

OCENA STANU ZAGROŻENIA WSTRZĄSAMI GÓRNICZYMI Z WYKORZYSTANIEM RELACJI GUTENBERGA-RICHTERA

Streszczenie

Jednym z ważniejszych zagrożeń występujących podczas podziemnej eksploatacji węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym jest zagrożenie sejsmiczne i związane z nim zagrożenie stateczności wyrobisk podziemnych, co wiąże się z bezpieczeństwem pracujących w nich ludzi (tzw. zagrożenie łąpaniem). Zagrożenie sejsmiczne w kopalniach związane jest z wstrząsami indukowanymi prowadzonym procesem eksploatacji złoża i naruszeniem równowagi deformacyjno-naprężeniowej górotworu. Efekty procesu naruszenia równowagi geomechanicznej mogą być obserwowane przez rejestrację wstrząsów górotworu i ich ukierunkowane przetwarzanie i analizę. W pracy przedstawiono sposób oceny stanu zagrożenia sejsmicznego i zagrożenia łąpaniami z wykorzystaniem ciągłych kopalnianych rejestracji sejsmologicznych w obszarze górniczym KWK „Bobrek-Centrum”. Oceny tej dokonuje się w oparciu o badanie parametrów rozkładu Gutenberga-Richtera (Gutenberg i Richter 1954, Utsu 1999) dla bieżącej eksploatacji oraz odniesienie tych parametrów do tła wynikającego z ich wartości obliczonych dla eksploatacji dokonanej w poprzednich latach w badanym obszarze. Przedstawiono wyniki szeregu obliczeń i analiz zmiany wartości współczynnika b relacji Gutenberga -Richtera, liczonego w postępujących sekwencyjnie co doba oknach czasowych, dla wybranych ścian węglowych w KWK „Bobrek-Centrum” charakteryzujących się wysoką aktywnością sejsmiczną. Czasy trwania okna czasowego dobierane były w zależności od aktywności sejsmicznej w obszarze badanej ściany eksploatacyjnej i wynosiły od 7 do 30 dni, tak aby ilość wstrząsów w oknie nie była mniejsza od 30 wstrząsów. Podstawą fizyczną metody jest założenie, że rozkład Gutenberga-Richtera określa stosunek silnych do słabych zjawisk sejsmicznych w danym zbiorze (oknie pomiarowym), co dla oceny zagrożenia łąpaniem w wyrobiskach podziemnych i ogólnie zagrożenia sejsmicznego, ma zasadnicze znaczenie.

W rozprawie doktorskiej zatytułowanej „Ocena stanu zagrożenia wstrząsami górniczymi z wykorzystaniem relacji Gutenberga-Richtera” przyjęto dwie tezy oraz dokonano ich weryfikacji w rzeczywistych warunkach przemysłowych:

- możliwe jest wykorzystanie parametru b do bieżącej oceny stanu zagrożenia sejsmicznego eksploatowanej ściany
- w celu bieżącej oceny zagrożenia sejsmicznego eksploatowanej ściany należy śledzić zmiany współczynnika b liczone w przesuwających się oknach czasowych i odnieść je do lokalnych kryteriów oceny zagrożenia łąpaniem

Na podstawie przeglądu literatury przedstawiono dotychczasowe analizy sejsmiczności indukowanej eksploatacją górniczą, dotyczące możliwości wykorzystania współczynnika b relacji Gutenberga-Richtera do oceny aktywności sejsmicznej w skali regionalnej całego zagłębia GZW, jego części lub poszczególnych kopalń (Gibowicz 1973, Goszcz 1988, Kijko i Kowalska 1988, Dubiński i Syrek 1990, Pierwoła 1998),. W znacznie mniejszym zakresie prowadzono taką analizę dla poszczególnych rejonów eksploatacyjnych czy eksploatowanych ścian (Marcak 1985, Syrek 1992, Mutke i inni 1997, Mutke i Pierzyna

2010, Pierzyna 2011). Niskie wartości współczynnika b mogą wskazywać na przygotowanie górotworu do podwyższonej emisji silnych wstrząsów w obszarze badań i mogą być wykorzystywane do oceny stanu zagrożenia sejsmicznego w otoczeniu wyrobisk eksploatacyjnych i podejmowania decyzji o zastosowaniu profilaktyki aktywnej lub pasywnej. Drugim kierunkiem prowadzonych badań dla poszczególnych rejonów eksploatacyjnych była probabilistyczna prognoza zagrożenia sejsmicznego i zagrożenia tąpnięciami w oparciu o rozkłady statystyczne Gutenberga-Richtera i Pareto (Lasocki 1982, 1990, 1995, Gołda i Kornowski 2011). Z prezentowanych badań wynika, że prawdopodobieństwo wystąpienia silnych wstrząsów było małe, a wartość interpretacyjną przypisuje się głównie lokalnym zmianom estymat (Lasocki 1990). Prognozy statystyczne rzadko są obecnie wykorzystywane w praktyce przemysłowej do bieżącej oceny zagrożenia sejsmicznego wyrobisk eksploatacyjnych, natomiast w szerszym zakresie stosuje się je do prognozy zagrożenia sejsmicznego dla większych obszarów eksploatacji i dla długich horyzontów czasowych (prognoza zagrożenia sejsmicznego dla powierzchniowych obiektów budowlanych).

