

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Jarosława SMYŁY Optymalizacja przemysłowej metody oceny zawartości popiołu w węglu wykorzystującej pomiar jego naturalnej promieniotwórczości

dr hab. inż. Jan Skowronek

8 sierpnia 2017

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Jarosława SMYŁY *Optymalizacja przemysłowej metody oceny zawartości popiołu w węglu wykorzystującej pomiar jego naturalnej promieniotwórczości*

Uwagi ogólne

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. inż. Jarosława Smyły pt. *Optymalizacja przemysłowej metody oceny zawartości popiołu w węglu wykorzystującej pomiar jego naturalnej promieniotwórczości*.

Promotorem rozprawy jest dr hab. Bogusław Michalik, prof. GIG, a promotorem pomocniczym dr Leokadia Róg.

Kryteria jakie ma spełniać rozprawa doktorska zawarte są w artykule 13.1. ustawy o tytule naukowym i stopniach naukowych (tekst jednolity Dz.U. 2016 poz. 882). Podstawowe kryterium to: oryginalne rozwiązanie problemu naukowego lub oryginalne rozwiązanie problemu w oparciu o opracowanie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne. Ustawodawca wymaga ponadto, by Doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w danej dyscyplinie naukowej oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

W dalszej części recenzji zostaną przedstawione wyniki analizy spełnienia w rozprawie wymogów ustawowych.

Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa liczy 113 stron tekstu zasadniczego i 61 stron załączników zawierających dane pomiarowe, wyniki obliczeń i wykresy wykorzystywane w trakcie pracy na rozprawą.

Tekst podstawowy rozprawy Doktorant zawarł w siedmiu rozdziałach oraz w trzech załącznikach (A, B, C) nie wykazanych w spisie treści. Wykaz literatury wykorzystanej do przygotowania rozprawy liczy 91 pozycji, z czego w dwu Doktorant występuje jako współautor. Na wstępie Doktorant zamieścił wykaz stosowanych oznaczeń, co niewątpliwie ułatwia analizę rozprawy.

Dwa pierwsze rozdziały można uznać za wprowadzenie do przedmiotu rozprawy, z wykazaniem wiedzy ogólnej Doktoranta.

W rozdziale trzecim Doktorant wyznacza dwa cele pracy:

- ocenę wpływu wybranych czynników fizycznych na pomiar zawartości popiołu w węglu na podstawie jego naturalnej promieniotwórczości,

- analizę możliwości eliminacji bądź minimalizacji niekorzystnych zjawisk wpływających na wykorzystanie metody,

oraz formułuje tezę, że parametry metrologiczne urządzeń wykorzystujących pomiar naturalnej promieniotwórczości do wyznaczania zawartości popiołu w węglu mogą zostać poprawione przez optymalizację zakresu energii mierzonego promieniowania gamma, zmiany konstrukcyjne oraz odpowiednie przygotowanie próbek węgla.

Kolejne trzy rozdziały zawierają wyniki i analizy badań, realizowanych w różnych lokalizacjach (kopalniach, laboratoriach badawczych), z różnym wyposażeniem i przy zmiennych parametrach próbki.

W ostatnim, siódmym rozdziale Doktorant szeroko przedstawia wnioski z przeprowadzonych badań.

Rozprawa jest starannie przygotowana pod względem edytorskim. Materiał ilustracyjny dobrany jest właściwie, czytelnie i dobrze przedstawia zarówno tok rozumowania i postępowania jak i wnioskowania Doktoranta.

Analiza spełnienia wymagań art. 13.1. ustawy o tytule naukowym i stopniach naukowych

Oryginalność rozwiązania problemu

Jak każda metoda pomiarowa, również metoda radiometryczna pomiaru zawartości popiołu w węglu ma ograniczenia związane z samym pomiarem promieniotwórczości (sprzęt, źródło promieniowania), wpływem matrycy czy środowiska pomiarowego. Doktorant od lat zajmuje się tymi problemami od strony badawczej i projektowej, jak też wdrażając gotowe systemy w warunkach kopalnianych. Pozwoliło to na zebranie sporego doświadczenia jeśli chodzi o ograniczenia radiometrycznej metody pomiaru zawartości popiołu w węglu. W rozprawie koncentruje się na wykorzystaniu pomiaru naturalnej promieniotwórczości.

