

Kraków, 27 sierpnia 2021

Dr hab. inż. Dariusz Chlebowski, prof. AGH
Katedra Inżynierii Górniczej i Bezpieczeństwa Pracy
Wydział Inżynierii Ładowej i Gospodarki Zasobami
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pana mgr. Krzysztofa Misza
pt. „Ocena zagrożenia sejsmicznego na podstawie analizy zmian
tensora momentu sejsmicznego i parametrów źródła wstrząsów górniczych”

1. PODSTAWA FORMALNA I PRZEDMIOT RECENZJI

Recenzję opracowano na podstawie decyzji Rady Naukowej Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach oraz pisma Dyrektora Instytutu Pana prof. dr hab. inż. Stanisława Pruska z dnia 15 czerwca 2021 (znak NSR/131/2021). Przedmiotem recenzji jest załączona do cytowanego pisma rozprawa doktorska Pana mgr. Krzysztofa Misza zatytułowana „Ocena zagrożenia sejsmicznego na podstawie analizy zmian tensora momentu sejsmicznego i parametrów źródła wstrząsów górniczych”, zrealizowana pod kierunkiem promotora Pani dr hab. inż. Krystyny Stec, prof. GIG i promotora pomocniczego Pani dr inż. Joanny Kurzei.

Postępowanie w sprawie nadania stopnia doktora prowadzone jest w oparciu o uregulowania formalne ustawy z dnia 14 marca 2003^[1] w związku z art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018^[2].

2. UKŁAD I OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Przedmiotowa rozprawa doktorska liczy łącznie (zgodnie z numeracją) 190 stron wydruku komputerowego, w tym tekst zasadniczy (129 stron), załączniki (34 strony), bibliografia (11 stron), wykaz tabel/rysunków/symboli (7 stron), spis treści oraz streszczenie w języku polskim/angielskim (6 stron). Tekst podstawowy uporządkowano w ośmiu rozdziałach tematycznych, wykaz literatury obejmuje 134 pozycje (w tym 2 netograficzne), rysunków – 80 pozycji, tabel – 25 pozycji.

Rozdział pierwszy (*Wstęp*, 2 strony) zawiera wprowadzenie do problematyki poruszanej w pracy, stanowiące próbę uzasadnienia podjęcia tematu. Nawiązując do poziomu notowanej współcześnie sejsmiczności indukowanej i skali zagrożenia tąpnięciami (w tym metod monitoringu i oceny) w rodzimym górnictwie węgla kamiennego Autor przedstawił zarys zamierzeń (zadań) planowanych do realizacji w ramach przedmiotowej rozprawy.

W rozdziale drugim (*Cel i zakres pracy*, 2 strony) zaprezentowano ogólną strukturę rozprawy w formie zestawienia i krótkiego streszczenia tytułów kolejnych jej części (rozdziałów), a także sformułowano stawiane przed pracą główne cele (jeden naukowy i dwa użytkowe).

Rozdział trzeci (*Charakterystyka zagadnienia*, 8 stron) traktuje o metodach badań mechanizmu ognisk i parametrów źródła w odniesieniu do trzęsień ziemi oraz wstrząsów pochodzenia górniczego. Przedstawione rozważania stanowią swego rodzaju literaturowy przegląd stanu wiedzy w zakresie rozwoju koncepcji badawczych, kryteriów interpretacyjnych i narzędzi służących wyjaśnianiu genezy zjawisk sejsmicznych. Szczególną uwagę poświęcił Autor

^[1] Ustawa z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2003, nr 65, poz. 595).

^[2] Ustawa z dnia 3 lipca 2018r. Przepisy wprowadzające ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1669).

10053

sejsmologii górniczej, w tym historii funkcjonowania kopalnianych i regionalnych sieci/stacji monitoringowych w kraju i za granicą. Wychodząc z niejednoznaczności efektów dotychczasowych badań dotyczących mechanizmów ogniskowych, związanej przede wszystkim ze złożonością procesów zachodzących w źródle w kontekście wieloczynnikowej ingerencji uwarunkowań lokalnych (geologicznych, górniczych), zasygnalizował potrzebę kontynuacji prac i poszukiwania nowych rozwiązań w obszarze interpretacji wyników obserwacji sejsmologicznych. W tym zakresie wskazał na potencjalne możliwości szerszego wykorzystania metody tensora momentu sejsmicznego (TMS) i analizy spektralnej sygnału w ocenach stanu zagrożenia wstrząsami towarzyszącego podziemnej działalności wydobywczej.

