ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2000
Seria: GÓRNICTWO z. 246 Nr kol. 1480

Bernard DRZĘŹLA
Politechnika Śląska, Gliwice

HIPOTETYCZNE ZMIANY SEJSMICZNOŚCI PRZY WZROŚCIE ROZMIARÓW WYBRANEGO POLA

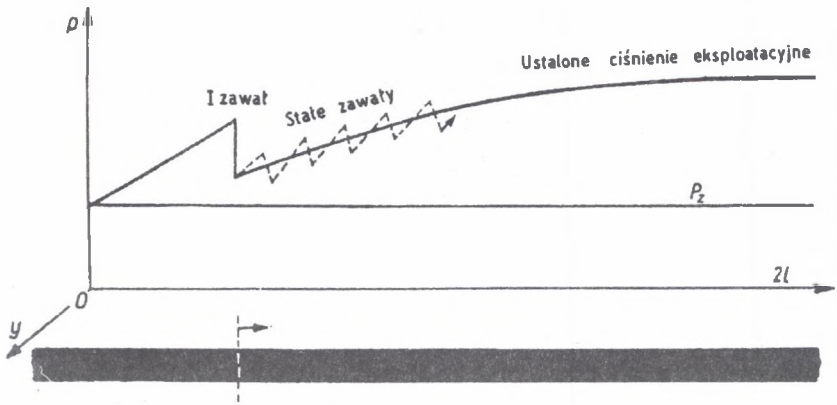
Streszczenie. Przytoczono i zilustrowano rysunkiem pogląd Parysiewicza (1967) dotyczący zależności zagrożenia tąpaniami od rozmiarów wybranego pola, który stwierdzał, że zagrożenie jest tym większe, im większe rozmiary wybranego pola i że zmienia się ono od prawie zera, przy małym zakresie wybrania, rosnąc asymptotycznie do pewnej stałej wartości, przy wzroście rozmiarów wybranego pola. Następnie pokazano dwa przykłady z praktyki górniczej charakteryzujące się przebiegiem sejsmiczności odmiennym od poglądu Parysiewicza. W przykładach tych, w miarę rozwoju eksploatacji (wzrostu rozmiarów wybranego pola), sejsmiczność rosła do pewnej wartości ekstremalnej, a następnie, przy dalszym wzroście rozmiarów wybranego pola, malała asymptotycznie do pewnej stałej wartości. Wyrażono pogląd, motywując go odpowiednio na gruncie geomechaniki, że przytoczone przebiegi rozwoju sejsmiczności w polu eksploatacyjnym stanowią nie zauważoną dotychczas prawidłowość. Podano dwa przypuszczalne mechanizmy decydujące o tej prawidłowości.

HYPOTHETIC CHANGES IN SEISMICITY WITH THE ACCRETION OF EXTRACTED AREA

Summary. The current views on the relation between induced seismicity (rockburst risk) and size of the extracted area were mentioned. These views are based on the fundamental work by Parysiewicz (1967), who stated that the rockburst risk rises asymptotically to a certain level (fig. 1) with the accreting area of extracted seam. Next two examples from mining practice were shown which contradicted, in a way, the above view. According to them seismic risk initially rises from a very low level to an extreme value and then, with the still accreting area of extraction, drops asymptotically to a certain level much lower than the extreme value. The author thinks that this is not a random effect resulting from varying mining conditions but an explainable, regular phenomenon, which was not noticed so far. Two probable mechanisms controlling the phenomenon were suggested.

1. Wprowadzenie

W praktyce górniczej stwierdza się, a w literaturze górniczej opisuje, chociaż raczej tylko werbalnie, zależność naprężeń górotworu i sejsmiczności oraz zagrożenia tąpaniami od rozmiarów wybranej przestrzeni, w szczególności od szerokości wybrania (liczby wybranych ścian). Znane autorowi publikacje wypowiadają się na temat wpływu szerokości wybrania na rozważane zjawiska w sposób niejasny lub niepełny. Pierwsza ważniejsza próba naświetlenia tego wpływu zawarta jest w pracy Parysiewicza (1967). Kwintesencję poglądów Parysiewicza w tej kwestii zawiera rys. 1.



Rys. 1. Wielkość ciśnienia eksploatacyjnego w zależności od wielkości wybranego obszaru (wg Parysiewicza, 1967). (Rysunek, oznaczenia i podpis pod rysunkiem są dokładnie zgodne z oryginałem, z wyjątkiem uzupełnienia dotyczącego roku wydania książki)
Fig. 1. Rock pressure related to the area extracted (by Parysiewicz, 1967)

Twierdzi on, że w miarę poszerzania wybranej przestrzeni naprężenia górotworu generalnie rosną od zera do pewnej stałej wartości asymptotycznej, podlegając jedynie wahaniom związanym z załamywaniem się bardziej zwięzłych warstw. Odpowiednio do wzrostu naprężenia rośnie zagrożenie tąpaniami.

