

Kraków, 15.10.2023 r.

Dr hab. inż. Zbigniew Burtan, prof. AGH

Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie
Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami
Katedra Inżynierii Górniczej i Bezpieczeństwa Pracy

Recenzja pracy doktorskiej

Pana mgr inż. Andrzeja Hadama

pt.: *Metodyka ograniczania zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami dla wyrobisk górniczych zlokalizowanych w ich filarach*

I. PODSTAWA OPRACOWANIA I PRZEDMIOT RECENZJI

Recenzję opracowano na podstawie pisma z dnia 21.08.2023 r. Pana prof. dr hab. inż. Stanisława Pruska Dyrektora Głównego Instytutu Górniczego Instytutu Badawczego w Katowicach

Przedmiotem recenzji jest załączona do ww. pisma rozprawa doktorska Pana mgr inż. Andrzeja Hadama pt.: „*Metodyka ograniczania zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami dla wyrobisk górniczych zlokalizowanych w ich filarach*”, zrealizowana pod kierunkiem promotora Pana prof. dr hab. inż. Józefa Kabiesza i promotora pomocniczego Pana dr inż. Jacka Myszkowskiego.

II. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Przedmiotowa rozprawa doktorska mgr inż. Andrzeja Hadama pt. „*Metodyka ograniczania zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami dla wyrobisk górniczych zlokalizowanych w ich filarach*” liczy 149 stron tekstu, w tym 104 rysunki, 12 tablic oraz 143 pozycje bibliograficzne i 3 źródła netograficzne. Rozprawę uzupełniają 3 załączniki, obejmujące 51 stron i odpowiednio: 11, 6 i 12 rysunków oraz 7 i 10 (załączniki 2 i 3) tablic.

Rozprawa zaczyna się od: spisu treści, streszczeń w języku polskim i angielskim oraz wykazu symboli i oznaczeń, obejmując swoim zakresem 10 rozdziałów oraz spis literatury.

Rozdział I (2 strony) zawiera wprowadzenie do problematyki pracy, nawiązując do wyznaczania filarów ochronnych i utrzymania w nich wyrobisk korytarzowych bez uwzględnienia oddziaływania zjawisk dynamicznych wynikających z zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami. Brak w dotychczasowych zasadach wymiarowania filarów określeniu wpływu zjawisk dynamicznych stanowiło dla doktoranta asumpt podjęcia badań będących przedmiotem pracy.

Rozdział II (20 stron) stanowi przegląd stanu wiedzy odnoszący się kolejno do:
– wymiarowania filarów ochronnych, tak za pomocą rozwiązań analitycznych i empirycznych, jak i z wykorzystaniem modelowania numerycznego;

- przyczyn zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami w filarach, gdzie zamieszczono zestawienie tąpnięć zarejestrowanych w latach 2006-2020 w kopalniach GZW z wyróżnieniem 12 spośród 35 tąpnięć związanych z występowaniem filarów;
- wybranych metod aktywnego ograniczania zagrożenia sejsmicznego w rejonach lokalizacji filarów, polegające na odprężaniu tych rejonów poprzez niszczenie struktury pokładu aktywnymi metodami zwalczania tąpnięć oraz doprowadzenie do samoczynnej relaksacji naprężeń.

W rozdziale III (2 strony) sformułowano tezę, cele i zakres pracy. Teza rozprawy wskazała, że *„obecny stan wiedzy oraz istniejące metody profilaktyki zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami umożliwiają skuteczne ograniczanie skutków geomechanicznych zjawisk dynamicznych na wyrobiska górnicze zlokalizowane w filarach ochronnych”*. Celem podstawowym było *„opracowanie procedury postępowania dla racjonalnego planowania wytwarzania filarów oraz doboru i stosowania profilaktyk zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami, chroniących wyrobiska górnicze w nich zlokalizowane przed skutkami występowania tych zagrożeń”*, zaś celem dodatkowym *„wykazanie, że istniejące i stosowane w praktyce narzędzia oceny występujących w filarze ochronnym i jego otoczeniu stanu zagrożeń sejsmicznego i tąpniętami, pozwalają na racjonalny dobór skutecznych i efektywnych metod prewencji tych zagrożeń”*. Z kolei zakres rozprawy stanowiły opisane dalej kolejne rozdziały pracy.

