

Kraków, 13.10.2025

Prof. dr hab. inż. Andrzej Leśniak

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Przemysław Sierodzkiego

wykonanej na **Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej**. Promotorem pracy zatytułowanej „Wysokorozdzielcze monitorowanie zmian prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych w rejonie frontu eksploatowanej ściany pokładu węgla z wykorzystaniem permanentnego, pneumatycznego źródła sejsmicznego” jest dr hab. inż. Leszek Remiorz, prof. PŚ, zaś promotorem pomocniczym dr hab. inż. Zbigniew Isakow.

Zawartość dysertacji

Dysertacja składa się z dziesięciu rozdziałów, streszczeń w języku polskim i angielskim, spisu literatury (111 pozycji), oraz spisu rysunków i tabel (odpowiednio 44 rysunki i 17 tabel).

Rozdział pierwszy przedstawia problematykę sejsmiczności w górnictwie podziemnym i jej wpływ na bezpieczeństwo pracy. Doktorant wskazuje, że dotychczas stosowane metody pomiaru prędkości fal sejsmicznych – pasywne i aktywne – mają istotne ograniczenia. Metody pasywne bazują na wstrząsach naturalnych i charakteryzują się dużą niepewnością lokalizacji źródła, natomiast aktywne opierają się na ładunkach wybuchowych, które to badania są kosztowne, jednorazowe i trudne logistycznie. Ograniczenia te powodują, że dane pozyskiwane są rzadko, co utrudnia bieżące śledzenie zmian w polu naprężeń. Autor wskazuje, że potrzebne jest rozwiązanie umożliwiające quasi-ciągłe monitorowanie zmian prędkości fal, pozwalające na lepszą prognozę zagrożeń tąpaniowych. Proponowanym rozwiązaniem jest pneumatyczny wzbudnik sejsmiczny, bezpieczny w warunkach kopalni metanowych i możliwy do wielokrotnego użycia. Rozdział kończy się wnioskiem, że rozwój tego typu technologii wpisuje się w koncepcję przemysłu 4.0 oraz zwiększa możliwości aktywnej ochrony życia i zdrowia górników.

W kolejnym rozdziale doktorant przedstawia cel, zakres i tezy swojej pracy. Celem rozprawy było opracowanie i wdrożenie metody quasi-ciągłego pomiaru prędkości fal sejsmicznych w oparciu o nowy wzbudnik pneumatyczny. Autor stawia tezę, że dzięki analizie dyspersji fal kanałowych można uzyskać dokładniejszą informację o stanie naprężeń w górotworze niż w przypadku tradycyjnych metod bazujących na pierwszych wstąpieniach fali P. Zakres badań obejmuje analizę teoretyczną fal sejsmicznych, modelowanie numeryczne, budowę i testy wzbudnika WZB-2 oraz eksperymenty terenowe w wybranych kopalniach. W pracy podjęto próbę wykazania, że proponowane rozwiązanie umożliwia identyfikację subtelnych zmian prędkości fal sejsmicznych, które korelują ze zmianami

naprężeń, a tym samym może poprawić skuteczność profilaktyki tąpniowej. Założono również, że urządzenie będzie kompatybilne z istniejącą aparaturą sejsmoakustyczną stosowaną w kopalniach.

Rozdział trzeci zawiera omówienie podstawowych własności fal sejsmicznych istotnych dla sejsmiki górniczej. Autor wyjaśnia różnice między falami objętościowymi (P i S) a powierzchniowymi (Rayleigh'a i Love'a), a także opisuje fale kanałowe powstające w pokładach węgla. Szczególną uwagę poświęca ich dyspersyjności i dużej wrażliwości na zmiany w strukturze ośrodka. Fale kanałowe są mniej tłumione niż objętościowe, co umożliwia rejestrację sygnałów o wysokim stosunku sygnału do szumu nawet w trudnych warunkach kopalnianych. Dzięki temu doskonale nadają się do monitorowania lokalnych zmian naprężeń, spękań czy innych zjawisk tektonicznych. Rozdział ten prezentuje także podstawowe zależności między parametrami mechanicznymi ośrodka a prędkością propagacji fal, co stanowi fundament dla dalszych rozważań i metod modelowania.