W ramach rozdziału czwartego (*Metodyka badań*, 17 stron) omówiono główne założenia i podstawy teoretyczne problematyki badawczej będącej przedmiotem rozprawy i nawiązującej bezpośrednio do jej celu naukowego. Powołując się na konkretne źródła bibliograficzne Autor przybliżył metody określania mechanizmów ognisk wstrząsów (graficzną, inwersji TMS) wraz z komentarzem dotyczącym otrzymywanych w rezultacie najważniejszych informacji/parametrów rozwiązania (geometria płaszczyzn nodalnych, dane kątowe głównych osi naprężeń kompresyjnych/tensyjnych, wartość momentu/magnitudy, udział składowych ISO, LDS, PPS, błąd estymacji). Analogiczne kompendium wiedzy zaprezentowano w odniesieniu do teorii/zasad prowadzenia spektralnych analiz sejsmogramów, leżących u podstaw wyznaczania wielkości parametrów ogniskowych (skalarny moment sejsmiczny M_{0SPEK} , energia spektralna E_S , promień ogniska R_0 , naprężenie pozorne N_p , statyczny spadek naprężeń S_n) na bazie modelu opisanego poziomem spektralnym i częstotliwością narożną. W końcowej części rozdziału zamieszczono informacje na temat sposobu przygotowania danych pomiarowych, algorytmu postępowania i wykorzystanych narzędzi. Autor podaje, że wyjściowym materiałem badawczym były wybrane zjawiska sejsmiczne zarejestrowane przez dwie kopalniane sieci sejsmologiczne oparte na systemach Aramis M/E (cyfrowym) i Aramis S (analogowym) produkcji ITI Emag. Do obróbki danych sejsmicznych, w tym określania mechanizmów i parametrów spektralnych, zastosowano oprogramowanie Foci ver. 3.8.1 (www.induced.pl/software/foci) po uprzednim wyeksportowaniu sygnału sejsmicznego z systemu Aramis i jego przetworzeniu do właściwego formatu przy wsparciu programu dyspozytorskiego Hestia D firmy Sevitel Sp. z o.o.

Rozdział piąty (*Charakterystyka obszarów badawczych i analiza otrzymanych wyników*, 74 strony) prezentuje zakres, przebieg i wyniki badań, których realizacja ma się przyczynić do osiągnięcia założonych celów pracy. Dla wytypowanych (w ocenie Autora reprezentatywnych) poligonów badawczych obejmujących 3 parcele eksploatacyjne w oddziałach PGG S.A. (ściany 413 w pokładzie 416 partia Az i 577a w pokładzie 510 partia B/B1 KWK Mysłowice-Wesoła, ściana 310 w pokładzie 507 partia Centralna KWK Ruda ruch Bielszowice) dokonano uporządkowanej rzeczowo analizy warunków geologiczno-górniczych, aktywności sejsmicznej, rozwiązań mechanizmów i parametrów spektralnych ognisk. W zakresie informacji o uwarunkowaniach lokalnych skoncentrowano się na opisie usytuowania partii złoża, danych o pokładzie i warstwach stropowo-spągowych (wraz z profilem litologicznym) oraz eksploatacji dokonanej i zaszłościach. W ramach charakterystyki sejsmiczności górotworu odniesiono się do ilości i energii rejestrowanych w czasie prowadzonych robót zjawisk, a także ich lokalizacji i rozmieszczenia stanowisk sejsmometrycznych (wraz z ilustracją graficzną). Część rozdziału dotycząca mechanizmu ognisk zawiera zestawienie – otrzymanych z zapisu sejsmogramów (prędkościowych, przemieszczeniowych) na podstawie inwersji amplitud pierwszych wstąpień fali podłużnej wg normy L2 (kwadratowej) – wyników pełnego rozwiązania TMS (w formie tabelarycznej z przekierowałem do załączników) dla wybranego (w kolejnych poligonach) fragmentu wypisu z bazy wstrząsów wraz z ich analizą. Zadaniem zamieszczonych rozważań była próba wychwycenia zależności (relacji) pomiędzy:

- liczbą wstrząsów i udziałem procentowym poszczególnych składowych tensora,

10023

- udziałem składowych i momentem sejsmicznym, energią, głębokością ognisk,
- lokalizacją hipocentralną i elementami budowy geologicznej, warunków górniczych.

Następnie, w oparciu o wbudowany w program moduł, dla grupy zjawisk sejsmicznych będących przedmiotem obliczeń mechanizmów ogniskowych, wyznaczono informatywne parametry spektralne źródła (M_{OSPEK} , E_S , R_o , N_p , S_n), poczynając od poziomu spektralnego i częstotliwości narożnej fali podłużnej/poprzecznej (P/S), gdzie dodatkowo określono ich współzależność wraz ze stopniem dopasowania linii trendu. Zebrane w tabeli wyniki zbiorcze stanowiły punkt wyjścia dla przeprowadzonych analiz zmienności:

- wszystkich wyspecyfikowanych parametrów w funkcji daty wystąpienia wstrząsu,
- energii spektralnej w funkcji skalarnego momentu sejsmicznego,
- liczby wstrząsów, momentu sejsmicznego i energii spektralnej w funkcji promienia ogniska,
- głębokości ognisk w korelacji z ich rozmiarem w funkcji współrzędnej poziomej (wzdłuż wybiegu pola ścianowego),

z wykorzystaniem dostępnych form (2D) graficznej reprezentacji danych numerycznych, także wykresów w układzie złożonym/kombi.

W rozdziale szóstym (*Kryteria poprawności wyników (szacowanie błędów)*, 6 stron) zamieszczono wskaźniki i reguły postępowania jakimi kierowano się w ocenie prawidłowości przyjętych rozwiązań, przekładających się bezpośrednio na wiarygodność uzyskanych rezultatów badań. W przypadku mechanizmów ogniskowych TMS wskazanie na poprawność modelu opierano na analizie wartości współczynnika jakości rozwiązania (Q) oraz błędu wyznaczania składowych tensora (ϵ), po uprzednim uwzględnieniu testów głębokości i wpływu stacji. Jako kryterium poprawności otrzymanych parametrów spektralnych źródła (ich wartości średnich, po odrzuceniu elementów skrajnych) uznano współczynnik zmienności częstotliwości narożnej fali P/S (będący funkcją odchylenia standardowego i średniej arytmetycznej) oraz przybliżoną zgodność wielkości magnitud: lokalnej (przeliczonej z energii sejsmicznej), spektralnej i określonej z rozwiązania TMS. Histogramy porównawcze zmian magnitudy i przedziały zmienności współczynnika jakości rozwiązania przytoczono w odniesieniu do poszczególnych poligonów badawczych.