W rozdziale IV (2 strony) określono metodykę badań wykorzystującą: programy komputerowe, badania i pomiary poligonowe, eksperymenty techniczne z zakresu profilaktyki tąpniowej oraz modele behawioralne w zakresie projektowania filara i zwalczania zagrożenia sejsmicznego.

W rozdziale V (8 stron) dokonano wyboru poligonu badawczego usytuowanego w rejonie filara ochronnego dla pochyłń pomiędzy blokami Cz i C oraz Cw części marklowickiej KWK ROW Ruch Marcel, opisując uwarunkowania geologiczne i zakres prowadzonych robót górniczych.

W rozdziale VI (59 stron) zaprezentowano rezultaty przeprowadzonych badań dotyczących stanu zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami w wytypowanym filarze ochronnym, odnosząc się do: warunków geologiczno-górniczych, rozpoznania struktury warstw i wytrzymałości skał, konwergencji wyrobisk wykonanych w filarze, analitycznych i numerycznych prognoz rozkładów stanu naprężenia i deformacji, analizy aktywności sejsmicznej oraz prognozy zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami.

W rozdziale VII (20 stron) przedstawiono wyniki przeprowadzonej próby dezintegracji warstwy wstrząsogennej metodą ukierunkowanego hydroszczelinowania UHS, poprzedzonej modelowaniem stanu górotworu w otoczeniu szczelin UHS i analizą optymalizacji technicznych parametrów tej metody,

Rozdział VIII (6 stron) stanowi syntetyczne omówienie rezultatów przeprowadzonych wcześniej badań, pomiarów i eksperymentów w odniesieniu do rozpoznania warunków zalegania złoża, oceny stanu zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami, utrzymania wyrobisk zlokalizowanych w filarze oraz dezintegracji warstw stropowych.

W rozdziale IX (6 stron) zaprezentowano w formie schematów blokowych procedury wytwarzania nowego filara ochronnego oraz ograniczania zagrożenia sejsmicznego i tąpnięciami w filarze już istniejącym.

Rozdział X (3 strony) stanowi podsumowanie rozprawy ze stwierdzeniami i wnioskami o charakterze poznawczym i praktycznym.

Na końcu pracy, w nienumerowanym rozdziale zamieszczono cytowane pozycje literaturowe i źródła netograficzne.

III. MERYTORYCZNA OCENA ROZPRAWY

3.1. Ocena trafności wyboru i poprawności sformułowania tematu rozprawy

Tematyka rozprawy dotyczy zasad wytwarzania filarów ochronnych oraz utrzymania usytuowanych w nich wyrobisk górniczych w aspekcie minimalizacji zagrożenia sejsmicznego i tąpnięciami. Odnosząc się do branżowych przepisów górniczych, szereg znajdujących się w nich zapisów dotyczy wymogów prowadzenia robót górniczych w sąsiedztwie filarów ochronnych, w tym w warunkach zagrożeń naturalnych z uwzględnieniem zagrożenia tąpnięciami. Stąd też, mając na uwadze tylko same obowiązujące wymagania prawne, można stwierdzić, że podjęta tematyka rozprawy jest ważna, aktualna i może mieć wymiar praktycznego zastosowania. Zestawione w rozprawie przykłady tąpnięć, jakie miały miejsce w polskich kopalniach węgla kamiennego w latach 2006÷2020, związanych z występowaniem filarów (12 z 35 tąpnięć, tj. 34% wszystkich zdarzeń), a także zaistniałe przed analizowanym okresem tąpnięcia w rejonie filarów ochronnych, niejednokrotnie będące przyczyną zaniechania eksploatacji, potwierdzają bardzo dużą istotność tematu będącego przedmiotem pracy.

Ze względu na ważność zagadnienia, jakim jest bezpieczne prowadzenie robót górniczych w warunkach zagrożenia wstrząsami i tąpnięciami, recenzowana praca doktorska stanowi istotny element w tym zakresie i wskazuje możliwości zastosowania zaproponowanej metodyki ograniczania zagrożenia tąpnięciami w wyrobiskach górniczych usytuowanych w ich filarach ochronnych. Uważam zatem wybór tematu rozprawy jako trafny, a temat prawidłowo sformułowany, tak pod względem naukowym, dotyczącym przeprowadzonych kopalnianych badań dołowych, jak i praktycznym wskazującym na możliwość wykorzystania dostępnych metod oceny stanu i aktywnych metod zwalczania zagrożenia tąpnięciami. Moim zdaniem, temat rozprawy uzupełniony o słowa „w kopalniach węgla kamiennego” bardziej oddawałby ukierunkowanie tytułowej metodyki, mając na uwadze występowanie tej problematyki również w kopalniach rud miedzi.