Rozdział czwarty poświęcony jest modelowaniu propagacji fal sejsmicznych metodą różnic skończonych z użyciem siatek przesuniętych (metoda staggered grid). Autor opisuje konstrukcję numerycznego modelu pokładu węgla, uwzględniającego właściwości mechaniczne skał stropowych, spągowych oraz samego węgla. Przedstawiono sposób generowania fal kanałowych i analizę ich zachowania w różnych konfiguracjach pomiarowych. Podkreślono znaczenie parametrów takich jak prędkości fal P i S, gęstość oraz współczynniki dobroci Q. Wyniki symulacji pozwalają na ocenę możliwości identyfikacji anomalii prędkości związanych ze spękaniem i zmianami naprężeń. Rozdział wskazuje, że modelowanie numeryczne jest skutecznym narzędziem weryfikacji przydatności nowego wzbudnika oraz podstawą do interpretacji wyników z badań terenowych.

Kolejny, piąty rozdział piąty szczegółowo opisuje proces projektowania i budowy pneumatycznego wzbudnika WZB-2. Urządzenie miało spełniać rygorystyczne wymagania bezpieczeństwa, w tym certyfikaty ATEX i dopuszczenia Wyższego Urzędu Górniczego, aby mogło pracować w warunkach zagrożenia metanowego. Autor przedstawia etapy powstawania konstrukcji, od założeń projektowych po wykonanie prototypu. Omawia tu kluczowe cechy wzbudnika – możliwość zdalnego sterowania, wielokrotne użycie oraz zdolność do generowania powtarzalnych sygnałów o wysokim stosunku sygnału do szumu. Prezentuje również wyniki testów laboratoryjnych, które potwierdziły skuteczność i niezawodność urządzenia. Rozdział ten stanowi kluczowy element rozprawy, łączący koncepcję teoretyczną z rozwiązaniem praktycznym.

Rozdział szósty ma charakter przeglądowy. Autor opisuje rozwój systemów monitorowania zagrożeń sejsmicznych w górnictwie węglowym – od systemów bazujących na rejestracji wstrząsów po nowoczesne aparaty sejsmoakustyczne. Doktorant wskazuje na ograniczenia istniejących urządzeń, zwłaszcza w zakresie rozdzielczości i zdolności detekcji słabych sygnałów. Omawia następnie doświadczenia z górnictwa rud miedzi, gdzie stosowane są podobne systemy. Analiza istniejących systemów przeprowadzona przez doktoranta wykazała, że mimo rozwoju technologii nadal istnieje potrzeba zwiększenia dokładności i czułości aparatury. W tym kontekście wzbudnik WZB-2 ma stanowić uzupełnienie i rozwinięcie istniejących rozwiązań, oferując lepsze możliwości quasi-ciągłego monitorowania. Rozdział ten stanowi uzasadnienie praktyczne dla wprowadzenia nowego urządzenia.

W kolejnych trzech rozdziałach przedstawiono chronologicznie wykonywane testy polowe nowego urządzenia. W rozdziale siódmym opisano pierwsze testy polowe wzbudnika WZB-2 na poligonie badawczym KGHM O/ZG „Rudna”. Autor przedstawia charakterystykę geologiczną obszaru, układ pomiarów oraz zastosowane metody analizy. Wyniki testów zakończyły się połowicznym sukcesem. Jak stwierdza doktorant, pokazały one, że urządzenie generuje stabilne i czytelne sejsmogramy, które można było porównać z wynikami z innych źródeł. Szczególnie istotne było uzyskanie wysokiego stosunku sygnału do szumu, co umożliwiło precyzyjne wyznaczenie prędkości fal. Badania potwierdziły, że wzbudnik nadaje się do pracy w warunkach kopalnianych i pozwala na zastosowanie nowoczesnych metod interpretacji danych sejsmicznych. Rozdział kończy się wnioskiem, że WZB-2 stanowi obiecujące źródło w dalszych badaniach terenowych.