Rozdział siódmy (*Możliwości wykorzystania otrzymanych wyników w praktyce*, 17 stron) przedstawia punkt widzenia Autora na potencjał aplikacyjny rezultatów badań. Proponuje się mianowicie rozszerzenie rutynowo stosowanej (wg instrukcji GIG^[3]) oceny stanu zagrożenia tąpnięciami dla ścianowych systemów eksploatacji o wybrane elementy będących przedmiotem pracy rozważań. Sugestie obejmują wprowadzenie dodatkowych, nieuwzględnianych obecnie a wpływających na wielkość zagrożenia, wskaźników wynikających z obserwacji zmian zarówno mechanizmów ognisk TMS (w ramach określonych tzw. jakościowych kryteriów oceny), jak i parametrów spektralnych (w ramach kryteriów ilościowych). Na podstawie zdefiniowanych wyznaczników i przypisanych im wag (z dostosowaniem do 4 stanów/kategorii) opracowano koncepcję modyfikacji metody sejsmologicznej jako jednej ze składowych oceny kompleksowej. Odniesiono się ponadto do kwestii dokumentowania i przechowywania danych, a także dokonano wstępnej (w obszarze rozpatrywanych poligonów dołowych) weryfikacji zaproponowanych procedur prognozowania w oparciu o syntetyczną analizę porównawczą ocen zagrożenia uzyskiwanych na bazie energii wstrząsów i kryteriów własnych.

Zasadniczą część pracy kończy rozdział ósmy (*Podsumowanie i wnioski*, 3 strony), stanowiący przegląd i kompendium wyników rozważań zawartych w poprzednich segmentach

[3] Barański A., Drzewiecki J., Kabiesz J., Dubiński J. i in. Zasady stosowania metody kompleksowej i metod szczegółowych oceny stanu zagrożenia tąpnięciami w kopalniach węgla kamiennego. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górniczego, seria Instrukcje nr 20 (2007), 22 (2012).

(rozdziałach), ze wskazaniem na poczytywane przez Autora elementy nowości oraz poznawcze i praktyczne znaczenie rezultatów badań.

3. MERYTORYCZNA OCENA ROZPRAWY

3.1. Zasadność wyboru i aktualność tematu

Towarzyszące eksploatacji rodzimych złóż węgla kamiennego (ale nie tylko) zjawiska geodynamiczne stanowią niewątpliwie istotny problem techniczny, szczególnie w kontekście zapewnienia priorytetu bezpieczeństwa mienia i zatrudnionych pod ziemią załóg. Działalność wydobywcza, naruszając pierwotny (naturalny) stan równowagi ośrodka skalnego, sprzyja występowaniu wstrząsów górniczych, które z geomechanicznego punktu widzenia stanowią odpowiedź górotworu na zachodzące zmiany w rozkładach naprężeń i energii sprężystej. Przez wzgląd na bezpośredni związek z tąpnięciami sejsmiczność indukowana jest obiektem zainteresowań nie tylko inżynierów kopalnianych stacji geofizycznych i organów nadzoru górniczego, ale także instytucji zaplecza naukowego. Do najtrudniejszych zagadnień badawczych należy prognozowanie aktywności sejsmicznej, przy czym o ile powszechnie uważa się, iż na podstawie rozeznania/osiągnięć nauki i doświadczeń praktycznych można – z większym lub mniejszym prawdopodobieństwem – szacować miejsce (rejon) wystąpienia zjawiska sejsmicznego oraz jego energię, to z przyczyn obiektywnych precyzyjna prognoza czasu wystąpienia wstrząsu jest nadal nierealna.

Zdecydowana większość funkcjonujących kopalń GZW realizuje roboty górnicze na dużych głębokościach w warunkach skrępowanych występowaniem różnego rodzaju zaszłości, zaburzeń tektonicznych czy zwięzłych utworów piaskowcowych/mułowcowych, co przyczynia się do intensyfikacji sejsmiczności indukowanej (zagrożenia tąpnięciami). Pomimo znaczącego na przestrzeni lat postępu technologicznego w sferze systemów monitoringu (w tym konstrukcji aparatur, rozbudowy/optimalizacji sieci sejsmometrycznych, sposobów rejestracji) problem efektywnej oceny i prognozy zagrożenia sejsmicznego trudno uznać za rozwiązany w stopniu satysfakcjonującym. Jako że nie należy też oczekiwać, w opinii recenzenta, spadku skali zagrożenia przynajmniej w odniesieniu do niektórych zakładów górniczych wobec ograniczenia wielkości produkcji, toteż istnieje słusza potrzeba poszukiwania nowych i rozwoju istniejących metod/algorytmów interpretacji wyników obserwacji sejsmologicznych pod kątem poprawy ich skuteczności. Warto nadmienić, iż merytorycznie zbieżne wskazanie było jednym z zaleceń komisji specjalnej^[4] powołanej po zdarzeniu w JSW S.A. KWK Borynia-Zofiówka-Jastrzębie z maja 2018, co niejako potwierdza rangę problemu.