Doktorant w rozprawie zawarł opis swoich badań, umożliwiających zaprojektowanie urządzenia i sprawdzenie jego działania w warunkach przemysłowych. Doktorant przeanalizował w ich trakcie praktycznie wszystkie elementy mające wpływ na pomiar, począwszy od analizy naturalnej promieniotwórczości węgla kamiennych, zakresu energii promieniowania do wykorzystania w pomiarach, wpływie tła otoczenia, przez analizę wpływu matrycy – wilgotności, wielkości i sposobu przygotowania próbki.

Zdobyte doświadczenie i wyniki prowadzonych prac pozwoliły mu na zidentyfikowanie głównych przyczyn i źródeł problemów w metrologii zawartości popiołu wykorzystującej pomiar naturalnej promieniotwórczości węgla.

Wyniki tej analizy posłużyły do zaproponowania sposobu:

- rejestracji promieniowania – wyboru detektora promieniowania, jego ekranowania, doboru zakresu energii mierzonego promieniowania gamma,
- doboru geometrii pomiaru,
- przygotowania próbki węgla do pomiaru,
- uwzględnienia wpływu parametrów próbki (wilgoć, rozdrobnienie, gęstość nasypowa) na wynik pomiaru.

W rozprawie Doktorant nie zamieszcza projektu urządzenia, do przygotowania którego wykorzystane zostały wyniki analiz przedstawionych w recenzowanej pracy. Na bazie wyników swoich badań Doktorant przedstawia zalecenia do wykorzystania w konstruowaniu urządzenia, a także zalecenia co do postępowania w trakcie jego użytkowania. Praca ma więc charakter technologiczno-konstrukcyjny.

Reasumując, można przyjąć, że Doktorant przedstawił w rozprawie oryginalne rozwiązanie **problemu** w oparciu o opracowanie założeń do konstrukcji i eksploatacji nowego urządzenia, spełniając tym samym pierwszy z wymogów ustawowych.

Wykazanie wiedzy ogólnej

Dyscypliną naukową w której przeprowadzane jest postępowanie jest inżynieria środowiska.

Przedstawiona do oceny rozprawa dotyczy monitoringu dwu aspektów środowiskowych związanych z produkcją i wykorzystaniem węgla kamiennego. Pierwszym z nich jest niewątpliwie zawartość części niepalnych, popiołu, w węglu. Węgiel jest głównie wykorzystywany jako surowiec energetyczny. W procesie spalania, obok emisji gazowych, powstają tzw. uboczne produkty spalania.

Niewątpliwie, ilość wytwarzanych ubocznych produktów spalania jest bezpośrednio związana z zawartością popiołu w spalonym węglu. Z tego punktu widzenia, im mniejsza zawartość popiołu w węglu, tym mniejsza presja środowiskowa związana z koniecznością zagospodarowania ubocznych produktów jego spalania. Obecnie przeważa tendencja do ich gospodarczego wykorzystania, w miejsce deponowania na składowiskach odpadów.

Istotnym czynnikiem wpływającym na sposób zagospodarowania ubocznych produktów spalania jest zawartość w nich naturalnych substancji promieniotwórczych. Ich obecność jest skorelowana z zawartością popiołu w węglu i jest wykorzystywana do wyznaczenia jego zawartości. Ponieważ substancje promieniotwórcze zawarte w węglu w całości przechodzą do ubocznych produktów spalania, sposób ich zagospodarowania musi uwzględniać potencjalne zagrożenie wynikające z wprowadzania do środowiska materiałów o podwyższonej promieniotwórczości.