Rozdział ósmy dotyczy badań przeprowadzonych w kopalni Mysłowice-Wesoła. Rejestracje były prowadzone w okresie dwóch miesięcy od początku listopada 2023 do początku stycznia 2024. Doktorant przedstawia warunki geologiczno-górnictwa rejonu, opisuje schemat pomiarowy oraz sposób rejestracji danych. Zarejestrowane wyniki pozwoliły na detekcję fal kanałowych i umożliwiły wyznaczenie ich prędkości w różnych warunkach eksploatacyjnych. Podkreślono możliwość quasi-ciągłego monitorowania zmian prędkości wraz z postępem ścian wydobywczej. Analiza danych potwierdziła, że wzbudnik WZB-2 jest zdolny do pracy w realnych warunkach kopalni, a uzyskane sejsmogramy charakteryzują się wysoką rozdzielczością. Rozdział wskazuje, że badania w Mysłowicach-Wesołej stanowiły ważny krok w praktycznym zastosowaniu urządzenia i weryfikacji jego skuteczności.

Rozdział dziewiąty opisuje z kolei badania przeprowadzone w KWK ROW Ruch Rydułtowy. Były one najbardziej zbliżone do warunków rzeczywistej eksploatacji i pozwoliły na ocenę pracy wzbudnika w dynamicznie zmieniającym się środowisku frontu ścian. Doktorant omawia schemat pomiarowy i charakterystykę geologiczną obszaru oraz prezentuje wyniki przeprowadzonych analiz danych. W ich rezultacie stwierdza, że mimo zaistniałych problemów technicznych związanych z ciągłym dostarczaniem sprężonego powietrza do wzbudnika, urządzenie umożliwiło rejestrację wysokiej jakości sejsmogramów, a analiza dyspersyjna fal kanałowych pozwoliła na identyfikację zmian prędkości związanych ze zmianami naprężeń w górotworze. Potwierdza to tym samym przydatność metody do wczesnego wykrywania zagrożeń sejsmicznych. Rozdział ten dostarcza najważniejszych dowodów empirycznych na skuteczność rozwiązania i zamyka część eksperymentalną rozprawy.

Ostatni, dziesiąty rozdział stanowi podsumowanie rozprawy. Jeszcze raz doktorant przedstawia cel przeprowadzonych badań, reasumuje wyniki oraz przedstawia zalety opracowanego urządzenia.

Uwagi ogólne

Zgodnie z ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i jej artykułem Art. 187.pkt2. przedmiotem rozprawy doktorskiej może być oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne. Ponadto ustawa stwierdza, że rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej.

Doktorant w rozdziale drugim stwierdza, że **celem rozprawy** jest opracowanie i wdrożenie metody quasi-ciągłego pomiaru prędkości fal sejsmicznych w oparciu o nowy wzbudnik pneumatyczny. Doktorant uruchomił wzbudnik oraz przeprowadził jego wstępne badania laboratoryjne, po czym nadzorował ustalenie programu badań oraz badania atestacyjne w Ośrodku Badań, Atestacji i Certyfikacji OBAC Sp. z o.o. w Gliwicach w celu uzyskania certyfikatu badania typu UE (str.37). Wynika z tego, że nie jest on pomysłodawcą nowego wzbudnika ani jego twórcą. W pracy recenzent nie znalazł jednoznacznego stwierdzenia, że doktorant jest autorem projektu bądź jego konstruktorem. Jest autorem programu badań laboratoryjnych oraz testów polowych w trzech kopalniach.

Doktorat przedstawiony przez mgra inż. Przemysława Sierodzkiego zakwalifikować wyłącznie jako „pracę wdrożeniową” będącą „oryginalnym rozwiązaniem w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej” a więc **spełniającą wymogi** odnośnej **ustawy**.