Przedmiotowa rozprawa doktorska wpisuje się w tę aktualną problematykę badawczą. Podjęcie przez Autora tematu ukierunkowanego na opracowanie nowej (zmodyfikowanej w stosunku do obecnych wytycznych GIG^[3]), wykorzystującej dodatkowo parametry kryterialne, metody prognozy zagrożenia sejsmicznego uważam za zasadne i pożądane tak pod względem potencjalnych walorów poznawczych, jak i aplikacyjnych.

3.2. Sformułowanie celu rozprawy

Jakkolwiek Doktorant zrezygnował ze sformułowania tezy pracy w ścisłym tego słowa znaczeniu, to z merytorycznego punktu widzenia nie jest to mankamentem bowiem z powodzeniem można przyjąć za tożsame tezie postawione w rozdziale drugim (str. 15-16) zasadnicze cele, które niewątpliwie zawierają określone jej elementy i stanowią tym samym o kierunku prowadzonych rozważań. Jako cel naukowy wytyczono „*określenie zależności między obserwowanym stanem zagrożenia sejsmicznego a parametrami opisującymi procesy fizyczne*”

^[4] Zarządzenie nr 41 Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego w sprawie powołania Komisji dla zbadania przyczyn i okoliczności tąpnięcia oraz wypadku zbiorowego, zaistniałych w dniu 5 maja 2018 w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A. KWK Borynia-Zofiówka-Jastrzębie ruch Zofiówka w Jastrzębiu-Zdroju. Dziennik Urzędowy WUG z dnia 7 maja 2018, poz. 100.

zachodzące w ogniskach wstrząsów górniczych oraz parametrami spektralnymi sygnału sejsmicznego”. Z kolei wyartykułowanymi celami użytecznymi są „poprawa dokładności lokalizacji hipocentrow wstrząsów górniczych na podstawie otrzymanych modeli mechanizmów ognisk i określenie przyczyn występowania wstrząsów” oraz „poprawa jakości oceny stanu zagrożenia tąpnięciami i wstrząsami oparta na analizie zmian parametrów opisujących mechanizmy ognisk wstrząsów indukowanych eksploatacją górniczą i zmian parametrów spektralnych sygnału sejsmicznego”.

Biorąc pod uwagę, iż w zagadnieniach inżynierskich cele poznawcze polegają na opracowywaniu (uściśleniu) pewnych założeń koncepcji (modeli) i opierają się na dążeniu do pozyskiwania (poszerzania) wiedzy o konkretnym zjawisku (procesie), zaś cele praktyczne dążą do ustalenia przydatności określonych informacji (metod), przedstawione cele rozprawy uznaję za interesujące, poprawnie sformułowane, spójne z tematem głównym i dobrze opisujące istotę zagadnienia badawczego. Na tym etapie pojawić się może jedynie pytanie (w odniesieniu do celu naukowego) co konkretnie Autor będzie rozumiał pod pojęciem „(stanu) zagrożenia sejsmicznego” w kontekście określania zależności z ilościowo zdefiniowanymi parametrami ogniskowymi i/lub spektralnymi. Choć intuicyjnie fraza jest ogólnie czytelna, to potrzeba wyjaśnienia/ustalenia pewnych kryteriów (w sensie atrybutów wzmiankowanego zagrożenia) wydaje się być obiektywnie uzasadniona tym bardziej, że w rozdziale piątym (str. 42) w analogicznym kontekście miast „zagrożenie sejsmiczne” używa się sformułowania „powszechnie stosowane parametry charakteryzujące zagrożenie sejsmiczne”, a w streszczeniu (str. 4) i rozdziale pierwszym (str. 13) „aktywność sejsmiczna” w połączeniu z „warunkami geologicznymi i górniczymi”.

3.3. Struktura rozprawy

Opiniowana praca jest generalnie przejrzysta i klarowna, poprawna językowo i terminologicznie, posiada zwartą formę oraz zawiera typowe elementy prawidłowej struktury, na którą składają się informacje wprowadzające (z przedstawieniem celu/zakresu), pięć rozdziałów zasadniczych (z odwołaniem do załączników), podsumowanie (z wnioskami) i zestawienia pomocnicze (literatury, rysunków, tabel, symboli). Podział i kolejność rozdziałów (podrozdziałów) nie budzi większych zastrzeżeń, prezentując istotę poruszanych zagadnień i logiczne następstwo procesu badawczego w dążeniu do wytyczonych celów.

Pomimo całościowej spójności być może Autor zechce skorzystać (choćby na potrzeby przyszłej publikacji) z kilku subiektywnych uwag porządkowych, które w moim przekonaniu mogłyby wpłynąć na poprawę czytelności pracy. Otóż przez wzgląd na wzajemne powiązania przedmiotowe warto rozważyć wydanie przesunięcie fragmentów treści ujętych w rozdziale szóstym (*Kryteria poprawności wyników...*), z wyłączeniem danych i komentarzy dotyczących zmienności współczynnika Q i magnitud w poligonach (te powinny być częścią rozdziału piątego), jako ostatni podrozdział do rozdziału czwartego (*Metodyka badań*). Z kolei rozdział drugi (*Cel i zakres pracy*) z powodzeniem mógłby zostać włączony do równie krótkiego rozdziału pierwszego (*Wstęp*) ze scalonym tytułem, natomiast rozdział piąty (*Charakterystyka obszarów badawczych i analiza otrzymanych wyników*) można byłoby rozbić na dwa odrębne (przed i po spójniku łącznym) wraz z poszerzeniem tego pierwszego o dodatkowe informacje, których wg mnie obecnie brakuje i/lub ich zasób jest zbyt skromny (np. przebieg eksploatacji, dotychczasowe dokonania w rejonie, zagrożenia naturalne, parametry geomechaniczne ośrodka skalnego). Nie do końca zrozumiałe jest także odejście od schematu podrozdziału 5.3 w pokrewnych mu podrozdziałach 5.1 i 5.2 w odniesieniu do wątku „Konfiguracji sieci sejsmometrycznej”.