Po Parysiewiczu żaden istotnie nowy pogląd na ten temat nie powstał. Był okres, kiedy lansowana była tzw. reguła trzech ścian (jej autorstwo trudno ustalić, ponieważ była w dość szerokim użyciu), mówiąca, że w miarę wybierania kolejnych ścian zagrożenie tąpaniami stopniowo narasta, osiągając ekstremum w trakcie wybierania trzeciej ściany. Reguła ta ma oczywiście związek ze średnią głębokością eksploatacji i średnią długością ścian. Autorzy (zwolennicy) tej reguły nie mówią wyraźnie o tym, jak kształtuje się sejsmiczność i

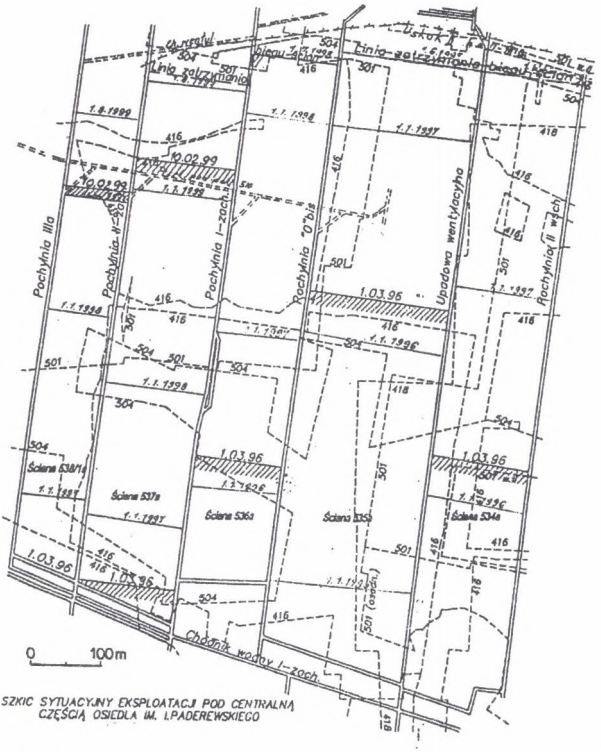
zagrożenie tąpaniami w miarę dalszego poszerzania szerokości wybrania, czyli zwiększania liczby wyeksploatowanych pól ścianowych i w zasadzie potwierdzają poglądy Parysiewicza.

Dane sejsmologiczne zebrane od czasów opublikowania podręcznika Parysiewicza wydają się jednak nie potwierdzać lub nie w pełni potwierdzać jego poglądów. Dane te wskazują na możliwość wystąpienia wyraźnego obniżenia sejsmiczności przy dalszym poszerzaniu wyeksploatowanej przestrzeni, czyli w kolejnej ścianie wybieranej po ścianie najbardziej zagrożonej. Obniżenia tego nie można tłumaczyć tylko faktem, który czasami ma miejsce, że akurat w ścianie najbardziej zagrożonej wystąpiło spiętrzenie niekorzystnych oddziaływań pokładów sąsiednich (resztek, krawędzi), a kolejna ściana jest już wybierana w korzystniejszych (bardziej bezpiecznych) warunkach górniczych. Obniżenie to jest raczej pewną prawidłowością, którą można racjonalnie wytłumaczyć (uzasadnić).

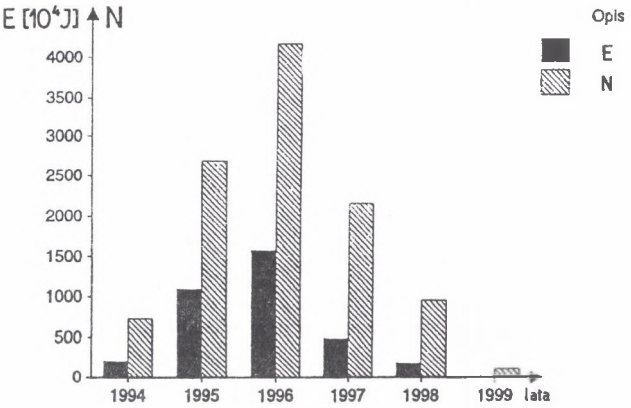
2. Niektóre przykłady z praktyki górniczej

Dla zilustrowania pewnej hipotezy, którą dalej sformułujemy, omówimy dwa przykłady z praktyki górniczej, które, z pewnymi zastrzeżeniami, mogłyby mieć charakter prawie heurystyczny. Charakter prawie, a nie w pełni heurystyczny przedstawionych przykładów wynika z tego, z czym zwykle mamy do czynienia w praktyce górniczej, że ewentualne prawidłowości, które można by z obserwowanych danych wydedukować, są zaciemnione, niewyraźne lub zakłócone z powodu wpływu równych dodatkowych czynników oddziałujących na analizowane zjawiska.

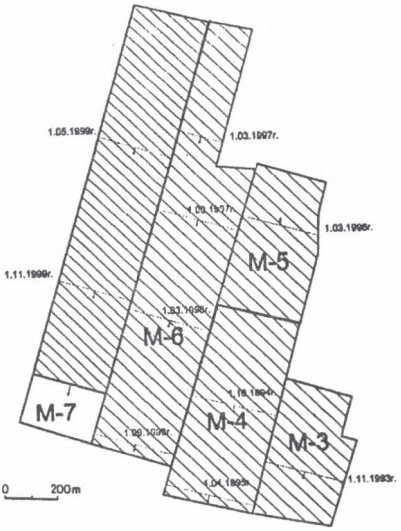
Proponowane przykłady dotyczą eksploatacji pokładu 510 przez dawną kop. „Katowice" pod osiedlem Paderewskiego w Katowicach oraz eksploatacji pokładów 703/1-2 i 703/1-2 – 705/1 przez kop. „Marcel" w rejonie dzielnicy Niedobczyce i miasta Radlina. Obie te eksploatacje były przedmiotem szczegółowych analiz Komisji ds. Ochrony Powierzchni i Komisji ds. Tąpań w Zakładach Wydobywających Węgiel Kamienny powołanych przez prezesa WUG. W ogólnych zarysach eksploatacje te i indukowana przez nie sejsmiczność zostały opisane w pracach Gerlacha i zespołu (1999, 1999, 2000, 2000).