3.2. Ocena prawidłowości tezy oraz poprawności sformułowania celów rozprawy

W rozdziale III dla potrzeb rozprawy postawiono tezę mówiącą, że „*obecny stan wiedzy oraz istniejące metody profilaktyki zagrożenia sejsmicznego i tąpnięciami umożliwiają skuteczne ograniczanie skutków geomechanicznych zjawisk dynamicznych na wyrobiska górnicze zlokalizowane w filarach ochronnych*”. Tak sformułowana teza sta-

nowi niejako rozwinięcie tematu rozprawy, jednocześnie stawiając przed pracą cele służące wykazaniu jej słuszności. Jakkolwiek intencje tezy rozprawy i wynikające z niej cele należy uznać za słuszne i prawidłowe, to moim zdaniem uzupełnienie jej o słowa: „...umożliwiają, przez ich racjonalne, adekwatnie (do charakteru i wielkości zagrożenia) wykorzystanie, ...”, byłoby precyzyjniejsze, co zresztą potwierdza udowodnienie tezy w ostatnich rozdziałach pracy.

W rozdziale III sformułowano również zasadnicze cele rozprawy. Celem podstawowym było „*opracowanie procedury postępowania dla racjonalnego planowania wytwarzania filarów oraz doboru i stosowania profilaktyk zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami, chroniących wyrobiska górnicze w nich zlokalizowane przed skutkami występowania tych zagrożeń*”, zaś celem dodatkowym „*wykazanie, że istniejące i stosowane w praktyce narzędzia oceny występujących w filarze ochronnym i jego otoczeniu stanu zagrożeń sejsmicznego i tąpniętami, pozwalają na racjonalny dobór skutecznych i efektywnych metod prewencji tych zagrożeń*”. Przedstawione cele rozprawy uznaję za poprawne i kompletne, zwłaszcza w aspekcie ich naukowego i użytecznego charakteru.

3.3. Ocena znajomości stanu wiedzy i prawidłowości zastosowanych metod badawczych

Analizę stanu wiedzy dotyczącej filarów ochronnych wyrobisk korytarzowych w kopalniach węgla kamiennego, przyczyn oraz aktywnych metod zwalczania zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami w tych filarach przedstawiono w rozdziale II. W przeglądzie literatury dotyczącym tych zagadnień przytoczone zostały analityczne i empiryczne zależności oraz wskazano na szerokie wykorzystanie modelowania numerycznego, odnosząc się zarówno do badań naukowców polskich, jak i zagranicznych. Rezultaty przytaczanych badań zilustrowano licznymi schematami oraz rozkładami uzyskanymi w wyniku obliczeń numerycznych. Na szczególną uwagę zasługuje znajomość najnowszych badań dotyczących przedmiotowych zagadnień, opublikowanych w renomowanych (o wysokim wskaźnikach IF) zagranicznych czasopismach branżowych. Przeprowadzona analiza stanu wiedzy świadczy o bardzo dobrej znajomości Doktoranta zagadnień związanych z tematyką pracy.

Przedstawiona w rozdziale IV metody badań oparte są o:

- obliczenia numeryczne oceny stanu górotworu (stan naprężenia w pokładach i w warstwach otaczających, stany energetyczne warstw skalnych, wskaźniki deformacji stropu), wykorzystujące programy komputerowe (SIGMAZ, GEOLISP, EDN-OPN, FLAC 3D, NIECKA i RS 2D);
- badania i pomiary poligonowe (prognozy zagrożenia sejsmicznego, rozpoznanie budowy strukturalnej górotwory, stan utrzymania wyrobisk, pomiary geofizyczne) wykorzystujące metody geodezyjne (pomiary konwergencji), geofizyczne (sejsmologiczną i tomografię pasywną) oraz introskopii otworowej;
- eksperymenty techniczne z zakresu profilaktyki tąpniowej (metoda ukierunkowanego szczelinowania hydraulicznego UHS);

– procedury postępowania wykorzystujące model behawioralny.