Bibliografia (cytowana w standardzie APA) wydaje się być trafnie dobrana, jest dostosowana do tematyki i wystarczająca dla udokumentowania aktualnego stanu wiedzy oraz przeprowadzenia właściwych badań. Spośród 134 źródeł publikacyjnych (29% w języku polskim, 71% obcojęzycznych), w tym 2 autorstwa Doktoranta, 5 (pozycje 28, 115, 124, 127,

Handwritten signature

129) nie zostało zacytowanych w tekście, 1 (Kwiatek, 2002) brak w wykazie, 4 (pozycje 58/59 i 112/113) nie rozróżniono wykluczając faktyczne odwołanie, a przy obu pozycjach netograficznych (70, 74) nie podano daty dostępu.

3.4. Metodyka badawcza i wnioskowanie

W dziedzinie nauk technicznych (inżynieryjno-technicznych) często korzystamy z osiągnięć badań i nauk podstawowych dysponując mniej lub bardziej precyzyjnym opisem procesu/zjawiska w języku określonej teorii wraz ze ściśle zdefiniowanymi pojęciami, równaniami, sposobami pomiaru czy kontroli jego przebiegu. Utożsamiając istotę metody badawczej z koncepcją i sposobami dążenia do rozwiązania określonego, skoordynowanego z konkretnymi tezami/celami, problemu naukowego (tu związanego z prognozami zagrożenia sejsmicznego), w pracy wykorzystano elementy eksperymentu myślowego, statystyki i symulacji komputerowej (na bazie studium przypadku), gdzie głównym narzędziem badań były moduły specjalistyczne pozasystemowego, lecz dość często wykorzystywanego oprogramowania Foci. Podstawę opracowywanych ocen wielkości zagrożenia stanowiły zaawansowane parametry ognisk (w tym spektralne) wybranej populacji wstrząsów zarejestrowanych przez 2 kopalniane sieci sejsmologiczne. Analiza mechanizmów zrealizowana została w oparciu o szeroko dziś stosowaną w badaniach nad sejsmicznością indukowaną (ewentualnie słabszą pochodzenia tektonicznego) metodę inwersji tensora momentu sejsmicznego z amplitud i polaryzacji pierwszych wejść fali P w domenie czasu, której podłoże teoretyczne (podobnie jak metod spektralnych) Autor omówił w rozdziale czwartym. Zważywszy na obserwowany związek znaczącej części górniczych mechanizmów ogniskowych raczej z modelami odbiegającymi od podwójnej pary sił, racjonalna wydaje się również decyzja o interpretacji wyników z wykorzystaniem rozwiązania pełnego tensora, gdzie możliwa jest analiza – lepiej odzwierciedlających procesy w źródle – kombinacji wszystkich mechanizmów (eksplozja/implozja, jednoosiowe ściskanie/rozciąganie, czyste ścinanie). Podobną uwagę można skierować do kwestii zastosowanej normy (L2), która z jednej strony istotnie jest częściej używana (mimo większej czułości na prawdopodobne błędy), z drugiej zaś Autor tłumaczy (powołując się na literaturę) porównywalność rozwiązań niezależnie od normy wykorzystaniem wyłącznie sejsmogramów, dla których początek fali P udało się zidentyfikować w sposób jednoznaczny. Może asekurowanie warto było spróbować wrywkowego sprawdzenia obecności ewentualnych przypadków niepewnych z pokazaniem przykładu porównawczego L1/L2 i odpowiednią adnotacją, podobnie jak to uczyniono przy teście stacji?

Przytoczone stwierdzenia świadczą o trafności doboru metod badawczych, nieco więcej miejsca można było natomiast poświęcić w pracy ograniczeniom w nich tkwiących (ewentualnie w stosowanych narzędziach), w tym wrażliwości na dane wejściowe w aspekcie wpływu na stabilność rezultatów uzyskiwanych w poszczególnych poligonach. Poza pojedynczymi wzmiankami trudno doszukać się w tekście chociażby informacji w zakresie struktury lokalnych sieci obserwacyjnych, ich dynamiki, wykorzystania sond trójskładowych, jakości pokrycia azymutalnego, dokładności lokalizacji współrzędnych hipocentralnych czy modelu prędkościowego ośrodka, które stanowiłyby znakomite uzupełnienie zamieszczonych ilustracji (rys. 13, 34, 56). Odrobinę szerszego komentarza można byłoby oczekiwać także w nawiązaniu do szacowania błędów (rozdział szósty), gdyż o ile w przypadku analizy spektralnej podano w miarę konkretnie kryterium poprawności rozwiązania (zgodność magnitud i 30% współczynnik zmienności częstotliwości narożnej), to dla metody TMS jest mowa tylko o maksymalnej wartości wskaźnika jakości przy najmniejszym błędzie wyznaczania składowych. Na ile zatem udało się udokładować współrzędną pionową (patrząc przez pryzmat celu praktycznego) i czy notowane dla ścian 577a/510/Wesoła i 310/507/Bielszowice dopasowanie na poziomie $Q_{\min}=22\%$ można tłumaczyć tylko potencjalnie niepełnym domknięciem sieci? Biorąc z kolei pod uwagę lakoniczność pewnych wypowiedzi w kwestii wyników analiz (np. (str. 58) „występowała zależność poszczególnych składowych TMS od głębokości ognisk