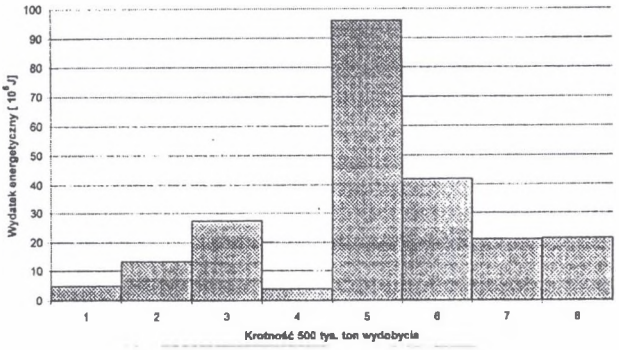
Rys. 2. Rozwój eksploatacji pokładu 510 w obszarze kopalni „Katowice" pod Osiedlem Paderewskiego
Fig. 2. Development of mining extraction in the seam 510 of the Katowice mine, under the Paderewski housing estate



Rys. 3. Rozkład sumarycznej energii (E) i liczby wstrząsów (N) ($E=10^2 \div 10^6$ J) w czasie eksploatacji pod Osiedlem Paderewskiego (rys.2)
Fig. 3. Distribution of total seismic energy (E) and number of tremors ($E=10^2 \div 10^6$ J) during the extraction under Paderewski housing estate (Fig. 2)



Rys. 4. Schemat eksploatacji pokładu 703/1-2 i 703/1-2 - 705/1 w części macierzystej KWK „Marcel"
Fig. 4. An outline of the mining extraction of the seams 703/1-2 and 703/1-2 – 705/1 in the Marcel mine



Rys. 5. Sumy wydzielonej energii sejsmicznej na 500 tys. ton wydobycia w czasie eksploatacji pokładów 703/1-2 i 703/1-2 - 705/1 w KWK „Marcel" (rys.4)
Fig. 5. Sums of seismic energy radiated for an output of 500 000 tons during the extraction of seams 703/1-2 and 703/1-2 - 705/1 in the Marcel mine (Fig.4)

Rysunki 2 i 4 przedstawiają w zarysach rozpatrywane eksploatacje i ich rozwój w czasie. Z kolei rys. 3 ilustruje rozkład energii i aktywności sejsmicznej w czasie eksploatacji pod Osiedlem Paderewskiego (rys. 2), a rys. 5 przedstawia rozwój sejsmiczności w czasie eksploatacji pokładu 703/1-2 i 703/1-2 - 705/1 (rys.4). Z obu rysunków przedstawiających kształtowanie się sejsmiczności w czasie wyraźnie widać, że w miarę rozwoju eksploatacji sejsmiczność indukowana początkowo rośnie od zera (wartości bliskich zera) aż do osiągnięcia pewnego ekstremum, a następnie maleje asymptotycznie do pewnej wartości

stałej. Z rysunków wynikałoby, że końcowy stan sejsmiczności jest dość niski w porównaniu ze stanem ekstremalnym. W danych przypadkach ma to jednak raczej związek ze specyficznymi warunkami górniczo–geomechanicznymi. Istnieją podstawy, aby przypuszczać, że w ogólności stan asymptotyczny nie będzie tak bardzo odbiegał od stanu ekstremalnego. Występujące w przedstawionych przykładach fazy rozwoju sejsmiczności, w przekonaniu Autora, nie są przypadkowe, lecz stanowią one pewną prawidłowość, którą można poprzeć innymi przykładami z praktyki górniczej (np. Gerlach i in. 2000) oraz uzasadnić na gruncie mechaniki górotworu. Ewentualny argument, że spadek sejsmiczności pod Osiedlem Paderewskiego po fazie ekstremalnej nie ma charakteru prawidłowości, lecz ma związek z przejściem do wybierania ścian o korzystniejszych warunkach geomechanicznych, można odeprzeć w ten sposób, że wybieranie ścian najtrudniejszych i przejście do wybierania ścian mniej zagrożonych uzasadnia nie tyle spadek sejsmiczności w ogóle, bo ten tak czy owak by nastąpił, lecz uzasadnia tak silny spadek sejsmiczności i przejście do fazy prawie śladowej.

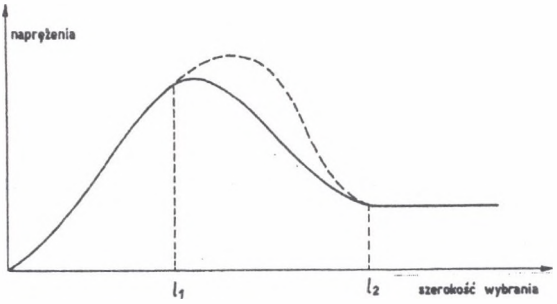
3. Hipoteza o trzech fazach stanu (rozwoju) sejsmiczności w rejonie górniczym i możliwości matematycznego jej ujęcia

Niewątpliwy jest fakt, że w miarę wzrostu szerokości wyeksploatowanej przestrzeni rosną naprężenia górotworu, aktywność sejsmiczna górotworu i zagrożenie tąpaniami. Fakt ten jest na różne sposoby naświetlany i potwierdzany w literaturze górniczej. Mniej oczywisty jest natomiast fakt drugi, wyłaniający się między innymi z przytoczonych przykładów praktycznych, polegający na tym, że wymienione wyżej zjawiska narastają tylko do pewnej wartości, osiągając ekstremum przy określonej szerokości wybrania, a następnie, przy dalszym wzroście szerokości wybrania, maleją. Pewne rozumowanie, które przytoczymy w dalszym ciągu, pozwala przypuszczać, że wielkości te maleją asymptotycznie do pewnej stałej wartości i dalszy wzrost szerokości wybrania nie powoduje już istotnych zmian rozpatrywanych wielkości; utrzymują się one na w przybliżeniu stałym poziomie.