Doktorant w rozprawie zwraca uwagę na te problemy, koncentrując się głównie problemie ilości wytwarzanych ubocznych produktów spalania (rozdz. 1, rys. 1), nazywając je tam odpadami. Jest to pewien błąd logiczny- odpadem można nazwać jedynie to czego nie da się już wykorzystać, a jak sam Doktorant podaje, w grupie TAURON zagospodarowywanych jest 70% wytwarzanych ubocznych produktów spalania. Stosowanie jako synonimów pojęć odpad i uboczny produkt spalania jest więc błędne. Na ilość „odpadów” produkowanych w Grupie TAURON składają się również odpady wydobywcze z kopalń, nie tylko wykazane na rysunku 1 „odpady” elektrowniane czy z ciepłowni. Dodać należy, że przywołane w rozprawie dane nie obrazują całości problemu. GRUPA TAURON jest dużym producentem i - przede wszystkim – użytkownikiem węgla, ale nie jedynym w kraju.

Drugim aspektem jest promieniotwórczość ubocznych produktów spalania węgla. Jest ona wielokrotnie wyższa niż promieniotwórczość samego węgla. W rozprawie Doktorant zwraca uwagę na ten aspekt, jednak bez jego bardziej szczegółowego rozwinięcia.

Rozprawa dotyczy aspektów metrologicznych oceny zawartości popiołu w węglu z wykorzystaniem pomiaru jego naturalnej promieniotwórczości. Siłą rzeczy, Doktorant więcej uwagi poświęca tym aspektom.

Doktorant wykazuje dobrą orientację zarówno jeśli chodzi o oddziaływanie promieniowania jonizującego z materią, koncentrując się w tym przypadku na promieniowaniu gamma, jak i występowanie tzw. naturalnej promieniotwórczości w środowisku, co jest istotne jeśli chodzi o sam pomiar i warunki jego wykonania.

Przywołując dane dotyczące stężeń naturalnych nuklidów promieniotwórczych w węglach z polskich kopalń, Doktorant wspomina o regionalnym zróżnicowaniu ich stężeń. Tymczasem zróżnicowanie to dotyczy również litografii: stężenia radu zmieniają się w zależności od warstwy (pokładu) z której urabiany jest węgiel. W przypadku polskich kopalń, gdzie eksploatowane były ściany na różnych poziomach i z różnych pokładów, to zróżnicowanie ulegało w procesach przeróbki mechanicznej w pewnym stopniu zatarcu, bowiem tzw. partie handlowe węgla były mieszanką węgli z wszystkich czynnych wyrobisk.

Z tabel i wykresów zamieszczonych w załącznikach wynika, że w swoich analizach Doktorant odnosił się do próbek z partii handlowych, nie pokładowych, węgla.

Doktorant przedstawił w rozprawie przykłady innych analizatorów zawartości popiołu w węglu, produkowanych w Polsce i za granicą, zwracając uwagę na własności metrologiczne tych urządzeń i ich przydatność do określonych zastosowań.

Można więc na tej podstawie uznać, że Doktorant wykazał się satysfakcjonującą wiedzą ogólną w zakresie dyscypliny inżynieria środowiska. Dotyczy to zarówno zagadnień związanych ze środowiskowymi aspektami wydobywania, przeróbki i wykorzystania węgla, oddziaływania ubocznych produktów spalania na środowisko, jak i zagadnień związanych z występowaniem substancji promieniotwórczych w środowisku i ich pomiarami.

Umiejętność samodzielnego prowadzenia badań

Blisko 70% objętości rozprawy stanowią opisy badań i analiz wykonanych przez Doktoranta.

Wykorzystanie naturalnej promieniotwórczości do oceny zawartości popiołu w węglu to znacznie większe wyzwanie pomiarowe niż korzystanie ze sztucznych źródeł promieniowania. W przyrodzie największy wkład w naturalną promieniotwórczość mają składowe szeregi promieniotwórczych, izotop potasu ^{40}K i promieniowanie kosmiczne. O ile promieniowanie kosmiczne stanowi tło promieniowania, to radionuklidy szeregi promieniotwórczych i izotop potasu ^{40}K występują i w węglu, i w środowisku w którym wykonywany jest pomiar. Zawartość tych radionuklidów zmienia się w różnych utworach geologicznych, a także regionalnie. Dotyczy to zarówno sumy aktywności poszczególnych składowych, jak i samych składowych.