Realne zagrożenie dla stateczności wyrobisk górniczych i bezpieczeństwa pracującej załogi stanowią wstrząsy silne, których ogniska lokalizują się blisko wyrobisk eksploatacyjnych. W przedmiotowej pracy przeprowadzono systematyczną analizę trendu zmian współczynnika b , wyznaczanego w oknach czasowych, a wyniki obliczeń korelowano z obserwowaną sejsmicznością w czasie oraz z warunkami górniczo-geologicznymi prowadzonej eksploatacji. W efekcie zweryfikowano możliwości wykorzystania zmian współczynnika b obliczanego w czasie prowadzonej eksploatacji, do bieżącej oceny zagrożenia sejsmicznego w otoczeniu ściany wydobywczej. Na poligonach polowych dokonano licznych badań dla ścian prowadzonych na zawał i na podсадkę hydrauliczną oraz w różnych uwarunkowaniach górniczo-geologicznych. Badanie współczynnika b prowadzono dla eksploatowanych ścian 2 i 3 w pokładzie 503, 6 w pokładzie 510 oraz 91a i 92a w pokładzie 509 w formie tzw. analizy wstecznej. Dla wykonanych obliczeń poligonowych najczęściej obserwowano trend malejący kolejnych sekwencji współczynnika b w czasie lub/ oraz osiągnięcie najniższych wartości tego współczynnika przy występowaniu najsilniejszych wstrząsów. Takie wyniki wskazują na przydatność analizy trendu zmian współczynnika b relacji Gutenberga-Richtera w czasie, do oceny przygotowania masywu skalnego do emisji silnych wstrząsów w obszarze ściany eksploatacyjnej i dokumentują (weryfikują) pierwszą tezę rozprawy doktorskiej.

W wyniku realizacji pracy przedstawiono obliczenia, które pozwoliły na sformułowanie lokalnych kryteriów bieżącej oceny zagrożenia sejsmicznego w obszarze górniczym KWK „Bobrek-Centrum”. Szczególnie interesujące wyniki uzyskano dla reprezentatywnych sytuacji górniczo-geologicznych, które były przyczyną powstawania lokalnych stref koncentracji naprężeń oraz wzrostu aktywności sejsmicznej i zagrożenia sejsmicznego. Nowością prezentowanych wyników badań jest opracowanie kryteriów ilościowych na podstawie analizy rozkładu Gutenberga-Richtera w przesuwającym się oknie czasowym z krokiem 1 doba i uwzględnienie w nich anomalii wynikającej z porównania bieżących wartości współczynnika b dla prowadzonej eksploatacji, do jego wartości średniej dla całego obszaru górniczego kopalni. Takie podejście pozwala na znormalizowanie wartości

kryterialnych do rzeczywistego poziomu wartości współczynnika ***b*** charakterystycznego dla badanego obszaru. W wielu przykładach pomiarowych opisanych w pracy udokumentowano podwyższone wartości anomalii współczynnika ***b*** oraz jego najniższe wartości i malejący trend przed wystąpieniem najsilniejszych wstrząsów. Kryterium zagrożenia opracowano zgodnie z zasadami „Metoda kompleksowa i metody szczegółowe oceny stanu zagrożenia tąpniętami w kopalniach węgla kamiennego” stosowanej na bieżąco w KWK Bobrek-Centrum. Kryterium to odpowiada czterem stanom oceny zagrożenia tąpniętami i jest jednym z kilku kryteriów stanowiących uzupełnienie dotychczasowych parametrów sejsmologicznych.

Przedstawiona w pracy metoda może być wykorzystana do oceny zagrożenia sejsmicznego w KWK „Bobrek-Centrum” oraz innych kopalniach węglowych w GZW po weryfikacji lokalnych kryteriów.

