

Bytom, dn. 30.04.2014r

Prof. dr hab.inż. Janusz GIRCZYS
ul. Pułaskiego 1 m4
41-902 Bytom
tel.: 32 281 71 88
e-meil jagir@o2.pl

R E C E N Z J A

**rozprawy doktorskiej Pana mgr-a inż. Andrzeja BAJERSKIEGO
wykonana dla Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnicztwa
na podstawie Umowy o dzieło nr FA/9/3/14 A1 zawartej w dniu
10.03.2014r. w Katowicach**

Pan mgr inż. Andrzej Bajerski przedstawił rozprawę pod tytułem „*Ocena emisji nieorganizowanej CO₂ z powierzchni obiektów uformowanych z odpadów powęglowych z wykorzystaniem metody komorowej*”.

Pracę objął opieką promotor prof. GIG dr hab. Henryk Passia.

Temat dysertacji mieści się ściśle w obszarze badawczym Głównego Instytutu Górnicztwa. Od lat Instytut wykonuje badania związane z wykrywaniem, ograniczaniem, profilaktyką i likwidacją zagrożeń pojawiających się w wyniku aktywności termicznej zwałowisk węgla i odpadów powęglowych. Szczegółne miejsce w tych badaniach zajmują obserwacje i pomiary będące podstawą do podejmowania dalszych technicznych i technologicznych działań.

Obserwacje obejmowały i nadal obejmują: stan roślinności na zwałach, przesuszenie powierzchni, nierównomierną płatami znikającą warstwę śniegu, lokalne unoszenie się oparów. Natomiast pomiary to głównie temp. powierzchni i analiza składu gazu pobieranego z przestrzeni między ziarnowej wewnątrz zwału składowanego materiału. Ten wprowadzający opis może uzmysłowić wagę postępu jaką stanowi stworzenie nowego precyzyjnego narzędzia umożliwiającego bezpośrednią ocenę stanu termicznego w oparciu o pomiar natężenia strumienia CO₂ [kg/m²s] przepływającego w dowolnie wyznaczonym miejscu przez powierzchnię zwału. Projekt, konstrukcja i weryfikacja takiego narzędzia są podstawą przedstawionej do oceny dysertacji. Bardzo istotną i całkowicie nową wartością proponowanego sposobu pomiaru jest także w miarę zgłaszanych potrzeb możliwość oceny sumarycznej emisji CO₂ z określonego obiektu (zwału). To zagadnienie wymaga bardzo wnikliwej analizy i odrębnych badań. Niemniej praca doktorska A. Bajerskiego stworzyła podstawowe warunki dla tego rodzaju opracowań.

Praca ma charakter konstruktorski. Jako podstawową tezę, której Autor nie wyartykułował postawione zostało założenie, że wartość emisji CO₂ mierzona punktowo na powierzchni zwałów odpadów powęglowych może być indykatorem stanu termicznego wnętrza usypiska i podstawą oszacowania emisji sumarycznej z całej hałdy. Taką tezę ukrytą można wnioskować na podstawie tytułu i celów pracy, w której Autor konsekwentnie zmierza do jej udowodnienia.

Tytuł dysertacji dobrze ujmuje jej treść, aczkolwiek akcentuje rozkład rozważanych problemów nie wg ich wagi dla oryginalności rozwiązania. Zręcznie zostało to zaznaczone w prezentacji celów, przez postawienie zadania opracowania metody na pierwszym miejscu.

Rozprawa obejmuje 116 stron zawierających: wprowadzenie, opis stanu wiedzy o przedmiocie pracy, sześć rozdziałów opisu wyników i ich analizę. Tekst pracy jest usystematyzowany w porządku: opis, badania, wyniki, analiza, wnioski. Zawiera przy tym trzy bloki tematyczne dotyczące: konstrukcji aparatury pomiarowej, podstaw działania i weryfikacji zaprojektowanego zestawu oraz badań polowych z wykorzystaniem opracowanej metody komorowej. Końcowa część pracy zawiera podsumowanie, wnioski i spis cytowanej literatury. Do podstawowego tekstu pracy dodano załączniki, w których na 25 stronach zestawiono dokumentację danych będących podstawą prezentowanych wyników. Ten zabieg ułatwia korzystanie z tekstu podstawowego, usuwając z niego nadmiar danych, przy równoczesnym zachowaniu możliwości korzystania z pełnej informacji o pomiarach. Opis aktualnego stanu techniki pomiarowej, emisji CO₂ i następnie własnego rozwiązania, wraz z oceną zakresu stosowania i dokładności pomiaru jest zwięzły i zrozumiały. Niewielka część tekstu, bo ok. 10% poświęcona jest pomiarom terenowym wykonywanym na poligonach o pow. do 192m² (20 punktów pomiarowych w sieci 4m×4m).