Metody te, jakkolwiek moim zdaniem zbyt liczne w odniesieniu do wykorzystanych różnych programów komputerowych, są adekwatne tak co do zakresu, jak i zastosowanych narzędzi badawczych. Stąd też uważam je za prawidłowe, służące do realizacji postawionych celów oraz prowadzące do poprawnego i adekwatnego, do zawartych treści, wyartykułowania podsumowujących stwierdzeń i wniosków.

3.4. Ocena poprawności struktury rozprawy

Recenzowana praca doktorska składa się z wprowadzenia, ośmiu rozdziałów tematycznych, podsumowania i literatury. Zawiera zatem typowe elementy prawidłowej struktury rozprawy. W obszernych rozdziałach VI ÷ IX, stanowiących zasadniczą część pracy zastosowano 2 i 3 stopnie podziału (podrozdziały i punkty). Struktura pracy jest przejrzysta i czytelna, a kolejność rozdziałów i podrozdziałów tworzą ciąg przyczynowo - skutkowy, w sposób logiczny przedstawiając istotę omawianego zagadnienia.

3.5. Ocena oryginalności rozprawy jako dzieła naukowego

Podstawowym efektem recenzowanej pracy było opracowanie metodyki wytwarzania filarów ochronnych dla wykonywania wyrobisk korytarzowych w warunkach zagrożenia sejsmicznego i tąpnięciami oraz doboru profilaktyki tego zagrożenia.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych Doktoranta, zawartych w rozprawie zaliczam następujące zagadnienia:

- gruntowną analizę stanu wiedzy w zakresie tematyki rozprawy, stanowiącą asumpt do podjęcia badań będących przedmiotem rozprawy;
- przeprowadzenie badań kopalnianych w odniesieniu do:
 - ✓ rozpoznania struktury warstw i wytrzymałości skał budujących złożę,
 - ✓ konwergencji wybranych wyrobisk usytuowanych w filarze ochronnym,
 - ✓ analitycznych prognoz rozkładów pola naprężenia i deformacji,
 - ✓ prognozy stanu zagrożenia sejsmicznego i tąpnięciami;
- wykonanie próby dezintegracji warstw warstwy wstrząsogennej metodą UHS poprzedzoną analizą optymalizacji jej technicznych parametrów;
- opracowanie metodyki/procedur postępowania w postaci schematów blokowych dla:
 - ✓ wytwarzania nowego filara ochronnego wyrobiska, którego parametry i cechy będą ograniczały poziom zagrożenia sejsmicznego,
 - ✓ ograniczania stwierdzonego i prognozowanego zagrożenia sejsmicznego i tąpnięciami w już istniejącym filarze.

Na podstawie przeprowadzonej merytorycznej oceny rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Andrzeja Hadama stwierdzam, że praca ta stanowi nowatorskie i oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska. Autorska metoda optymalizująca wytwarzanie filarów ochronnych i ograniczania zagrożenia tąpnięciami dla wyrobisk w tym filarze wnosi znaczący wkład w rozeznanie,

ocenę i zwalczanie zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami w górnictwie węgla kamiennego. Uważam, że wdrożenie opracowanej przez Doktoranta metodyki ograniczenia zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami dla wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych w ich filarach ochronnych może przyczynić się do poprawy bezpieczeństwa prowadzenia robót górniczych w kopalniach węgla kamiennego.

IV. FORMALNA OCENA ROZPRAWY

Przedmiotowa rozprawa doktorska składa się ze: streszczenia w języku polskim i angielskim, spisów treści, rysunków, tablic i załączników ze spisem zamieszczonych w nich rysunków i tablic, wykazu symboli i oznaczeń oraz 10 rozdziałów, w tym wprowadzenia i podsumowania, literatury i 3 załączników. Układ pracy jest logiczny, a jej struktura przejrzysta. Rozprawa napisana jest starannie i poprawnie pod względem językowym (stylistycznym, gramatycznym i ortograficznym). Zwraca uwagę staranna szata graficzna pracy, przejrzysty układ tekstu, jasne i czytelne rysunki oraz zestawienia tabelaryczne. Zakres literatury należy uznać jako trafny, a jej cytowanie adekwatne do opisywanych zagadnień.