Xowz

wstrząsów”) Autor mógł też więcej miejsca oddać bilansowi efektów pod kątem ich usystematyzowania odnośnie zasadniczych celów pracy, czy też ewentualnych propozycji dalszych badań (poza sygnalizowaną potrzebą dostosowywania elementów opracowanej metody do lokalnych warunków kopalnianych).

Sugestie bądź spostrzeżenia dotyczące możliwych uzupełnień informacyjnych (na potrzeby publikacyjne) posiadają w gruncie rzeczy charakter podrzędny i nie wpływają na merytoryczną ocenę poprawności przyjętej metodyki. Stwierdzić należy, iż oparte o nią badania zostały zrealizowane w pełnym założonym zakresie i w odniesieniu do większości poruszanych zagadnień pozwoliły na wypracowanie informatywnych i ciekawych wyników. Te z kolei, po dokonaniu właściwych analiz interpretacyjnych, były podstawą wnioskowania naukowego w kierunku konkretnych zastosowań aplikacyjnych.

3.5. Oryginalność rozprawy jako dzieła naukowego

Obiektywnie rzecz biorąc istota pracy naukowej (jako formy pracy twórczej) wiąże się z badaniem nowych i/lub przeobrażaniem funkcjonujących relacji między określonymi rzeczami, zjawiskami czy procesami, a jej rezultatem jest dzieło dokumentujące program, przebieg i wyniki badań. Doktorant podjął próbę rozwiązania złożonego zagadnienia naukowego cechującego się dużym stopniem trudności, polegającego na ustaleniu wpływu zmian wybranych parametrów ognisk wstrząsów górniczych na kształtowanie się aktywności sejsmicznej górotworu, a następnie wykorzystaniu zaobserwowanych, potencjalnych prawidłowości w praktyce inżynierskiej. Kluczowe rozważania zawarto w treści rozdziałów od piątego do siódmego, a do najważniejszych osiągnięć naukowych Doktoranta należy moim zdaniem zaliczyć:

- przygotowanie koncepcji i algorytmu (harmonogramu) badań,
- aplikację dostępnych metod i narzędzi badawczych dla potrzeb rozwiązania nakreślonego problemu (realizacji zamierzonych celów),
- przeprowadzenie badań w obszarze danych/warunków charakteryzujących wytypowane poligony dołowe, wraz z dyskusją (wiarygodności) wyników,
- identyfikację alternatywnych czynników opisujących zagrożenie sejsmiczne i opracowanie nowej (opartej o zdefiniowane parametry kryterialne) propozycji metody jego oceny wraz z wstępną weryfikacją.

Osobliwość podnoszonej problematyki, związana z elementami genezy powstawania wstrząsów w konfrontacji ze zróżnicowaniem uwarunkowań geologiczno-górnicznych i specyfiką kopalnianych systemów sieci obserwacyjnych, niewątpliwie wymagała od Autora rozległej wiedzy teoretycznej (z zakresu geofizyki, górnictwa podziemnego) oraz doświadczenia i dużych umiejętności w posługiwaniu się określonymi narzędziami (Aramis-Win, Foci, Hestia). Jest to zauważalne zarówno na etapie przygotowywania i przetwarzania danych, jak i analiz z interpretacją wyników, tworzących logicznie uporządkowany tok postępowania.

Jakkolwiek wyraźnie trzeba powiedzieć, że wyniki w odniesieniu do części spektralnej wydają się być zdecydowanie bardziej obiecujące aniżeli rozwiązania mechanizmów ogniskowych, to całość dokonanych w rozdziale piątym analiz w kierunku poszukiwania zależności pomiędzy badanymi atrybutami/parametrami nie pozwoliła na sformułowanie w pełni jednoznacznych, zgeneralizowanych wniosków, o czym świadczy także ostrożna narracja treści. Przyczyny takiego stanu rzeczy nie leżą bynajmniej po stronie działań Autora, można ich upatrywać w skomplikowanej fizyce procesów przebiegających w ognisku (w funkcji zmian budowy geologicznej i czynników górniczych), a być może również w liczności próby w zakresie poligonów i idącej w ślad za tym dyspozycyjnej populacji zjawisk o właściwej energii progowej. O ile Doktorant chciałby w przyszłości rozwijać swoje zainteresowania w tej problematyce, przedmiotem dalszych prac powinny być podobne analizy z włączeniem większej ilości obszarów badawczych i/lub raportów pozyskanych z jednostek zewnętrznych.