Całość napisana jest językiem zwięzłym, bez zbędnych informacji. Lakoniczność opisu dobrze odpowiada inżynierskiemu charakterowi pracy. W podziale na poszczególne części zachowane zostały proporcje zgodne z wagą jaką Autor przypisuje poruszonym problemom. Najistotniejsze wydaje się pozyskanie nowego narzędzia metodyczno-pomiarowego do oznaczeń emisji CO₂ z powierzchni zwałów. Drugorzędne, bo znacznie przekraczające temat doktoratu, jest ustalenie zakresu zastosowań. W pracy ograniczono je do wykrywania aktywności termicznej i pomiaru natężenia strumienia CO₂ płynącego przez powierzchnię hałdy; co służyć ma głównie ocenie emisji CO₂ ze zwałów. Spis literatury aktualny, nie zawsze jednak zawiera pozycje źródłowe. W szczególności dotyczy to cytatów internetowych i analizy błędu, w której ocenie poddano głównie dokładność aparatury pomiarowej. Korzystne było by przytoczenie pozycji monograficznych. Mogą one, gdyby na nich opierano analizę błędu, dać podstawę również do oceny wyników terenowych.

Omawiając przyczyny powstawania i emisji CO₂ Autor przytacza reakcje, które mogą zachodzić wewnątrz zwału zawierającego ziarna węgla. Sama obecność CO₂ nie zawsze związana jest z aktywnością termiczną zwału. W pracy takie zjawisko potwierdzone zostało m.in. na zwałowisku Panewniki. Wyniki pomiarów wykazały, że różnice jakie się obserwuje między obiektami aktywnymi i nieaktywnymi termicznie, to obok wyższej temp. i obecności CO, przede wszystkim wydzielanie się CO₂ z powierzchni zwału. Przyjęcie pomiaru tej wielkości dla oceny aktywności termicznej usypiska węglowego wydaje się wyborem najbardziej trafnym.

Zaproponowany sposób wykonywania pomiaru jest oryginalny a wykonanie badań jest pełną realizacją konstruktorskiej pracy badawczej od koncepcji, przez budowę wg odpowiednich założeń do weryfikacji w warunkach praktycznych. Wiele miejsca zajmuje ocena błędu aparaturowego oraz wpływu warunków temperatury powierzchni i składowej poziomej wiatru, przy jakich może być wykonany pomiar.

Jako przyczynę zjawiska emisji CO₂ z hałd powęglowych Autor, na podstawie literatury, przyjmuje utlenienie węgla, które opisuje dziesięcioma równaniami reakcji węgla z tlenem i parą wodną. Są to procesy spalania lub zgazowania. Wprawdzie w pracy nie rozgraniczono ich, ale podane równaniami: 1,4,5,6 reakcje odpowiadają procesowi zgazowania. Ten proces, wobec panujących w zwale warunków niedostatku tlenu, jest bardziej prawdopodobny od pełnego spalania. Stąd w uchodzącym ze zwału gazie obecność obok dwutlenku także niebezpiecznego tlenku węgla i innych gazów palnych. Uformowanie wewnątrz zwału przestrzeni w której zachodzą reakcje egzotermiczne powoduje lokalny wzrost temperatury i wytworzenie ciągu termicznego powietrza. Im temperatura w ognisku wyższa tym większy ciąg i reakcje intensywniejsze, bo mechanizmem napędzającym „wypychanie” produktów gazowych reakcji w górę ku wierzchołowi zwału jest różnica gęstości między niedogrzanym

powietrzem zasilającym proces a gazami poreakcyjnymi. Oczekiwać zatem można powiązania wartości natężenia strumienia CO_2 [$\text{kg/m}^2\text{s}$] mierzonego na powierzchni z obecnością wewnątrz zwału ogniska reakcji egzotermicznych. Trzeba jednak zaznaczyć, że przy podanym mechanizmie wystąpią dwa ciągi przenikające powierzchnię zwału-zasysania i wydechu. Te dwa strumienie ciagu mogą bardzo niejednorodnie rozłożyć się na swojej drodze przez zwałowisko i na jego powierzchni. O ile zatem emisja CO_2 jest świadectwem aktywności termicznej zwału a w pracy przedstawiono kompletny sposób na pomiar jej lokalnej intensywności [$\text{kg/m}^2\text{s}$] to sam pomiar intensywności strumienia nie jest miarą emisji [kg/s] ze zwału. Można natomiast zgodzić się, że jego wykorzystanie i interpretacja są najlepszym jak do tej pory narzędziem do badań aktywności termicznej zwałowisk, w tym również do oceny całkowitej emisji CO_2 z obiektu. Odchylenia pojedynczych pomiarów od jakiejś wartości emisji ze zwału są tak duże, że trudno tu przyjąć jak ma się ich średnia do tej wartości i z jakiej powierzchni ją liczyć. W takiej sytuacji przedstawiona w pracy sieć pomiarowa, obejmująca max 192m^2 na powierzchni nie daje odpowiedzi na wartość sumarycznej emisji ze zwału.