Opisane zmiany rozpatrywanych wielkości zilustrowane są na rys. 6, który przedstawia hipotetyczny, jakościowy wykres obciążenia calizny i skał nadległych w obszarze przylegającym do zrobów.

W praktyce górniczej przedstawiony obraz nigdy nie wyłania się w czystej postaci z uwagi na zakłócające działanie zaszłości górniczych w danym pokładzie, pokładach

sąsiednich i skałach otaczających (krawędzie, resztki, wyrobiska korytarzowe) i zmian warunków geologicznych oraz z uwagi na nieregularne kształty eksploatacji.

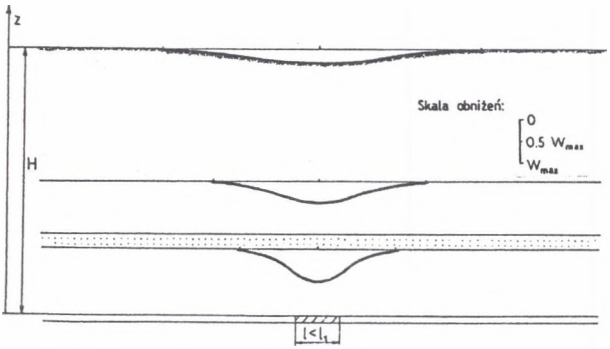


Rys. 6. Hipotetyczne zmiany naprężeń w górotworze, sejsmiczności i zagrożenia tąpaniami przy wzroście rozmiarów wybranego pola
Fig. 6. Hypothetic changes in rock pressure, seismicity and rockburst hazard with the increasing area of extracted seam

Jako wyjaśnienie opisanego przebiegu zmian naprężenia górotworu i zagrożenia sejsmicznego nasuwają się dwa mechanizmy. Przytoczymy je znów w postaci wyidealizowanej.

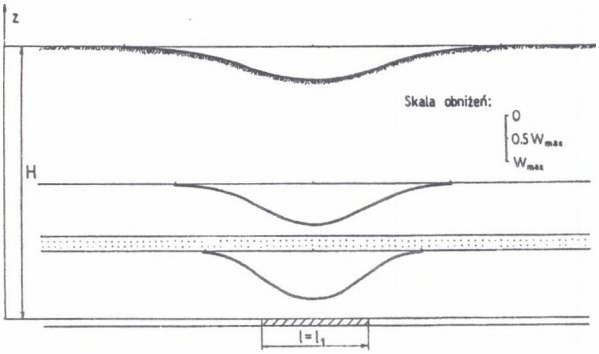
Mechanizm I. Istnieje w górotworze pewna warstwa wspornikowa, o dużej wytrzymałości, wstrzymująca okresowo ruch górotworu. W miarę poszerzania szerokości wybrania warstwa ta ugina się nie zawalając się, przy czym strzałka ugięcia zwiększa się nie osiągając jednak wartości maksymalnie możliwego osiadania górotworu. Im większa szerokość wybrania, tym większe obciążenie calizny i nadległego górotworu w sąsiedztwie zrobów. Naprężenia te zwiększają się aż do momentu, kiedy szerokość wybrania osiąga wartość krytyczną ze względu na warstwę wspornikową, tzn. do momentu, kiedy warstwa wspornikowa w jednym punkcie osiągnie ugięcie równe maksymalnie możliwemu obniżeniu (w sprawie nomenklatury patrz np. NCB 1975, Whittaker – Reddish 1989, Kratzsch 1997). Od tego momentu naprężenia będą maleć aż do szerokości wybrania krytycznej ze względu na powierzchnię terenu, tzn. kiedy jeden punkt powierzchni terenu osiągnie obniżenie równe maksymalnemu. Będzie to oznaczało, że całe pasmo górotworu spoczęło w swej środkowej części na spągu eksploatowanego pokładu, odciążając caliznę. Przy dalszym zwiększaniu szerokości wybrania maksymalne naprężenia górotworu będą się utrzymywać na stałym w przybliżeniu poziomie.

Opisane wyżej stany górotworu zilustrowane są rysunkami 7÷9.