Zwieńczeniem zrealizowanych badań, a zarazem kreatywnym domknięciem całokształtu rozważań merytorycznych, jest przedstawiony w rozdziale siódmym autorski projekt sejs-

4012

smologicznej metody oceny zagrożenia tąpnięciami dla ścian wydobywczych w pokładach węgla kamiennego. Zamysłem proponowanej koncepcji jest wprowadzenie nowych (zdefiniowanych w pracy) czynników bądź parametrów kryterialnych wynikających z analizy spektralnej i zmian TMS, przypisanie im określonych wag liczbowych, powiązanie łącznej punktacji z literowym oznaczeniem stanu i traktowanie (na wzór instrukcji GIG^[3]) jako gotowy, alternatywny schemat oceny zagrożenia. Algorytm roboczo przetestowano dla danych z rozpatrywanych poligonów badawczych z wykorzystaniem klasycznego kryterium bazującego na energii wstrząsów.

Odnosząc się do propozycji metody należy stwierdzić, że jest ona ogólnie sensowna i zasadna z punktu widzenia oddelegowanych czynników kryterialnych i kryje w sobie określony potencjał w aspekcie możliwości aplikacji w praktyce kopalnianej, choć niewątpliwie wymaga dodatkowych badań i szerszej weryfikacji. Co prawda Autor ma tę świadomość wspominając o takiej potrzebie w odniesieniu do niektórych elementów (komentarze na str. 125, 127), niemniej występuje kilka kwestii, na które jeszcze warto zwrócić uwagę. Pomijając czynnik natury techniczno-organizacyjnej (związany z pracochłonnością analiz w dobowym oknie raportowania) pewnym ograniczeniem metody wydaje się być prawdopodobny brak możliwości jej wdrożenia wprost w wersji podanej w rozprawie dla rejonu bez obserwacji prędkości drgań (PPV), w którym – niezależnie od skali rejestrowanej sejsmiczności – nie odnotowano zjawiska o energii rzędu 10^3 J. Wynika to z ustalonego sposobu wyznaczania wartości progowej górnej granicy stanu „b” na podstawie parametrów widma źródła sejsmicznego, co przy konieczności spełnienia więcej niż połowy podanych kryteriów praktyczne wyklucza zakwalifikowanie do przypisanych stanów w myśl idei ilościowej (str. 130). Pewien niedosyt pozostawia także symboliczny komentarz na temat leżących u podstaw oceny jakościowej/ilościowej przesłanek doboru elementów kryterialnych oraz zasad przyznawania im wag, w tym punktacji łącznej. Celowym byłoby ponadto chociażby krótkie wyjaśnienie co do argumentacji przemawiającej za uwzględnieniem – wykraczających poza zakres pracy – wyrobisk korytarzowych (w ocenie ilościowej) czy wskaźnika związanego z lokalizacją wstrząsu względem uskoku (ocena jakościowa).

Sformułowane uwagi nie naruszają poprawności ogólnej koncepcji i procedury rozwiązania przedstawionego, oryginalnego i złożonego zagadnienia badawczego w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska. Nie zmieniają tym samym całościowej, pozytywnej opinii na temat rozprawy, która niewątpliwie zawiera wszystkie przymioty przynależne opracowaniom o charakterze naukowym na poziomie doktoratu. Realizując postawione cele w oparciu o dociekania teoretyczne podbudowane przywołaniami bibliograficznymi oraz analizę, z wykorzystaniem dedykowanych programów komputerowych, wyników badań w kierunku zastosowań praktycznych Autor wykazał się odpowiednią wiedzą i umiejętnościami w zakresie samodzielnego prowadzenia prac naukowych.

4. UWAGI I KOMENTARZE

Rozprawa została przygotowana starannie, z widoczną dbałością dotyczącą tak części tekstowej jak i graficznej, język jest na ogół poprawny pod względem gramatycznym i stylistycznym. Przedstawione dodatkowe uwagi czy też pytania w sferze ogólnej/szczegółowej skupiać się będą przede wszystkim na kwestiach merytorycznych lub technicznych (w uzupełnieniu pkt. 3 recenzji) odebranych w mojej opinii jako dyskusyjne lub niejasne, wymagające zasygnalizowania bądź odrębnego komentarza. Napotkane w trakcie lektury pracy mało istotne drobne błędy i/lub nieścisłości natury ewidentnie edytorskiej (w tekście czy grafice) zostały przekazane Autorowi i wyjaśnione podczas odbytego spotkania o charakterze konsultacyjnym, stąd też nie będą tutaj przytaczane.

– W tekście stosuje się nie budzącą zastrzeżeń zamienną pojęć zagrożenia sejsmicznego i zagrożenia wstrząsami, o czym notabene czytelnik zostaje poinformowany (str. 13). Po-

nieważ jednak czasami zamiennie albo łącznie używane jest także zagrożenie tąpnięciami i zagrożenie sejsmiczne, to mimo bezsprzecznego fizykalnego związku należy mieć świadomość dyskusyjności bezpośredniego utożsamiania tych zdarzeń/zagrożeń.