Druga uwaga wiąże się z poprzednią i dotyczy sposobu wykonywania obliczeń. W. Volk w monografii „Statystyka stosowana dla inżynierów” używa pojęcia „prawdziwej średniej”. Jest to wartość wokół której skupiają się wyniki. Jej istotność jest sprawdzana przy pomocy testów. Ocena hipotezy, że dane pochodzą z jednej populacji posiadającej jakąś właściwą średnią jest podstawą do dalszych obliczeń. Odnosi się to do sytuacji w której dopuszczalne jest przeliczenie mierzonego natężenia strumienia [$\text{kg/m}^2\text{s}$] na emisję z całej uznanej za aktywną powierzchni (z całego zwału) [kg/s]. Wymaga to opracowania oryginalnych procedur badawczych i wyników popartych analizą statystyczną.

Zgodzę się więc ze zdaniem umieszczonym we wnioskach(str.111), że „dysponujemy już skutecznym sposobem oceny wartości emisji niezorganizowanej CO_2 ze zwałowisk....” pod warunkiem zamiany słowa *sposobem* na *narzędziem*.

Przyjęta do obliczeń (str. 40) wartość stałej gazowej jest otrzymana z podzielenia stałej gazowej gazu doskonałego przez masę molową CO_2 .

$$R_{\text{CO}_2} = \frac{R}{M} = \frac{8,31447 \frac{\text{J}}{\text{molK}}}{0,04401 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 188,9223 \text{ [J/kgK] lub } [\text{m}^2/\text{s}^2\text{K}]$$

Przy tej wartości (188,92 J/kgK) stałej R_{CO_2} , wyliczona w warunkach normalnych (25°C) gęstość CO_2 , $\rho = 1,742 \text{ kg/m}^3$, gdy rzeczywista tabelaryczna równa jest $1,811 \text{ kg/m}^3$.

Przyjęcie zatem do obliczeń stałej dla gazu doskonałego i liczenie udziału CO_2 na podstawie równania Van der Waalsa (bez poprawek) prowadzi do pojawienia się błędu systematycznego, kosztem uproszczenia programu.

Nasuwa się też pytanie, które jest tylko wątpliwością, co do sposobu interpretacji. Gdyby okazało się, że korelacja liniowa wyznaczona na rys. 26 i 27 (str.77;78) jest obciążona błędem systematycznym (podnosimy wszystkie wyniki v_a , lub pomniejszamy wszystkie v_p) to „prędkość progowa” zniknie. Należałoby podać czysto fizyczną interpretację tego zjawiska. W przeciwnym przypadku wniosek o istnieniu „granicznej dopuszczalnej dla badań terenowych” wartości składowej wiatru (str.78) może być kwestionowany. W przypadku wykresu zależności liniowej na rys. 26 nie podano wartości współczynnika korelacji (r), dla ilustrowanej regresji. Nie wszystkie wykreślone zależności muszą zawierać taką informację. Korzystne niemniej wydaje się podawanie tych danych wraz z literaturą przybliżającą pojęcia korelacji, regresji i ich współczynników. Chroni to przed popełnianiem błędów czysto formalnych.

Skalując zestaw aparatury w warunkach laboratoryjnych Autor wyznacza korelację między zmiennymi: prędkością wypływu gazu kanałem wylotowym [m/s], a strumieniem dopływu do wnętrza komory [dm³/s]. W analizie wyników doświadczenia (str.81) podaje równanie regresji (32). Jako wartość odchylenia standardowego strumienia gazu podawanego przyjmuje, dla małych przepływów, przedział otwarty od 4% i do 0,16% dla przepływów większych. Taka ocena jest mało precyzyjna. Przyjmując, że korelacja jest miarą przewidywalności zmian jednej zmiennej ze zmian drugiej a regresja istotą stosunku między zmiennymi, posługujemy się współczynnikiem korelacji (r) jako miarą ścisłości stosunku między zmiennymi - istotność korelacji (W. Volk). Dla korelacji nieważne jest czy mamy do czynienia z parami zmiennych w których tylko jedna jest obarczona błędem, czy obie. Stąd stwierdzenie (str.52), że wypływ gazu kanałem wylotowym jest spowodowany podawaniem założonego i znanego strumienia do wnętrza komory nie przeszkadza przyjęciu prędkości jako parametru zadanego, a podawanego strumienia jako parametru mierzonego(Tabl. V i Zał.2). Wydaje się przy tym, że analiza ograniczona do policzenia współczynnika korelacji dla równania 32 jest zadawalającą oceną istotności badanego związku. Istnieje zawsze możliwość weryfikacji odchylenia stand. dla każdego wiersza (wartości prędkości) w załączniku 2; gdyby zaistniała taka potrzeba