V. UWAGI DYSKUSYJNE

Z przeprowadzonej analizy recenzowanej rozprawy doktorskiej wynika kilka uwag dyskusyjnych:

- Doktorant w swoich badaniach wykorzystuje trzy programy komputerowe do analizy stanu naprężeń i odkształceń, z których otrzymane wyniki nie do końca są ilościowo zbieżne. Wykorzystanie jednego programu do przeprowadzonych obliczeń uczyniłoby otrzymane rezultaty ilościowo bardziej spójnymi.
- W rozdziałach 6.5.2 (str. 89) i 7.1.2 (str. 109) przyjęto odmienne konwencje znakowania ściskania i rozciągania w modelowanym ośrodku przy wykorzystaniu różnych programów numerycznych, co w konsekwencji powoduje inne oznaczenia naprężeń głównych. Taka niespójność skutkuje trudnościami w interpretacji otrzymanych wyników dla czytelnika rozprawy.
- W rozdziale 6.5.2 dotyczącym wyznaczenia stanu naprężenia w sąsiedztwie pokładu 505 do obliczeń numerycznych przy wykorzystaniu programu FLAC3D przyjęto model liniowo-sprężysty zdefiniowany przez współczynniki sprężystości postaciowej i objętościowej dla trzech grup materiałów charakteryzujących caliznę i zroby pokładu, łupka oraz wyżej leżącego piaskowca. Wychodząc z założenia, że pierwotny stan naprężenia liczony jest ze współczynnika rozporu bocznego czyli liczby Poissona, to przyjęte do obliczeń (rozdział 7.1, str. 108) współczynniki Poissona wynoszące dla: piaskowca 0,12, łupka 0,15 i węgla 0,2, odbiegają od rzeczywistych większych wartości dla skał karbońskich (0,24 – 0,35). W konsekwencji dyskusyjne są wartości pierwotnego stanu naprężenia wynoszące dla naprężenia pionowego -20 MPa i naprężenia poziomego -3,54 MPa (str. 89).

- W rozdziale 6.5.3 doktorant pisze „*Występowanie ujawnionych w poprzednim podrozdziale obszarów naprężenia rozciągającego najprawdopodobniej jest związane z występowaniem w obrębie warstw piaskowców deformacji zginających*”. Mając na uwadze nomenklaturę stosowaną w prognozowaniu wpływów eksploatacji na górotwór i powierzchnię terenu, wyjaśnienia wymaga pojęcie „deformacji zginającej”.
- W rozdziale 7 autor omawia, modeluje i przedstawia projekt oraz efekty zastosowania dla wybranego do badań filara ochronnego jedną z metod aktywnego zwalczania zagrożenia tąpniętami, jaką jest ukierunkowane hydroszczelinowanie skał UHS. Czy w analizowanym filarze stosowane były inne (np. strzelania torpedujące) metody aktywnej profilaktyki tąpniowej i jakie zdaniem doktoranta powinny być kryteria zastosowania/wyboru tych metod w rejonie filara w aspekcie ich skuteczności.

Przedstawione uwagi, w tym sugestie zawarte we wcześniejszych podrozdziałach, nie umniejszają wartości naukowej i aplikacyjnej recenzowanej rozprawy doktorskiej, która stanowi oryginalny dorobek naukowy mgr inż. Andrzeja Hadama.

VI. WNIOSEK KOŃCOWY

Praca doktorska „*Metodyka ograniczania zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami dla wyrobisk górniczych zlokalizowanych w ich filarach*” autorstwa Pana mgr inż. Andrzeja Hadama jest oryginalnym rozwiązaniem, zaprezentowanym w niej zagadnienia naukowego, związanego z ograniczeniem zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami w kopalniach węgla kamiennego dla wyrobisk korytarzowych usytuowanych w ich filarach ochronnych. Doktorant podjął tematykę, która ma istotne znaczenie z punktu widzenia poznawczego i użytecznego. Rozwiązując przedmiotowe zagadnienie naukowe wykazał się dobrą znajomością zarówno wiedzy teoretycznej, jak i praktycznej oraz umiejętnością prowadzenia badań i rozwiązywania problemów naukowych.

Na podstawie przeprowadzonej merytorycznej oceny przedmiotowej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że spełnia ona wymogi stawiane pracom doktorskim, określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, art. 13 pkt. 1 ze zm. Dz. U. z 2005 r., Nr 164, poz. 1365) w związku z art. 179 ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Stąd też wnioskuje o dopuszczenie pracy do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z Siguiew Buitay