- Biorąc pod uwagę czynniki decydujące o wielkości zagrożenia tąpnięciami pominięcie w opisie warunków geologiczno-górnich (poszczególnych rejonów) informacji np. o głębokości parcel, odległości względem zaszłości i potencjalnych warstw wstrząsogennych czy parametrów geomechanicznych utworów skalnych nieco utrudnia odbiorcy odniesienie się niektórych, skądinąd interesujących wyników badań. W nawiązaniu do wspomianej w tekście odmienności uwarunkowań poligonów można było pokusić się o swego rodzaju syntetyczne zestawienie zbiorcze głównych cech tych uwarunkowań w aspekcie rezultatów analiz.
- W rozważaniach dotyczących związku naprężenia pozornego (łączonego z oceną ciągłości struktury górotworu) i statycznego spadku naprężeń (jako miary odprężenia) z rejestrowaną aktywnością sejsmiczną Autor odnosi maksymalne wartości wzmiankowanych parametrów spektralnych m. in. do energii odpowiadających im wstrząsów. Czy z racji wnioskowania na potrzeby zdefiniowanego wskaźnika P_s prowadzone były również analizy w układzie odwrotnym (maksymalne energie zjawisk w funkcji tych parametrów)?
- Wobec pewnych mało spójnych miejscami informacji w tekście i rezygnacji z ich podawania w opisach odpowiednich tabel/rysunków, jakie zastosowano kryterium (kryteria) wyodrębniania bazy wstrząsów (z pełnej populacji zarejestrowanych w rejonie) do wyznaczania mechanizmów i parametrów spektralnych oraz późniejszych analiz? Dla przeważającej części przypadków treść wskazuje na próg energii $5(6) \times 10^4 \text{J}$, niemniej w zestawieniach figurują zjawiska mniejszego rzędu (np. ściana 413/416, 577a/510).
- W rozważaniach dotyczących mechanizmu ognisk Autor odnotowuje relatywnie niewielką (na poziomie 8-15% zależnie od poligonu) obecność przypadków modelu poślizgowego ścinającego. Czy mając na względzie dużą informatywność dominacji udziału poszczególnych składowych pełnego tensora w połączeniu z elementami budowy geologicznej, udało się Autorowi wyciągnąć rzeczowo spójne wnioski z zestawienia wyników rozwiązania w grupie poślizgowych oraz nieścinających typów mechanizmów w powiązaniu z głębokością i lokalizacją w poziomie?
- W opisie opracowanej metody nie ma pełnej klarowności co do ustaleń rejonu wyrobiska, z jakiego przyjmuje się bazę danych do określania zagrożenia. Ponieważ praca powołuje się na obie instrukcje GIG^[3], które m. in. w tej kwestii dla ścian się różnią, toteż nie wiadomo czy podtrzymane zostają odległości 200m względem frontu i 100m w poprzek od chodników (instrukcja nr 20), ewentualnie 300m we wszystkich kierunkach (instrukcja nr 22), czy też w zamyśle są inne rozwiązania lub decyzję pozostawia w gestii wdrażającego zakładu górnego.
- Przy kwantyfikowaniu zagrożenia w oparciu o obserwacje zmian TMS (str. 125) jednym z elementów oceny jest hipocentrum wstrząsu ze zdefiniowaną odległością poziomą (względem resztki/krawędzi) lub odległością bez podania orientacji (względem uskoku). Jak w tym znaczeniu należy interpretować lokalizację hipocentralną? Czy czynnik dotyczący prowadzenia ściany w zasięgu pozostawionej części calizny węglowej ma wskazywać także resztkę w tym samym pokładzie?
- Traktując zestawienia przedstawiające parametry spektralne ognisk (tab. 4, 8, 12) jako właściwe źródło danych, sprawdzenia wymagają elementy odwzorowań graficznych (wykresów) na rys. 24, 29, 44, 46, 49, 52, 64.
- Iluzoryczna jest przydatność zamieszczonego na wstępie wykazu symboli. Poza niealfabetycznym porządkiem listy, część oznaczeń jest nieujętych, zdublowanych bądź niekonsekwentnie używanych w tekście.

1003

Powyższe uwagi/komentarze nie umniejszają wysokiej merytorycznej wartości opinio- wanej rozprawy. Dotyczy ona rozwiązania skomplikowanego zagadnienia naukowego oraz zawiera wiele interesujących z inżynierskiego punktu widzenia opracowań stanowiących spójną całość z niewątpliwymi elementami nowatorstwa. Na podstawie rzetelnie wykonanego szeregu czaso- i pracochłonnych badań/analiz oraz logicznego ciągu wywodów udało się sformułować określone wnioski zmierzające do osiągnięcia założonych na wstępie celów uty- litarnych. W sferze poznawczej docenić należy wkład Autora w rozwoju wiedzy w zakresie możliwości wykorzystania pozarutynowych, być może bardziej efektywnych, kryteriów oce- ny stanu zagrożenia sejsmicznego w podziemnych kopalniach węgla kamiennego.

5. WNIOSEK KOŃCOWY

Konkludując treść sporządzonej recenzji uważam, że rozprawa autorstwa mgr. Krzysz- tofa Misza pt. „Ocena zagrożenia sejsmicznego na podstawie analizy zmian tensora momentu sejsmicznego i parametrów źródła wstrząsów górniczych” przedstawia oryginalne rozwiąza- nie konkretnego problemu naukowego z zakresu dyscypliny górnictwo i geologia inżynierska. Przy realizacji sformułowanego w temacie, złożonego zagadnienia o charakterze poznaw- czym i utylitarnym Autor wykazał się właściwą wiedzą teoretyczną oraz odpowiednimi umie- jętnościami samodzielnego prowadzenia badań w obszarze inżynierskich zastosowań metod sejsmologii górniczej. Stwierdzam zatem, iż spełnione zostały wymagania formalne stawiane pracom doktorskim w świetle Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Na tej podstawie wnoszę do Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa w Katowi- cach o przyjęcie rozprawy oraz dopuszczenie Pana mgr. Krzysztofa Misza do dalszych eta- pów postępowania w prowadzonym przewodzie o nadanie stopnia doktora.