Doktorant posiada niewielki dorobek publikacyjny. Odnotować należy udział w zespole autorów publikacji w Int. Jour. of Rock. Mech. & Min. Sc. I publikacji konferencyjnej dotyczące fal dyspersyjnych w pokładach węgla. Brak informacji o wkładzie w te publikacje choć część ich treści i rysunek znalazły się w doktoracie. Doktorant jest również współautorem publikacji w Inżynierii Mineralnej i niepublikowanej jeszcze publikacji w Journal of Sustainable Mining. Obie dotyczą testów nowego wzbudnika pneumatycznego.

Doktorant stawia w doktoracie tezę, że dzięki analizie dyspersji fal kanałowych można uzyskać dokładniejszą informację o stanie naprężeń w górotworze niż w przypadku tradycyjnych metod bazujących na pierwszych wstąpieniach fali P. Takie stwierdzenie wymaga kolejno:

- a) Porównania wyników otrzymanych z analizy dyspersji fali kanałowej i wyników opisujących anomalie prędkości fali P
- b) Porównania anomalii prędkości obu typów fal z anomaliami pola naprężeń w górotworze,

Recenzent nie znalazł w przedstawionym doktoracie opisu lub nawet odniesienia się do tych dwóch zagadnień. W związku z tym recenzent prosi by w trakcie obrony doktorant przedstawił tezy swojego doktoratu, które na podstawie jego pracy mogą zostać zweryfikowane.

Doktorat nie sformułował jednoznacznie tez swojego doktoratu w związku z czym zakres przedstawionych w nim zagadnień sprawia wrażenie przypadkowości. Treść kilku rozdziałów pozostaje znacznym dysonansie z pozostałymi rozdziałami. Recenzent ma głównie na myśli rozdział szósty o charakterze przeglądowym, który jego zdaniem powinien być (jeśli w ogóle) umieszczony na początku dysertacji doktorskiej. Podobnie recenzent nie znalazł uzasadnienia dla rozdziału 6. 2. Przedstawione tam analizy dotyczące rozdzielczości aparatów sejsmicznych i sejsmoakustycznych stosowanych w polskim górnictwie węglowym nie są ani osiągnięciem doktoranta ani nie pozostają w ścisłym związku z tematyką pracy. W rozdziałach 7, 8 i 9 doktorant rzetelnie opisuje budowę geologiczną rejonu kopalni, gdzie prowadzone były poszczególne testy wzbudnika. Dokumentuje również schematy pomiarowe i wyniki rejestracji w postaci sejsmogramów. Natomiast dołączona do każdego z wymienionych rozdziałów interpretacja wyników pozostawia sporo do życzenia. W ZG „Rudna” autor kwituje interpretację stwierdzeniem, że fala dyspersyjna wywołana wzbudnikiem ma niższą energię i niższe częstotliwości niż fala objętościowa wygenerowana ładunkiem wybuchowym. W kolejnym rozdziale, opisującym testy w KWK Mysłowice-Wesoła doktorant jako interpretację przedstawia zestawienie prędkości dla różnych geofonów odczytaną na podstawie automatycznej

detekcji w aparaturze ARAMIS M/E w różnych okresach czasu. Rzeczywiście dla każdego czujnika występują różnice w wartościach tych prędkości, ale o ich przyczynach doktorant nie wspomina. Z kolei w KWK ROW Ruch Rydułtowy autor pokazuje zmiany prędkości fal kanałowych czasie trzech dni na poziomie około 6%. Doktorant wiąże je z prawdopodobną zmianą naprężeń w górotworze. Nie przedstawia żadnego uzasadnienia swojej tezy. W żadnym z rozdziałów informacje o budowie geologicznej nie są wykorzystywane (bądź nie zostało to opisane) więc należy je uznać za zbędne. Podobnie zestawienie wstrząsów sejsmicznych umieszczone w tabelach 8.1 i 9.2 w rozdziałach 8 i 9 nie jest w żaden sposób wykorzystywane lub analizowane i jako takie jest również zbędne. Podobnie analizy pomiarów i dyskusja wyników są jedynie zasygnalizowana i pobieżna. Nie pozwala to na jednoznaczne poparcie tez (mimo iż nie zostały w sposób jednoznaczny przez doktoranta sformułowane) jakie stawia doktorant. Należy jednak stwierdzić, że również nie pozostaje w sprzeczności z nimi.