Doktorant rozwiązania problemu szuka niejako od podstaw. W rozprawie analizuje starannie wyniki pomiaru zawartości naturalnych radionuklidów i popiołu w kilkuset próbkach węgla, szukając korelacji między poszczególnymi radionuklidami, ich sumaryczną aktywnością a zawartością popiołu. W rezultacie tej analizy zdecydował o lepszej przydatności do oceny zawartości popiołu w węglu pomiaru całkowitej aktywności zawartych w nim naturalnych radionuklidów.

Doktorant zadeklarował też analizę korelacji składu chemicznego z promieniotwórczością i zawartością popiołu. Stwierdzenie to nie do końca jest prawdziwe: Doktorant analizuje korelacje między promieniotwórczością i zawartością popiołu a wybranymi związkami chemicznymi, charakterystycznymi dla minerałów występujących w węglu. Zawartość tych związków badana jest w popiele. W samym węglu raczej należałoby przeanalizować występowanie minerałów w skład których, lub z których, one pochodzą.

Autor w swej pracy zwrócił uwagę i przeanalizował najważniejsze czynniki mogące wpływać na dokładność, czułość i precyzję pomiaru. Krytycznie przeanalizował sprawę doboru detektora promieniowania, a także wpływu geometrii pomiaru. Dokonał także analizy wpływu wilgotności, gęstości usypowej i uziarnienia na parametry metrologiczne metody. Należy przy tym podkreślić, że dokonywał tych analiz pod kątem praktycznego wykorzystania metody w warunkach przemysłowych.

Każdy z rozdziałów kończy się podsumowaniem, podkreślającym praktyczny aspekt przeprowadzonych badań i analiz.

Na zakończenie rozprawy Doktorant przedstawia wnioski. Należałoby tu raczej powiedzieć – szeroko omawia wnioski płynące z wykonanych badań i analiz, bowiem treść większości z dwunastu przedstawionych wniosków jest bardzo obszerna, co nie ułatwia Czytelnikowi ich odbioru.

Rozpatrując całość tej najobszerniejszej części rozprawy należy stwierdzić, że Doktorant wykazał się umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań na wszystkich

etapach: od zaplanowania, przez wykonanie po analizę zebranych wyników. Należy uznać, że tym samym spełnił trzeci z warunków ustawowych.

Uwagi końcowe

Przedstawiona do recenzji rozprawa nie jest pracą badawczą polegającą na postawieniu nowej tezy naukowej (problemu) a następnie jej udowodnieniu lub obaleniu. Idea wykorzystania pomiaru naturalnej promieniotwórczości węgla do oceny zawartości w nim popiołu nie jest nowa i doczekała się praktycznych zastosowań w postaci metod i urządzeń pomiarowych.

Zastosowanie praktyczne, przemysłowe, pomiaru naturalnej promieniotwórczości do oceny zawartości popiołu w węglu napotyka na **problemy** metrologiczne, środowiskowe i inne, wpływające na jej dokładność, precyzję czy przydatność w określonych warunkach stosowania. Doktorant postawił sobie za cel przeanalizowanie czynników wpływających na wynik pomiaru zawartości popiołu metodą pomiaru naturalnej promieniotwórczości i zaproponowanie rozwiązań eliminujących lub minimalizujących ich wpływ. W rozprawie określił wymagania co do konstrukcji urządzenia, sposobu przygotowania próbek i wykonywania pomiaru w celu optymalizacji parametrów metrologicznych urządzenia pomiarowego.

W zasadzie, w rozprawie Doktorant wskazuje dwanaście – tyle ile jest wniosków - sposobów poprawy czy optymalizacji pomiaru. Wnioski wypływają bezpośrednio z analiz i pomiarów wykonanych przez Doktoranta. Są one sformułowane w sposób zbyt szeroki, rozwlekły, utrudniając ich percepcję. Warto by je skonkretyzować i usystematyzować w razie publikacji pracy.