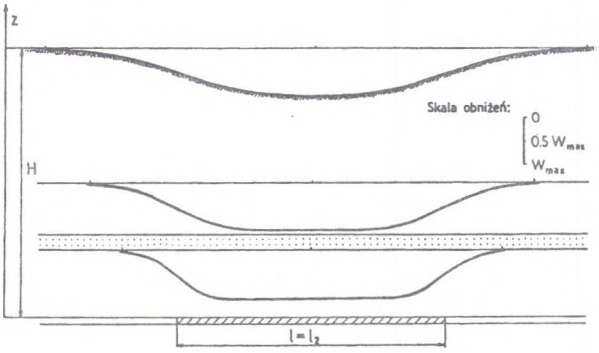
Rys. 7. Subkrytyczna szerokość wybrania ze względu na pierwszą od pokładu zwięzłą warstwę wstrzymującą ruchy górotworu i całe pasmo górotworu nad tą warstwą

Fig. 7. Subcritical width of extraction with respect to the first competent layer restraining rock mass movement above that layer



Rys. 8. Krytyczna szerokość wybrania ze względu na pierwszą od pokładu zwięzłą warstwę wstrzymującą ruchy górotworu i subkrytyczna szerokość wybrania ze względu na warstwy nadległe

Fig. 8. Critical width of extraction with respect to the first competent layer and subcritical width with respect to the overlying strata

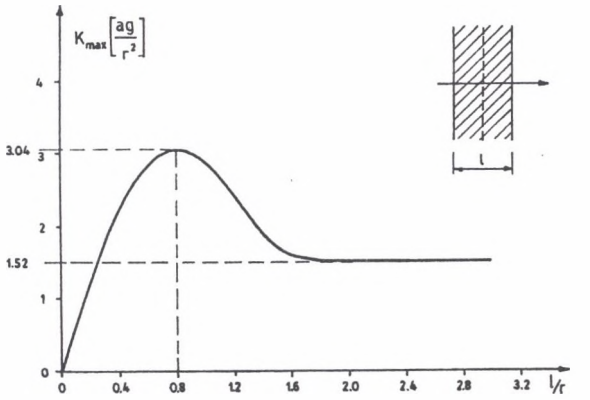


Rys. 9. Krytyczna szerokość wybrania ze względu na powierzchnię terenu i nadkrytyczna szerokość wybrania ze względu na warstwy niżej zalegające

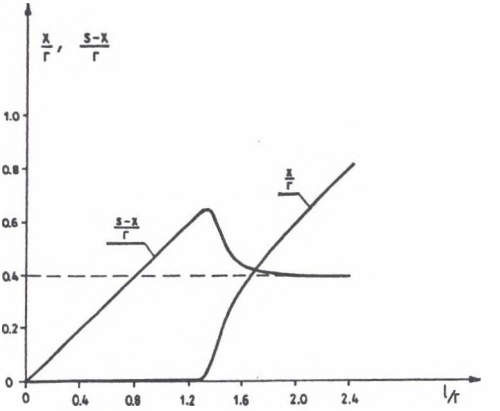
Fig. 9. Critical width of extraction with respect to the ground surface and super-critical width with respect to the underlying strata

Mechanizm II. Mechanizm ten mógłby mieć związek z kształtowaniem się ekstremalnej krzywizny (naprężenia poziomego lub pionowego) na określonym poziomie w górotworze. W przypadku eksploatacji w kształcie pasa o nieskończonej długości ekstremalna krzywizna rośnie, wraz ze wzrostem szerokości wybrania, od zera do wartości $3{,}04\frac{ag}{r^2}$ przy szerokości wybrania 0,8r (gdzie: a – współczynnik eksploatacyjny, g – grubość pokładu, r – promień zasięgu wpływów), a następnie, przy dalszym wzroście szerokości wybrania maleje asymptotycznie do wartości $1{,}52\frac{ag}{r^2}$.

a)



b)



Rys. 10. Maksymalne krzywizny w górotworze przy eksploatacji w kształcie pasa o nieskończonej długości w zależności od szerokości wybrania (10a) oraz położenie maksimum krzywizny względem środka wybrania i krawędzi eksploatacji (10b)

Fig. 10. Maximum curvature for the extraction in the shape of infinite panel (10a) and the positions of maximum curvature with respect to the panel centre and panel side (10b)

Rysunek 10 przedstawia wykres maksymalnych krzywizn na określonym poziomie w górotworze w zależności od szerokości wybrania.

Oba przedstawione mechanizmy zmian naprężenia górotworu w zależności od szerokości wybrania mogą w jakimś zakresie tłumaczyć obserwowane zmiany sejsmiczności górotworu przy wzroście szerokości wybrania, chociaż trzeba tu jasno powiedzieć, że występuje między nimi pewna sprzeczność, polegająca na znacznych różnicach oszacowań najbardziej niekorzystnej szerokości wybrania (przy której występują największe naprężenia) i szerokości wybrania, przy której następuje stabilizacja naprężenia. Z drugiej strony celem niniejszego artykułu nie jest podanie ilościowych oszacowań, lecz tylko jakościowe wyjaśnienie obserwowanych faktów, bo, jak się okazuje, nawet tego brakuje w mechanice górotworu. Jak już powiedziano, oba przedstawione mechanizmy, każdy z osobna, częściowo wyjaśniają obserwowane zjawiska i dają obraz jakościowo zgodny z rzeczywistością. W praktyce ich działanie może się przeplatać, wywołując wobec znacznych różnic oszacowań ilościowych w obu mechanizmach, duże nieregularności przebiegu zjawisk. Nieregularności przebiegu zjawisk możemy otrzymać nawet wtedy, gdy założymy słuszność tylko jednego z podanych mechanizmów. Będą one wynikać z faktu istnienia więcej niż jednej warstwy wspornikowej (czytaj: sejsmogennej) górotworu, z których każda ma oczywiście inne położenie względem pokładu, różną grubość, wytrzymałość itp., w związku z czym dla każdej z nich inne są opisane wyżej, charakterystyczne szerokości wybrania.