W podsumowaniu doktorant stwierdza, że „Zastosowanie analizy dyspersji fal kanałowych, w miejsce konwencjonalnego podejścia opartego na detekcji pierwszego pojawienia się fali, pozwala na uzyskanie pomiarów o znacznie wyższej rozdzielczości, co umożliwia precyzyjne monitorowanie zmian prędkości rozchodzenia się fal” Niestety to stwierdzenie, mimo iż noszące znamiona prawdy, nie zostało wystarczająco udowodnione ani nawet szerzej omówione w zaprezentowanej dysertacji.

Uwagi szczegółowe

Poniżej przedstawiona została lista drobnych uwag jakie nasunęły się recenzentowi w trakcie czytania dysertacji.

Rozdział 4.2 Jest poświęcony modelowaniu numerycznemu propagacji fali sprężystej. Doktorant wielokrotnie umieszcza w nim bez komentarzy fragmenty komend oraz plików wsadowych z terminala, które służą definiowaniu modelu numerycznego ośrodka. Łamie to dotychczasową estetykę i narrację pracy. Zabieg ten zdecydowanie utrudnia zapoznanie się z istotnymi treściami tego rozdziału.

Na rysunku 4.11 doktorant porównuje fundamentalne mody fali kanałowej typu Rayleigh’a dla modelu bez anomalii prędkości (bazową) oraz z anomaliami prędkości +10% i +20%. Łatwo zauważyć, że dla mniejszej anomalii krzywa dyspersji praktycznie pokrywa się z krzywą bazową. Czy doktorant nie uważa, że biorąc choćby pod uwagę sposób otrzymywania/konstrukcji krzywych dyspersji stwierdzenie o możliwości tego rozróżnienia dla mniejszej z anomalii nie jest zdecydowanie zbyt optymistyczne? Szczególnie jeśli wyniki te nie będą eksperymentami numerycznymi a będą się odnosić do danych polowych.

Omawiając wyniki eksperymentu w ZG „Rudna” doktorant porównuje dwa zapisy wzbudzone na dwa sposoby, tj. pierwszy wzbudnikiem a drugi ładunkiem wybuchowym. Odległość czujników od źródeł jest taka sama (80m). Proszę o wyjaśnienie, dlaczego na rysunku 7.5 brak różnicy w czasach rejestracji pierwszego wstąpienia na obu sejsmogramach.

Konsternację budzi podawanie przez doktoranta w tekście rozprawy informacji całkowicie niezwiązanych z meritem pracy. Na przykład na stronie 63 w rozdziale 8 można się dowiedzieć szczegółów ustalania detali testów podziemnych mianowicie tego, że „Prośbę o przeprowadzenie badań wysłano do dyrektora kopalni w dniu 01.06.2023r „ zaś Umowę o numerze 1/D/223 podpisano w dniu 19.07.2023 na półroczne nieodpłatne próby ruchowe”.

W pracy można znaleźć również kilka niefortunnych sformułowań i lapsusów językowych świadczących o chaotycznej narracji lub nieuważnej edycji tekstu. Kilka z nich wymieniam poniżej.