SEISMIC HAZARD ASSESSMENT USING GUTENBERG-RICHTER RELATION APPLIED TO MINING TREMORS

Abstract

One of the major hazards occurring during underground coal mining in the Upper Silesian Coal Basin is the seismic hazard and the associated risk to the stability of underground workings, which involves the safety of the people working there (the so-called rockburst hazard). Seismic hazard in mines is associated with tremors induced by the process of carried out deposit exploitation and disturbance of the deformation-stress balance of the rock mass. The effects of the disturbance of geomechanical balance can be observed by means of registering rock mass tremors and their targeted processing and analysis. The paper presents a method to assess the state of seismic hazard and rockburst hazard using continuous mining seismological registration in the mining area of "Bobrek-Centrum" hard coal mine. This assessment is based on the study of the Gutenberg-Richter distribution parameters (Gutenberg and Richter, 1954, Utsu 1999) for the current exploitation and relating these parameters to the background arising from their values calculated for extraction conducted in the previous years in the area under analysis. A series of calculations and analyses of changes in the value of coefficient b of Gutenberg-Richter relationship have been presented which were calculated in progressing sequentially with every day time windows for the selected longwalls of coal in "Bobrek-Centrum" mine, which are characterized with high seismic activity. The duration of the time window was selected on the basis of seismic activity in the area of the examined longwall and ranged from 7 to 30 days, so that the number of tremors in the window was not less than 30 tremors. A physical basis of the method is the assumption that the Gutenberg-Richter distribution determines the ratio of the strong seismic phenomena to the weak ones in a given set (measurement window), which for the rockburst hazard assessment in underground workings and overall seismic hazard is of fundamental significance.

In the doctoral dissertation entitled *"Seismic hazard assessment using Gutenberg-Richter relation applied to mining tremors"*, two theses were adopted and verified in real industrial conditions:

- where it is possible to use parameter b for the current assessment of seismic hazard of the extracted longwall
- for the current assessment of seismic hazard of the exploited longwall, changes in the coefficient b , calculated in the moving time windows should be followed and referred to the local criteria for rockburst hazard assessment

The previous and current analyses of mining-induced seismicity, concerning the possibility of using the coefficient b of Gutenberg-Richter relationship for the evaluation of seismic activity at a regional scale of the whole Upper Silesian Coal Basin, its parts or individual mines have been presented on the basis of the review of reference literature (Gibowicz 1973, Goszcz 1988, Kijko and Kowalska 1988, Dubiński and Syrek 1990, Pierwoła 1998). Such an analysis for particular extraction regions or exploited longwalls was carried out to a much lesser extent

(Marcak 1985, Syrek 1992, Mutke and others 1997, Mutke and Pierzyna 2010, Pierzyna 2011). The second direction of research was the probabilistic forecast of seismic hazard and rockburst hazard based on statistical distributions of Gutenberg-Richter and Pareto (Lasocki 1982, 1990, 1995, Gołda and Kornowski 2011). The presented studies show that the probability of strong tremors occurrence was small, and the value of interpretation is mainly attributed to the local changes in estimates (Lasocki 1990). In this perspective, it is difficult to use such forecasts in industrial practice

The real threat to the stability of mine workings and safety of the crew constitute strong tremors, which sources are located close to the mine workings. In the present paper, a systematic analysis of the trend of the coefficient b is conducted, which is determined in time windows, and the calculation results were correlated with the observed seismic activity in time and with mining and geological conditions of the conducted exploitation. As a result, a possibility of using changes in the coefficient b , calculated during the carried out extraction, was verified for the current assessment of seismic hazard in the longwall environment. On the testing grounds, numerous studies were conducted for the longwalls with caving and hydraulic backfill and in various mining and geological conditions. The examination of the coefficient b was conducted for the exploited longwalls 2 and 3 in the seam 503, 6 in the seam 510, and 91a and 92a in the seam 509 in the form of the so-called retrospective analysis. For the carried out testing ground calculations, mostly decreasing trend was observed of consecutive sequences of coefficient b in time and/or the lowest value of this coefficient obtained in the presence of the strongest tremors. These results indicate the usefulness of the analysis of the trend of the coefficient b of Gutenberg-Richter relationship in time to evaluate the preparation of the rock mass for the emission of strong tremors in the area of the exploitation longwall and they document (verify) the first thesis of the doctoral dissertation.

As a result of the work on this paper, calculations were presented that led to the formulation of the local criteria for the current assessment of seismic hazard in the mining area of “Bobrek-Centrum” hard coal mine. Particularly interesting results were obtained for representative mining and geological situations that led to the formation of the local zones of stress concentration and an increase in seismic activity and seismic hazard. The novelty in the presented research results is the development of quantitative criteria based on the analysis of the Gutenberg-Richter distribution in a moving time windows with the step - 1 day and taking into account the anomalies resulting from the comparison of the current values of the coefficient b with its average value for the whole mining area. This approach allows us to standardize criteria values to the actual values of the coefficient b , characteristic for the investigated area. In many measurement examples described in the paper, higher values of the anomaly of coefficient b , its lowest values and the downward trend before the occurrence of the strongest tremors, were documented. The criterion of hazard was developed in accordance with the principles of the “Comprehensive method for the assessment of rockburst hazard”, used in “Bobrek-Centrum” mine. It corresponds to the four states of rockburst hazard assessment and is one of the several criteria to supplement the existing seismological parameters.

The method presented in the paper can be used to assess the seismic hazard in “Bobrek-Centrum” hard coal mine and other coal mines in the Upper Silesia Coal Basin after the verification of the local criteria.