Przedstawione wyżej spekulacje myślowe mogą stanowić tylko wstęp i zarazem inspirację dla poszukiwań poważniejszego opisu rozpatrywanych zjawisk. Mógłby go zapewne dostarczyć staranny model numeryczny górotworu. Symulacje komputerowe ukierunkowane na sprawdzenie przedstawionego modelu jakościowego, wyłaniającego się zarówno z danych praktycznych, jak i działania opisanych wyżej mechanizmów, mógłby dostarczyć wartościowych oszacowań ilościowych, ważnych w projektowaniu eksploatacji górniczej w warunkach zagrożenia sejsmicznego dla dołu kopalni i powierzchni. Zanim do realizacji takiej pracy dojdzie, można zaproponować empiryczne (półempiryczne) formuły postaci:

$$y = ax^2 e^{-bx^2} + c\left(1 - e^{-dx^2}\right) \tag{1}$$

lub

$$y = a \max_{(u)}\left[\frac{x-u}{c} e^{-\left(\frac{x-u}{c}\right)^2} + \frac{x+u}{c} e^{-\left(\frac{x+u}{c}\right)^2}\right] \tag{2}$$

gdzie:

y – opisywana wielkość (naprężenie, sejsmiczność, stan zagrożenia tąpaniami),

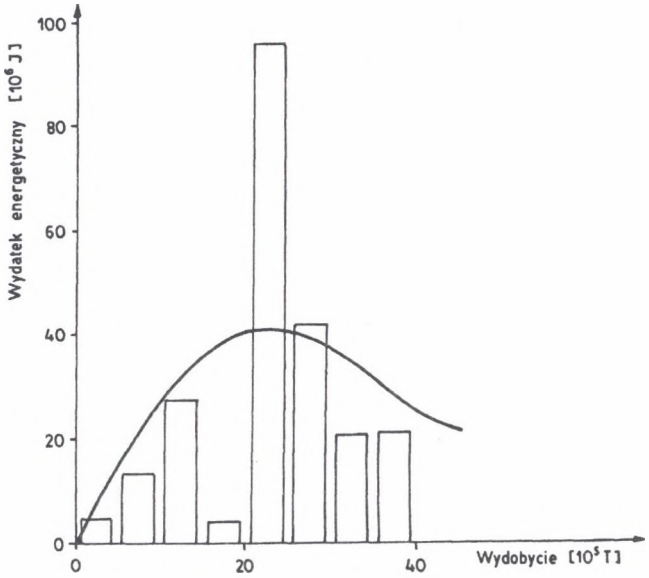
x – szerokość wybrania,

a, b, c, d – parametry.

Pierwsza z podanych formuł byłaby dość uniwersalna, chociaż zawiera aż cztery parametry, z wyznaczeniem których może być jednak w praktyce pewien kłopot, a poza tym ma ona charakter wyłącznie fenomenologiczny. O drugiej formule można powiedzieć, że jest ona tylko w połowie formułą empiryczną, posiadając już w pewnym sensie charakter quasi-fizykalny, o ile będziemy na tyle pobłażliwi, żeby się zgodzić, iż formuły znane z teorii szkód górniczych mają w jakimś stopniu charakter fizykalny. Formuła ta opisuje bowiem zmiany wartości maksymalnej krzywizny na określonym poziomie w górotworze przy wzroście szerokości wybrania.

Wykres podany na rys. 10 charakteryzuje postać funkcji (2). Wadą tej formuły jest to, iż stosunek wartości asymptotycznej do ekstremalnej jest ściśle określony i wynosi $\frac{1}{2}$. Wadę tę (o ile jest to wada) można by usunąć poprzez odpowiednie uzupełnienia (2) o dodatkowe czynniki lub parametry.

Na rys. 11 przedstawiono dopasowanie (2) do danych z rys. 5 (KWK „Marcel").



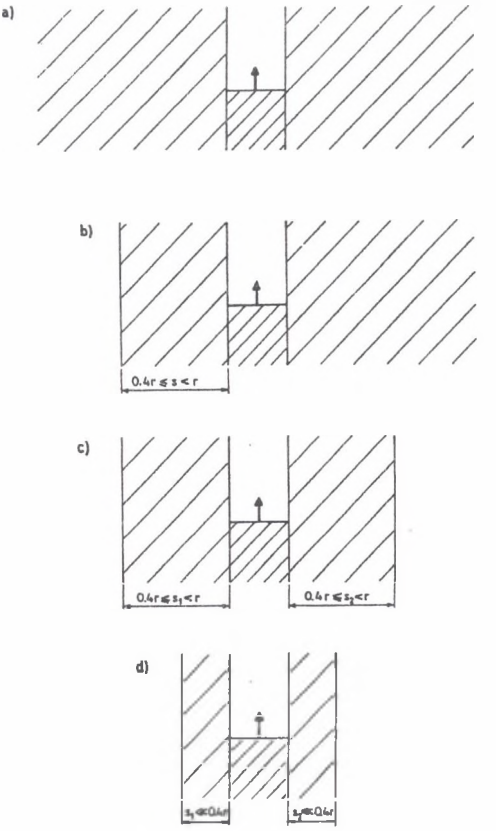
Rys. 11. Dopasowanie wzoru (2) do danych z rys. 5 według metody najmniejszych kwadratów
Fig. 11. Graphical form of formula (2) adjusted to the data from Fig. 5 by least squares method

