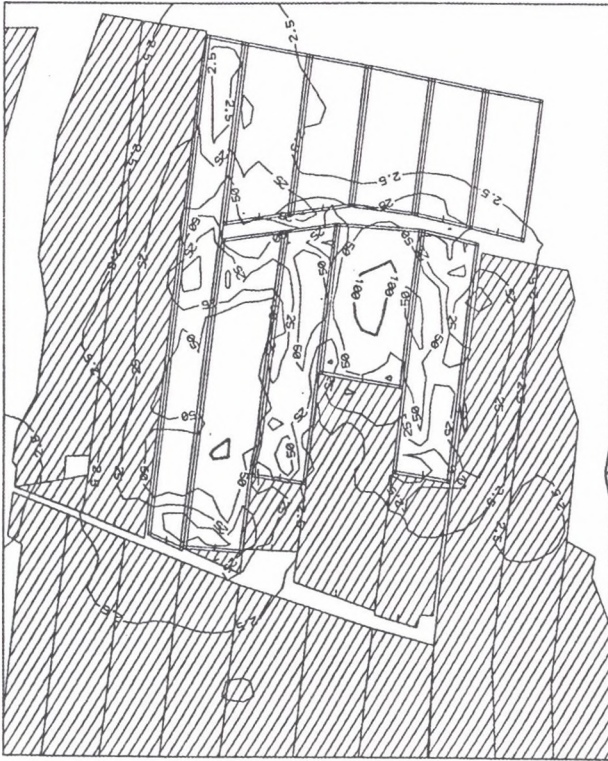
— obszary wzmożonego wydatku energetycznego wstrząsów

Rys. 6. Prognoza wydatku energetycznego  $E_{\varphi}$ ; [ $J/m^2$ ] wstrząsów dla dotychczasowych parametrów eksploatacji pokł. 510 ścianami 534a - 538/1a

Fig. 6. Prognosis for energy release  $E_{\varphi}$ ; [ $J/m^2$ ] of seismic events for the current mining parameters of seam 510 by longwalls 534a-538/1a

Praktycznie, wykorzystane dla określenia dalszego sposobu bezpiecznego prowadzenia robót górniczych, przykładowo przedstawiane analityczne prognozy warunków wybierania z uwagi na ich porównawczy charakter powinny być weryfikowane w miarę stwierdzania w trakcie prowadzenia robót górniczych istotnych odstępstw od wyników prognozy.





Rys. 7. Prognoza wydatku energetycznego  $E_{\phi}$ , [ $J/m^2$ ] wstrząsów dla zmodyfikowanych parametrów eksploatacji pokł. 510 ścianami 534a - 538/1a

Fig. 7. Prognosis for energy release of energy  $E_{\phi}$ , [ $J/m^2$ ] of seismic events for the modified mining parameters of seam 510 by longwalls 534a-538/1a

## LITERATURA

1. Białek J.: Programy na EMC do prognozowania wskaźników dynamicznych deformacji niecki osiadania OTG nr 71, 1985.
2. Białek J.: Opis niustalonej fazy obniżen terenu górnictwa z uwzględnieniem asymetrii wpływów końcowych. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo z. 194, 1991.



3. Białek J., Drzęźła B., Jaworski A.: Prognozowanie metodą analityczną wydatku energetycznego wstrząsów indukowanych w górotworze deformowanym wielopokładową eksploatacją. Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad., Sc., M-19, 1995.
4. Białek J., Jaworski A., Pham Quang Ai.: Propozycje efektywnego opisu składowej pionowej ruchów górotworu pod eksploatowanymi pokładami. ZN Pol. Śl., s. Górnictwo z. 225, 1995.
5. Drzęźła B., Białek J., Jaworski A. : Metoda prognozowania rozkładów naprężeń w strefach oddziaływania zaszczości eksploatacyjnych. Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sc., M-10, 1988.
6. Dubiński J.: Związki przyczynowe wstrząsów i tąpnięć. Przegląd Górniczy nr 2, 1994.
7. Gerlach Z., Wyrobek E.: Ocena zagrożenia tąpnięciami na podstawie przestrzennego rozkładu wstrząsów górniczych. Mat. I Międzynarodowej Konf. - Eksploatacja złóż w warunkach występowania zagrożeń naturalnych, AGH, Kraków 1991.
8. Gibowicz S.: Mechanizm ognisk wstrząsów górniczych. Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sc. M-13, 1989.
9. Gil H.: The Theory of Strata Mechanics. PWN, Warszawa 1991.
10. Idziak S., Sagan G., Zuberek W.: Analiza rozkładów energetycznych wstrząsów z obszaru GZW. Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sc. M-15, 1991.
11. Jaworski A.: Związek pomiędzy deformacją górotworu a wydatkiem energetycznym wstrząsów górniczych z rejonu kopalń Bobrek i Miechowice. ZN. Pol. Śl., s. Górnictwo z.225, 1995.
12. Kijko A.: Model związku aktywności sejsmicznej górotworu z eksploatacją. Acta Geoph. Pol. 33.3., 1985
13. Lasocki S.: Średnio- i krótkookresowa predykcja zagrożenia sejsmicznego na podstawie danych sejsmologicznych. Mat. Symp. Tąpnięcia 94 - Rozwiązania inżynierskie w problematyce tąpnięć, 1994.
14. Marcak H.: Geofizyczne modele rozwoju procesu niszczenia górotworu poprzedzające tąpnięcia i wstrząsy w kopalniach. Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sc. M-6, 1995.
15. Drzęźła B. i inni: Analiza i weryfikacja obecnej i dalszej eksploatacji prowadzonej pod osiedlem Paderewskiego. Ekspertyza IEZ Pol. Śl., 1996.

16. Instrukcja nr 1 GIG: Zasady i zakres stosowania Kompleksowej metody oceny stanu zagrożenia tąpnięciami w zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny, GIG, Katowice, 1995.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Józef Dubiński

Wpłynęło do Redakcji 15.10.1996 r.

### Abstract

If large parts of rock mass are subject of analysis, like a longwall panel for an example, when, in aim to take under consideration multiseam mining influences, modified derivations from mechanic of continua as well as from geometry-integral theories may be applied in practice.

The present state of research on practical application of analytical results of comparative prognosis of multiseam mining influences carried by Institute of Mining Technology makes possible measurements in large areas of designed workings:

- stress characteristic areas and areas of stress concentration within a seam and adjacent rocks,
- areas where shock inductive layers undergo unfavourable, severe, time variable deformations,
- areas where deformations of strong rock layers may accumulate significant amounts of elastic energy and increase seismic energy.

Innaccuracy of forecasting methods implicated by idealization of rock mass, number of analysed mining activities, and dimensions of their areas, as well as time period, require comparative approach to the problem.

Equations (1) to (4) present the idea of calculating energy that may be exhaled in a form of seismic events within analysed area.

Areas where increased energy of potential shocks coexists with increased stresses and deformation rates, and especially with zones of stress concentration close to mining workings, are subject of high rockburst hazard.

Figures 1 - 7 show as an example an analytical forecast of stress and strain-energy conditions for a certain mining designed in a seam 510.