Tekst rozprawy mimo, że zrozumiały i poprawny zawiera drobne przeoczenia pomyłki czy niezręczności. Niektóre wymienię żeby zapobiec możliwości przeniesienia ich do ewentualnych nowych publikacji wraz z fragmentami tekstów w których występują. Uwagi te nie wymagają komentarza gdyż stanowią drobną korektę i nie mają związku z istotą poruszanych w dysertacji problemów.

Na str. 40 RCO_2 [J/kgK] ; P [Pa] - to konsekwentnie gęstość CO_2 powinna być [kg/m³]. Tych niekonsekwencji lub braków wymiarowania jest więcej. Np. udział CO_2 na str.63; 0,091%, w tabeli na str.75; 0,0091; pod rys.25 na str.74 ; 0,91 [?, udział czy procent]. Ponadto brak zestawienia symboli i ich wymiaru utrudnia przyswajanie tekstu. Podając podstawy obliczeń Autor wymiaruje strumień emisji CO_2 w [kg/m²s] a w Tab. XIX [mg/m²s]. Skoro konsekwentnie to [kg/m²s].10⁻⁶, zachowując stałość wymiarowania.

Informacja o tym co jest czynnikiem termodynamicznym (str.39) wydaje się zbędna. Można popełnić błąd, bo azot stanowiący 80% gazu przepływającego przez ogniską pożarową jest podstawowym czynnikiem termodynamicznym. Przy tym pośredniczy w wymianie ciepła bez przemian, gdy pozostałe czynniki uczestniczą z różną wydajnością. w reakcjach redox, przeważnie egzotermicznych. Wdawanie się w analizę termodynamiczną tego procesu jest poza tematem podjętym w pracy.

W przypadku powoływania się na kwerendę (str. 23) korzystne jest przytoczenie przeglądanych dokumentów- załącznik pomieści wiele.

Reakcja podana równaniem 6 też jest egzotermiczna, a użycie terminu reakcje z utleniaczem z pewnością zastąpić z tlenem i wodą, bo mechanizm procesu jest skomplikowany.

Pomyłki: Str. 24 stężenie dopuszczalne CO_2 ?; str.26 raczej Lamberta- Beera; str. 56 chyba maksymalna, która nie wymusza przepływu w kanale – poniżej nie wymusza, powyżej wymusza

Str. 63 $RCO_2 = 188,92$ J/kgK nie kJ/kgK; str.75 wzór 29 nie 28; str. 86 wzór 15 na str. 35 nie 33; str.103 Tab I i str 107 wzór 19 też podane z przesunięciem o dwie strony.

Wszystkie uwagi dotyczą wyłącznie sposobu prezentowania uzyskanych rezultatów. W niczym nie umniejszają samej wartości pracy, która jest niewątpliwym osiągnięciem w diagnostyce zagrożeń stwarzanych przez aktywność termiczną zwałów powęglowych.

Diagnostyka taka jest niezbędnym elementem w praktyce zwalczania pożarów hałd i zapobiegania im. Drugim, niemniej ważnym osiągnięciem jest stworzenie możliwości oceny emisji CO₂ w bezpośrednich pomiarach natężenia strumienia emitowanego gazu na powierzchni zwału.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest wynikiem rozwiązania ważnego problemu technicznego. Jej znaczenie i oryginalność powinny być potwierdzone postępowaniem patentowym. Zakres zastosowań rozpatrywany w dysertacji jest tylko fragmentem rzeczywistych możliwości wykorzystania.

Opracowanie spełnia warunki Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki – w szczególności Art. 13 ust 1 i ust3. tekstu ujednoliconego na podstawie: Dz.U. z 2011r. Nr 84, poz 455, Nr 112. poz. 654 z 2012 r. poz.1544.

W związku z powyższym wnoszę o przyjęcie opracowania jako rozprawy doktorskiej Pana mgra Andrzeja Bajerskiego i dopuszczenie Go do publicznej obrony.