4. Podsumowanie, wnioski i niektóre implikacje praktyczne sformułowanej hipotezy

Podane w pracy przykłady z praktyki górniczej dotyczące kształtowania się sejsmiczności w miarę rozwoju eksploatacji w polu górniczym oraz przeprowadzone rozumowanie na gruncie geomechaniki wskazują na występowanie pewnej prawidłowości odmiennej od dotychczasowych poglądów. Dotychczasowe poglądy, bazujące na pracy Parysiewicza (1967) i niepełnych, wyrywkowych obserwacjach z praktyki górniczej, stwierdzały, że w miarę rozwoju eksploatacji (poszerzania rozmiarów wybranego pola), naprężenia górotworu sejsmiczność i zagrożenie tąpaniami generalnie rosną od wielkości małych do pewnej stałej wartości asymptotycznej, podlegając jedynie wahaniom wynikającym z nieregularności naturalnych i górniczych (rys.1). Pogląd wyłaniający się z niniejszej pracy, nazwany nieśmiało hipotetycznym, byłby taki: w miarę rozwoju eksploatacji w polu górniczym (poszerzania rozmiarów wybranego pola) sejsmiczność początkowo rośnie do pewnej wartości ekstremalnej, a następnie asymptotycznie maleje do pewnego stałego poziomu (rys. 6).

Przedstawiona hipoteza ma poważne implikacje praktyczne. Wynikają z niej m.in. pewne nowe zasady projektowania eksploatacji złóż w warunkach zagrożenia sejsmicznością i tąpaniami. Możliwości ograniczenia obu wymienionych zagrożeń tkwią w dwu, do pewnego stopnia przeciwstawnych, podejściach. Podejście pierwsze, stosowane już mniej lub bardziej świadomie, polegałoby na projektowaniu odpowiednio małych pól eksploatacyjnych, czyli, inaczej mówiąc, na stosowaniu różnych form eksploatacji częściowej. Podstawą tego podejścia jest fakt występowania małej sejsmiczności przy małych obszarach wyeksploatowanego pola. Przykładami takiego podejścia byłby np. system panelowy z pozostawieniem niewybranych pasów między polami ścianowymi, stosowany m.in. w Wlk. Brytanii, lub pozostawianie tzw. stabilizing pillars, stosowane w głębokich kopalniach złota w RPA. Wadą tego podejścia są oczywiście straty złoża, a także to, że próba ograniczenia strat złoża poprzez rozrzedzenie i ograniczenie rozmiarów stabilizing pillars dawała nieraz efekty odwrotne od celu ich stosowania w postaci wyjątkowo dużych, katastrofalnych zdarzeń sejsmicznych. Podejście drugie polegałoby na projektowaniu jak największych pól eksploatacyjnych przy jak najmniejszej liczbie punktów rozpoczynania wybierania. Konieczną wielkość wydobycia można by tu uzyskać poprzez wybieranie danego pola w kilku miejscach i w różnych kierunkach, z zachowaniem jednakże odległości między poszczególnymi frontami (przodkami) eksploatacyjnymi wykluczających wzajemne

szkodliwe oddziaływanie. Wadą tej metody, którą można do pewnego stopnia zminimalizować, byłoby osiągnięcie w określonym momencie krytycznych rozmiarów wybierania, przy których występuje największa sejsmiczność. W tym momencie eksploatacja wymagałaby najwięcej zabiegów profilaktycznych w postaci aktywnych metod zwalczania tąpań. Natomiast po osiągnięciu przez pole eksploatacyjne rozmiarów nadkrytycznych warunki eksploatacji ulegałyby istotnej poprawie, polegającej na szybko zmniejszającej się sejsmiczności aż do osiągnięcia stanu asymptotycznego, znacznie niższego od stanu ekstremalnego.



Rys. 12. Położenie wybieranej resztki złoża w otoczeniu:
a. dwustronnym rozległych (o dużej szerokości) zrobów,
b. zrobów rozległych po jednej stronie i zrobów o ograniczonych rozmiarach po stronie drugiej,
c. dwustronnym zrobów o ograniczonych rozmiarach,
d. dwustronnym zrobów o dość małych rozmiarach,
(r - promień zasięgu wpływów na poziomie najbardziej sejsmogennej warstwy)

Fig. 12. Position of extracted panel in the neighbourhood of:
a. vast goaf areas on both sides,
b. vast goaf area on one side and narrow goaf area on the other side,
c. narrow goaf areas on both sides,
d. goaf areas of narrower width on both sides,
(r – radius of influence on the level of the most seismogenic stratum)

Na zakończenie podsumowania jeszcze jeden aspekt praktyczny przedstawionej hipotezy, dotyczący wybierania resztek. Jest to problem, który dość często występuje w polskim górnictwie węglowym, a ostatnio również coraz częściej w górnictwie miedziowym.

Rozpatrzmy cztery sytuacje, jak na rys.12, w których wybierana jest resztka. Oceniając te cztery sytuacje na gruncie przedstawionej hipotezy można dojść do wniosku, że najmniej niebezpieczne (chociaż wybieranie resztek nigdy nie może być uznane za w pełni bezpieczne) są warianty 12a i 12d, w których resztka znajduje się w obustronnym otoczeniu bądź rozległych zrobów bądź zrobów dość wąskich. W następnej kolejności pod względem bezpieczeństwa idzie sytuacja, jak na rys. 12b, a najbardziej niebezpieczna, spośród tych przedstawionych na rys. 12, byłaby sytuacja 12c.