Kilka przykładów:

Wniosek nr 1 w przedstawionym kształcie nie jest zbyt klarowny. Doktorant, na podstawie pomiarów kilkuset próbek węgla, w pierw twierdzi, że najlepszą korelację z zawartością popiołu daje pomiar stężenia izotopu potasu ^{40}K , by w kolejnym zdaniu stwierdzić, że nie jest to twierdzenie do końca prawdziwe, a w konkluzji stwierdzić, że konieczne jest sporządzenie krzywych wzorcowych dla poszczególnych obiektów. Ponadto, we wniosku nr 4 Doktorant sugeruje, by brać pod uwagę jednak cały zakres widma promieniowania gamma, a nie tylko jego część obejmującą linię potasu ^{40}K .

Nie jest też powiedziane (wniosek nr 4), co Doktorant rozumie przez „cały zakres widma promieniowania gamma” – sądzę, że nie miał tu na myśli pomiaru w zakresie energii od 0 do nieskończoności.

Wniosek nr 5 Doktorant rozpoczyna stwierdzeniem, że zmienna wilgoć całkowita węgla negatywnie wpływa na pomiar zawartości popiołu, by zakończyć, że w praktyce nie ma to znaczenia.

Wnioski 6 i 7 odnoszą się, sądząc z ich treści, do pomiaru z wykorzystaniem pojemników typu Marinelli. Czy wniosek nr 8 odnosi się do tego samego sposobu pomiaru, czy raczej do pomiaru bezpośrednio na przenośniku.

Wniosek nr 12 to standardowe zalecenie sposobu użytkowania sondy.

Rozprawa odnosi się głównie do urządzenia GAMMA NATURA. Jest to pomiar stacjonarny z próbki pobranej. Wynik pomiaru odnosi się więc do konkretnej próbki. Pytanie, co reprezentuje ta próbka? Kto i jak precyzuje wymagania co do sposobu poboru tej próbki? Na te pytania Doktorant nie udziela w pracy odpowiedzi, a są one istotne jeśli chodzi o zasadność wykorzystywania tego urządzenia w praktyce.

Szkoda, że Doktorant nie zwrócił większej uwagi na problem promieniotwórczości naturalnej ubocznych produktów spalania. Są one w coraz większym stopniu wykorzystywane gospodarczo, przede wszystkim w budownictwie. Przepisy polskie i europejskie dopuszczają ich wykorzystywanie pod warunkiem nie przekroczenia ściśle określonych poziomów zawartości naturalnej promieniotwórczości. Warto w przyszłości zastanowić się nad wprowadzeniem nowej, dodatkowej, funkcji urządzenia – prognozowania wartości parametrów f_1 i f_2 w ubocznych produktach spalania węgla. Ponieważ proponuje się, by urządzenie mierzyło (a wdrożone na podstawie tych badań urządzenie GAMMA NATURA 2 mierzy) energie promieniowania charakterystyczne dla izotopów radu ^{226}Ra , toru ^{232}Th i potasu ^{40}K , wprowadzenie odpowiednich algorytmów wydaje się być możliwe.

Przedstawione powyżej uwagi nie umniejszają wartości rozprawy i nie wpływają na jej ogólną, pozytywną ocenę.

Podsumowanie

Stwierdzam, że Doktorant, Pan mgr inż. Jarosław Smyła, w przedstawionej do recenzji rozprawie doktorskiej pt. „Optymalizacja przemysłowej metody oceny zawartości popiołu w węglu wykorzystującej pomiar jego naturalnej promieniotwórczości” spełnił wymagania ustawy o tytule naukowym i stopniach naukowych. Przedstawił propozycje oryginalnego rozwiązania problemu jakim jest możliwość wyznaczenia zawartości popiołu przez pomiar promieniotwórczości naturalnej węgla. Wykazał dobrą ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Wnoszę o dopuszczenie Pana mgr. inż. Jarosława Smyły do dalszych czynności przewodu doktorskiego.

Piekary Śląskie, 8 sierpnia 2017r.