- Na stronie 8 doktorant stwierdza, że „wyniki badań umożliwią identyfikację zmian prędkości [...] „ co „Poprawi [...] skuteczność profilaktyki tąpniowej, zwiększając bezpieczeństwo górników i redukując wstrząsy o dużej energii”. Oczywiście poznanie zmian prędkości propagacji fal sejsmicznych może dać podstawy do właściwej profilaktyki, która może w rezultacie prowadzić do rozładowania naprężeń i redukcji ilości wstrząsów o dużej energii, ale przeskok w narracji sugeruje co innego.
- Na stronie 12tej doktorant stwierdza, że „W górnictwie podziemnym podstawowym pomiarem prędkości fali P jest różnica czasów dotarcia czoła fali sejsmicznej do czujnika pomiarowego”. Chodzi o parametr a nie pomiar. Poniżej doktorant mówi „stałych współczynnikach prędkości fali”. Zapewne chodzi o stałe parametry.
- Na stronie 15 autor napisał, że „można wyznaczyć zależność prędkości [...] w zależności od częstotliwości”. Wypadałoby zmienić pierwszą „zależność” na „zmiany”.
- Na stronie 19 doktorant stwierdza, że „Całkowity pęd P w ośrodku może się zmieniać na trzy różne sposoby”. Pęd czego? Może doktorant to wyjaśni w trakcie obrony.
- Na stronach 19-20, doktorant stwierdza, że „po krótkich obliczeniach” przechodzi od wzorów 4.1 i 4.2 do wzoru 4.3. Te obliczenia nie są bynajmniej krótkie. Lepiej podawać odnośnik do literatury.
- Na stronie 27 doktorant mówi o fali „refraktycznej”. Proszę wyjaśnić co to za typ fali.
- W podpisie do Rys.5.1 na str.32 chodzi zapewne o geofony a nie czujniki geofonowe.
- Stwierdzenie ze strony 66 będące komentarzem do rys.8.4 tj rejestracji z systemu ARAMIS M/E, wyzwolonych wzbudnikiem WZB-2b oraz młotem 5kg. Autor stwierdza, że „Widać delikatną przewagę energetyczną młota w stosunku do wzbudnika.” Jest stwierdzenie o tyleż nieprecyzyjne co wręcz humorystyczne.

Występuje też szereg usterek przy cytowaniu literatury jak na przykład:

- str 19. – niepotrzebne użycie nazwiska autora – Levander
- str 43 i 45 – występuje prawdopodobnie cytowanie (R.Giel, A.Rej) bez odwołania się do literatury
- na stronie 45 podobnie jak powyżej występuje cytowanie (J. Tylec, T. Mrozek)

- DOI publikacji [27] i [28] jest prawdopodobnie błędne ponieważ nie zostało odnalezione na stronach <https://doi.org>

- cytowanie [30] jest niepoprawne.

Dostrzeżone usterki techniczne:

Praca napisana jest praktycznie bez większych usterek technicznych. Dostrzeżoną jedną mianowicie na Str 30 – ostatnia linijka: jest „pierwsza” a ma być „pierwszą”.

Wniosek końcowy

Podsumowując, zaprezentowana przez mgr inż. Przemysława Sierodzkiego dysertacja wnosi dużą wartość w udoskonalenie pomiarów sejsmicznych w kopalniach i przyczynia się do wzrostu wiarygodności metod sejsmicznych w górnictwie a tym samym do wzrostu bezpieczeństwa osób zatrudnionych w górnictwie podziemnym.

Praca doktorska udowadnia zdaniem recenzenta, iż mgr inż. Przemysław Sierodzki w sposób wystarczający opanował zagadnienia związane zarówno z sejsmologią inżynierską jak również z metodyką przetwarzania danych sejsmicznych oraz zrealizował postawione zadanie i mimo, że nie ustrzegł się pewnych niedociągnięć udowodnił znajomość w prezentowanej w dysertacji problematyce naukowej.

Recenzowana rozprawa doktorska samodzielnym i oryginalnym dziełem doktoranta w zakresie deklarowanym w dysertacji. Tym samym recenzent stwierdza, że rozprawa doktorska pana mgr inż. Przemysława Sierodzkiego pt. „Wysokorozdzielcze monitorowanie zmian prędkości rozchodzenia się fal sejsmicznych w rejonie frontu eksploatowanej ściany pokładu węgla z wykorzystaniem permanentnego, pneumatycznego źródła sejsmicznego” spełnia wymogi określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742) (z uwzględnieniem zmian wprowadzonych później i ogłoszonych w obwieszczeniu Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 11 września 2024 r. (Dz. U. poz. 1571)) i wnioskuje o dopuszczenie pana mgr inż. Przemysława Sierodzkiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Podpisał Andrzej Leśniak