Podziękowanie: Autor dziękuje serdecznie mgr. inż. Janowi Polnikowi i mgr. inż. Krzysztofowi Kruszyńskiemu z KWK „Marcel" za przygotowanie i udostępnienie szczegółowych materiałów dotyczących kształtowania się sejsmiczności w rejonie dzielnicy Niedobczyce i miasta Radlina oraz dr. Zygmuntowi Gerlachowi za analogiczne materiały dotyczące eksploatacji pod Osiedlem Paderewskiego w Katowicach.

LITERATURA

1. Biliński A., 1981: Zagrożenie tąpaniami stropowymi w świetle rozeznania warunków naturalnych i górniczych, ZN AGH, Górnictwo z.1, str. 67÷92.
2. Dubiński J., i in., 1999: Koncentracja wydobycia a zagrożenia górnicze. Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
3. Filcek H., Kłeczek A., Zorychta A., 1984: Poglądy i rozwiązania dotyczące tąpań w kopalniach węgla kamiennego. ZN AGH nr 123.
4. Gerlach Z., Kozioł E., Badaj A., Polnik J., 1999: Wyniki obserwacji przyspieszeń drgań gruntu w czasie eksploatacji pokładów 703/1-2, 703/1-2 – 705/1 oraz 707/2 przez kopalnię „Marcel" w rejonie dzielnicy Niedobczyce i centrum Radlina. Mat. Symp. pn. Warsztaty ´99, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, str. 115÷127.
5. Gerlach Z., Pawełczyk H., Wyrobek–Gołąb E.: 1999: Sposób obserwacji przyspieszeń drgań gruntu w czasie eksploatacji pokładu 510 przez kopalnię „Katowice" pod osiedlem Paderewskiego. Mat. Symp. pn. Warsztaty ´99, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, str. 129÷142.
6. Gerlach Z., Badaj A., 2000: Obserwacje przyspieszeń drgań gruntu w czasie intensywnej eksploatacji w KWK „Marcel".Bezp. i Ochr. Środ. w Górn., Mies. WUG nr 1, str. 11÷18.

7. Gerlach Z., Wyrobek–Gołąb E.: Możliwość badania zagrożenia sejsmicznego powierzchni na podstawie pomiarów przyspieszeń drgań gruntu. Mat. Konf. pn. Warsztaty 2000, IGSMiE PAN, Kraków 2000.
8. Gibowicz S., Kijko A., 1994: An Introduction to Mining Seismology. Academic Press, San Diego.
9. Jakubów A., Nawrat S., 1999: Rozwój zagrożenia sejsmicznego w okresie istnienia kopalni węgla kamiennego „Morcinek". Mat.konf.pn. „Tąpania '99", Praca GIG, seria: Konferencje nr 32, Katowice, str. 159÷170.
10. Kłeczek Z., Major M.: Przejawy ciśnienia eksploatacyjnego w sąsiedztwie wyrobisk eksploatacyjnych. Przegląd Górniczy nr 6, 1982.
11. Kijko A., 1985: Theoretical model for relationship between mining seismicity and excavation area. Acta Geophysica Polonica no 3, vol. XXXIII, str. 233÷241.
12. Konopko W., Patyńska R., Makówka J., 1995: Postęp, długość i wysokość ścian a zagrożenie tąpaniami. Praca GIG nr 809, Katowice.
13. Kratzsch H., 1997: Bergschadenkunde. Deutscher Merkscheider – Verein e.V.
14. Mc Garr A., 1976: Seismic moments and volume changes. J. Geophys. Res., no 81.
15. Major M., 1986: Zmiany wydatku energii sejsmicznej i ciśnienia eksploatacyjnego w polu wybierkowym. Bezpieczeństwo Pracy w Górnictwie nr 4, str. 12÷19.
16. NCB (National Coal Board, Mining Department), 1975: Subsidence Engineers' Handbook.
17. Parysiewicz W., 1967: Tąpania w kopalniach. Wyd. Śląsk, Katowice.
18. Pawłowicz K., Major M., 1987: Zapobieganie tąpaniom w Kopalni Węgla Kamiennego „Staszic" metodami techniki strzelniczej. Prace GIG, seria dodatkowa, Katowice.
19. Whittaker B.N., Reddish D.J., 1989: Subsidence - Occurrence, Prediction and Control. Elsevier.
20. Zorychta A., 1997: Geomechaniczne przesłanki doboru metod minimalizacji zagrożenia wstrząsowego. Bezp. Pr. i Ochr. Środ. w Górn. nr 7, str. 7÷11.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Józef Dubiński

Abstract

The current views on the relation between induced seismicity (rockburst risk) and size of the extracted area were mentioned. These views are based on the fundamental work by Parysiewicz (1967), who stated that the rockburst risk rises asymptotically to a certain level (fig. 1) with the accreting area of extracted seam. Next two examples from mining practice were shown which contradicted, in a way, the above view. According to them seismic risk initially rises from a very low level to an extreme value and then, with the still accreting area of extraction, drops asymptotically to a certain level much lower than the extreme value. The author thinks that this is not a random effect resulting from varying mining conditions but an explainable, regular phenomenon, which was not noticed so far. Two probable mechanisms

controlling the phenomenon were suggested. The irregularities of the phenomenon were explained as a result of an interlaced impact of both mechanisms, which disagree to some extent. Also the existence of various seismogenic strata may result in irregularities.

At the end the practical importance of the observed phenomenon was underlined. It imposes the necessity of some changes in the principles of mine planning.